

<http://portaildoc.univ-lyon1.fr>

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



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

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

Année 2021

THESE N° 2021 LYO 1D 004

**THESE
POUR LE DIPLOME D'ETAT DE DOCTEUR EN CHIRURGIE DENTAIRE**

Présentée et soutenue publiquement le : 11 février 2021

par

VIEUX Pauline

Née le 28 septembre 1995, à Grenoble (38)

**L'ACTIVATION DES SOLUTIONS D'IRRIGATION EN ENDODONTIE : OÙ EN EST LA
PROFESSION ?**

JURY

Monsieur Cyril VILLAT, Professeur des Universités	Président
Monsieur Jean-Christophe MAURIN, Professeur des universités	Assesseur
Monsieur Christophe JEANNIN, Maître de Conférences	Assesseur
Monsieur <u>Julien MACADRE, Assistant</u>	Assesseur

UNIVERSITE CLAUDE BERNARD LYON I

Administrateur provisoire	M. le Professeur F. FLEURY
Président du Conseil Académique	M. le Professeur H. BEN HADID
Vice-Président du Conseil d'Administration	M. le Professeur D. REVEL
Vice-Président de la Commission Recherche du Conseil Académique	M. le Professeur J.F MORNEX
Vice-Président de la Commission Formation Vie Universitaire du Conseil Académique	M. le Professeur P. CHEVALIER

SECTEUR SANTE

Faculté de Médecine Lyon Est	Directeur : M. le Professeur G. RODE
Faculté de Médecine et Maïeutique Lyon-Sud Charles Mérieux	Directeur : Mme la Professeure C. BURILLON
Faculté d'Odontologie	Directrice : Mme. la Professeure D. SEUX
Institut des Sciences Pharmaceutiques et Biologiques	Directrice : Mme la Professeure C. VINCIGUERRA
Institut des Sciences et Techniques de la Réadaptation	Directeur : M. X. PERROT, Maître de Conférences
Département de Formation et Centre de Recherche en Biologie Humaine	Directrice : Mme la Professeure A.M. SCHOTT

SECTEUR SCIENCES ET TECHNOLOGIES

UFR des Sciences et Techniques des Agrégé Activités Physiques et Sportives	Directeur : M. Y. VANPOULLE, Professeur
Institut Universitaire de Technologie Lyon 1	Directeur : M. le Professeur C. VITON
POLYTECH LYON	Directeur : M. E. PERRIN
Institut de Science Financière et d'Assurances Conférences	Directeur : M. N. LEBOISNE, Maître de
INSPE	Administrateur provisoire M. P. CHAREYRON
Observatoire de Lyon	Directrice : Mme la Professeure I. DANIEL
CPE	Directeur : M. G. PIGNAULT
GEP	Administratrice provisoire : Mme R. FERRIGNO
Informatique (Département composante)	Directeur : M. B. SHARIAT
Mécanique (Département composante)	Directeur : M. M. BUFFAT
UFR FS (Chimie, mathématique, physique)	Administrateur provisoire : M. B. ANDRIOLETTI
UFR Biosciences (Biologie, biochimie)	Directrice : Mme K. GIESELER

FACULTE D'ODONTOLOGIE DE LYON

Doyenne :	Mme Dominique SEUX, Professeure des Universités
Vices-Doyens :	M. Jean-Christophe MAURIN, Professeur des Universités Mme Béatrice THIVICHON-PRINCE, Maître de Conférences
<u>SOUS-SECTION 56-01 :</u>	ODONTOLOGIE PEDIATRIQUE ET ORTHOPEDIE DENTO-FACIALE
Professeur des Universités :	M. Jean-Jacques MORRIER, Mme Béatrice THIVICHON-PRINCE
Maître de Conférences :	Mme Sarah GEBEILE-CHAUTY, Mme Claire PERNIER,
Maître de Conférences Associée	Mme Christine KHOURY
<u>SOUS-SECTION 56-02 :</u>	PREVENTION - EPIDEMIOLOGIE ECONOMIE DE LA SANTE - ODONTOLOGIE LEGALE
Professeur des Universités Maître de Conférences Maître de Conférences Associé	M. Denis BOURGEOIS M. Bruno COMTE M. Laurent LAFOREST
<u>SOUS-SECTION 57-01 :</u>	CHIRURGIE ORALE – PARODONTOLOGIE – BIOLOGIE ORALE
Professeur des Universités : Maîtres de Conférences : Maître de Conférences Associé	M. J. Christophe FARGES, Mme Kerstin GRITSCH Mme Anne-Gaëlle CHAUX, M. Thomas FORTIN, M. Arnaud LAFON, M. François VIRARD M. BEKHOUCHE Mourad, Mme Ina SALIASI
<u>SOUS-SECTION 58-01 :</u>	DENTISTERIE RESTAURATRICE, ENDODONTIE, PROTHESE, FONCTION-DYSFONCTION, IMAGERIE, BIOMATERIAUX
Professeurs des Universités : Maîtres de Conférences : Maîtres de Conférences Associés	M. Pierre FARGE, Mme Brigitte GROSGOGEAT, M. Jean-Christophe MAURIN, Mme Catherine MILLET, M. Olivier ROBIN, Mme Dominique SEUX, M. Cyril VILLAT M. Maxime DUCRET, M. Patrick EXBRAYAT, M. Christophe JEANNIN, Mme Marion LUCCHINI, M. Renaud NOHARET, M. Thierry SELLi, Mme Sophie VEYRE, M. Stéphane VIENNOT , M. Hazem ABOUELLEIL,
<u>SECTION 87 :</u>	SCIENCES BIOLOGIQUES FONDAMENTALES ET CLINIQUES
Maître de Conférences	Mme Florence CARROUEL

A notre président du jury,

Professeur Cyril VILLAT

Professeur des Universités à l'UFR d'Odontologie de Lyon

Praticien-Hospitalier

Docteur en Chirurgie Dentaire

Ancien Interne en Odontologie

Docteur de l'Ecole Centrale Paris

Habilité à Diriger des Recherches

Vous nous avez fait l'honneur d'accepter la présidence de ce jury de thèse, nous tenions à vous assurer de notre sincère gratitude.

Nous vous remercions pour votre pédagogie et votre bienveillance présentes tout au long de nos études.

Veuillez trouver ici le témoignage de notre vive reconnaissance et de notre profond respect.

A notre directeur de thèse et assesseur,

Docteur Julien MACADRE

Assistant hospitalo-universitaire au CSERD de Lyon

Docteur en Chirurgie Dentaire

Nous sommes très reconnaissants de la confiance que vous nous avez accordé en acceptant la direction de cette thèse.

Nous vous remercions pour vos idées, conseils et votre disponibilité, qui ont été d'une aide précieuse tout au long de son écriture.

Lors de cette dernière année de clinique, vous avez su donner à chacun de vos enseignements un grand attrait et une dimension clinique très appréciable.

Veuillez trouver dans cet ouvrage l'expression de mon profond respect et de mes remerciements les plus sincères.

A notre juge,

Professeur Jean-Christophe MAURIN

Professeur des Universités à l'UFR d'Odontologie de Lyon

Praticien-Hospitalier

Docteur en Chirurgie Dentaire

Maîtrise en Sciences Biologiques et Médicales

Diplôme d'Etudes Approfondies

Docteur de l'Université Claude Bernard Lyon 1

Habilité à Diriger des Recherches

Responsable de la sous-section Odontologie Conservatrice - Endodontie

Vice-Doyen à l'UFR d'Odontologie de Lyon

Vous nous avez fait l'honneur de bien vouloir prendre part à notre jury.

Nous vous remercions pour la qualité de votre enseignement et votre bonne humeur lors de nos vacances.

Veuillez trouver dans cet ouvrage le témoignage de notre profond respect.

A notre juge,

Docteur Christophe JEANNIN

Maître de Conférences à l'UFR d'Odontologie de Lyon

Praticien-Hospitalier

Docteur en Chirurgie Dentaire

Docteur de l'Institut National Polytechnique de Grenoble

Vous nous faites l'honneur de siéger au sein du jury de cette thèse.

Nous vous remercions pour votre bienveillance, votre pédagogie et votre patience durant ces quatre ans. Vos enseignements étaient toujours dispensés avec passion, nous sommes très reconnaissants d'avoir pu en bénéficier.

Soyez assuré de notre profonde gratitude et de notre respect le plus sincère.

Table des matières

Introduction	1
Partie 1 : Nécessité de l'irrigation en endodontie.....	2
1. Origine endo-canalaire des infections endodontiques	2
1.1. Définition du traitement endodontique	2
1.2. Composition microbienne intra canalaire.....	2
1.1.1. Cause bactérienne des pathologies pulpaires.....	2
1.1.2. Développement des micro-organismes	4
1.1.3. Bactéries selon type d'infection.....	5
2. Principe de préparation chimio mécanique.....	7
2.1. Spécificité anatomique de l'endodontie	7
2.1.1. Anatomie canalaire	8
2.1.2. Canaux accessoires et delta apicaux	9
2.1.3. Isthmes canalaires.....	10
2.2. Couplage de la préparation et de l'irrigation :	11
2.2.1. Préparation mécanique.....	11
2.2.2. Smear layer.....	12
2.2.2.1. Formation.....	12
2.2.2.2. Nécessité de l'élimination.....	13
2.2.3. Irrigation.....	15
Partie 2 : Les différentes solutions d'irrigation en endodontie	17
1. Propriétés requises et qualités recherchées.....	17
2. Quantité d'irrigant nécessaire.....	18
3. Irrigation à la seringue	18
4. L'hypochlorite de sodium.....	19
4.1. Obtention et mode d'action.....	19
4.2. Avantages	19
4.2.1. Action antibactérienne.....	19
4.2.2. Action solvante.....	20
4.2.3. Action sur le biofilm	21

4.2.4. Coût	21
4.3. Inconvénients	21
4.3.1. Cytotoxicité :	21
4.3.2. Action sur la dentine	22
4.3.3. Stabilité de la solution :.....	23
4.4. Protocole d'utilisation en endodontie :	23
5. Le digluconate de chlorhexidine :	24
5.1. Mode d'action :	24
5.2. Avantages :.....	25
5.2.1. Action antimicrobienne :.....	25
5.2.2. Activité antifongique	25
5.2.3. Chlorhexidine et biofilm.....	26
5.2.4. Rémanence.....	26
5.2.5. Cytotoxicité et allergies.....	27
5.3. Inconvénients	27
5.3.1. Pas d'action solvante.....	27
5.3.2. Interaction avec l'hypochlorite de sodium.....	27
6. L'acide éthylènediaminetétraacétique (EDTA)	28
6.1. Présentation	29
6.2. Avantages	30
6.2.1. Action sur la smear layer.....	30
6.2.2. Action lubrifiante.....	30
6.3. Inconvénients	31
6.3.1. Pas d'action solvante sur les tissus organiques	31
6.3.2. Action sur la structure dentaire	31
6.3.3. Interaction avec l'hypochlorite de sodium.....	32
6.4. Protocole d'utilisation en endodontie :	32
7. L'acide citrique :	32
7.1. Présentation	32
7.2. Avantages	33
7.2.1. Cytotoxicité	33
7.2.2. Elimination de la smear layer	33
7.2.3. Action antibactérienne.....	33

7.3. Inconvénients	33
8. Le MTAD, Mixture of Tetracycline isomer, Acid, and Detergent	34
8.1. Présentation :	34
8.2. Avantages	34
8.2.1. Elimination de la smear layer :	34
8.2.2. Activité antibactérienne	34
8.2.3. Rémanence de l'activité antibactérienne	35
8.2.4. Cytotoxicité :	35
8.3. Inconvénients :	35
8.3.1. Utilisation nécessaire avec l'hypochlorite de sodium	35
8.3.2. Cout	35
Partie 3 : Potentialisation des solutions d'irrigation, quels moyens ?	36
1. Les techniques d'agitation manuelle : à l'aide d'un cône de Gutta-Percha	36
2. Les techniques d'agitation mécanisées	37
2.1. Activation sonore (Endoactivator®)	37
2.2. Activation ultrasonique	38
2.2.1. Irrigation ultrasonore	38
2.2.2. Irrigation passive ultrasonore	39
2.3. Irrigation hydrodynamique (RinsEndo)	40
2.4. Le laser Er-Yag	41
3. Le chauffage	42
4. La photo-activation	42
Partie 4 : L'activation des solutions d'irrigation chez les chirurgiens-dentistes français....	44
1. Présentation	44
1.1. La représentativité	44
2. Analyse de l'échantillon :	45
3. Résultats du sondage	46
3.1. La préparation chimio-mécanique chez les chirurgiens-dentistes français :	46
3.2. L'utilisation de l'activation des solutions d'irrigation chez les chirurgiens-dentistes français	48
4. Les biais	53

Conclusion	54
Table des illustrations.....	55
Bibliographie.....	58
Annexe.....	68

Introduction

L'endodontie est une discipline en forte évolution depuis plusieurs années. Les avancées techniques se suivent, avec notamment l'apparition sur le marché de nouveaux biomatériaux ou d'instruments rotatifs plus performants. Cette progression dans le domaine permet à la profession de réaliser des traitements plus efficents, plus fiables et plus sécurisés. Malgré cela, les échecs endodontiques sont toujours d'actualité.

Depuis 1965, grâce aux travaux de Kakehashi, nous savons que les bactéries et leurs métabolites sont les facteurs étiologiques principaux des parodontites apicales. (1) Il est donc établi que l'action antibactérienne est le facteur clé de la réussite d'un traitement endodontique. Elle doit être réalisée grâce à l'utilisation de solutions d'irrigation antiseptiques, assurant une désinfection des canaux radiculaires. (2)

Ainsi, un grand nombre de solution d'irrigation ont été développées pour répondre à la nécessité d'antisepsie du réseau endodontique. Il est donc important d'insister sur les phases d'irrigation lors du traitement, et sur les possibilités de potentialisation de ces solutions, majorant de ce fait leurs effets. (3)

Les méthodes d'activation des solutions d'irrigation sont aujourd'hui répandues chez les différents fabricants et jouissent d'un certain recul clinique. Qu'en est-il de leur utilisation chez les praticiens ? Il parait intéressant de recenser leur présence et fréquence d'utilisation dans les cabinets dentaires français, et les raisons de ces choix.

Nous aborderons dans une première partie les fondements du traitement endodontique. Nous développerons l'origine des infections endodontiques et les principes de préparation chimio mécanique, induisant la nécessité d'utilisation des solutions d'irrigation lors de leur réalisation.

Dans une deuxième partie, nous exposerons les principales solutions d'irrigation présentes sur le marché, ainsi que leurs avantages et inconvénients lors de leur application.

La troisième partie relatera l'intérêt de la potentialisation des solutions d'irrigation. Elle détaillera les techniques d'activation à notre disposition, en comparant leur efficacité sur différents critères. Enfin, la dernière partie mettra en avant les résultats d'un sondage réalisé cette année auprès des chirurgiens-dentistes français. Nous pourrons ainsi dévoiler les pratiques présentes chez ces praticiens, de la préparation chimio mécanique à l'utilisation ou non de moyens d'activation des solutions d'irrigation.

Partie 1 : Nécessité de l'irrigation en endodontie

1. Origine endo-canalaire des infections endodontiques

1.1. Définition du traitement endodontique

Lorsque le système endodontique est ouvert sur la cavité buccale, le passage des bactéries et de leurs toxines est possible. Ceci contamine le réseau canalaire et le parodonte sous-jacent, stérile jusque-là et supposé le rester. (3)

Physiologiquement, les micro-organismes opportunistes de la cavité buccale se développent face à notre microbiote en cas d'accès aux tissus pulpaires par des brèches dans les tissus minéralisés de la dent via des caries, fissures ou traumatismes. (4) (5)

D'après Gomes et Herrera, « d'autres voies sont les tubules dentinaires exposés ; l'exposition pulinaire directe ; les procédures de restauration ; les canaux latéraux des dents avec atteinte parodontale ; et l'entrée dans la circulation systémique, connue sous le nom d'anachorèse ». (6)

La voie de contamination la plus fréquente reste la lésion carieuse, (4) générant une inflammation des tissus pulpaires, puis une nécrose de la pulpe si aucun traitement n'est entrepris.

Le traitement à long terme serait donc de bloquer le passage des bactéries et de leurs toxines en refermant cet accès. En effet, si elles atteignent l'os sous-jacent, ce dernier déclenchera en réponse un processus inflammatoire ayant comme conséquence la formation d'une lésion apicale d'origine endodontique. (6)

Deux processus entrent en jeu dans l'infection endodontique. Le premier est le développement d'une nécrose septique via le passage de micro-organismes dans le réseau endodontique. Les défenses immunitaires de l'hôte sont rapidement dépassées et les pathogènes prennent le dessus. Le deuxième processus consiste en une infection secondaire d'une pulpe nécrosée, ou absente en cas de traitement endodontique précédemment réalisé mais ayant perdu son étanchéité. (3)

L'objectif d'un traitement endodontique est de désinfecter le système canalaire et ainsi de prévenir, ou d'éradiquer une infection endodontique. Pour cela, il est nécessaire d'éliminer les bactéries et leurs toxines du réseau canalaire, et supprimer tout débris pouvant servir de nutriments ou de support qui autoriserait une prolifération bactérienne par la suite. (7)

Selon la pathologie initiale, il est donc primordial de maintenir l'asepsie du canal ou de réaliser sa désinfection adéquatement. (8)

1.2. Composition microbienne intra canalaire

1.1.1. Cause bactérienne des pathologies pulpaires

L'étude de la microbiologie canalaire est nécessaire pour pouvoir adapter nos traitements aux pathogènes responsables des pathologies pulpaires et péri radiculaires. En effet, il est admis depuis

des décennies que les bactéries et leurs toxines sont les principaux agents étiologiques de la nécrose pulpaire et des lésions péri apicales. (9)

En 1965, Kakehashi et al. ont publié leurs recherches à propos de l'influence des micro-organismes viables sur l'avenir d'une pulpe dentaire exposée chez des animaux sans germes en comparaison à des animaux témoins conventionnels. (1)

Pour chacun de ces groupes, ils ont percé l'épaisseur d'émail et de dentine occlusale pour exposer le tissu pulpaire.

Chez les animaux témoins, après le 8^e jour expérimental, les coupes des premières molaires montraient une nécrose pulpaire complète avec présence de tissu inflammatoire chronique et la formation d'abcès dans les régions apicales.

Parmi les animaux témoins, aucun tissu pulpaire n'a manifesté de signes de réparation, avec notamment l'absence de tentative de formation de pont dentinaire.



Figure 1: 14 jours postopératoires. Spécimen témoin montrant une nécrose pulpaire complète dans les deux racines avec des formations d'abcès apicaux (flèche). Grossissement x40 ; réduit 1/4

(1)

Chez les animaux expérimentaux sans germes, malgré les expositions pulpaires, aucune nécrose pulpaire complète n'a été observée. L'inflammation pulpaire causée par l'exposition de la pulpe était minime et aucun abcès n'a été trouvé.

Après 14 jours d'expérience, la présence de ponts dentinaires était tangible, avec la formation de grandes quantités de matrice.

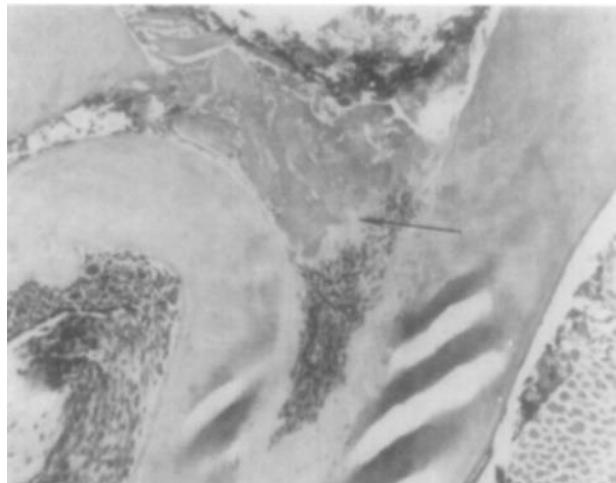


Figure 2 : 14 jours postopératoires. Échantillon exempt de germes présentant nourriture et débris au niveau de l'exposition occlusale. Des détails nucléaires du tissu pulinaire survivant peuvent être observés sous le pont constitué de fragments dentinaires unis

(1)

Leurs résultats ont permis de mettre en évidence le fait que la présence ou l'absence de flore microbienne est le déterminant majeur de la cicatrisation des pulpes exposées.

1.1.2. Développement des micro-organismes

La présence de nutriments, le taux d'oxygène, le potentiel d'oxydoréduction et les capacités d'interaction bactériennes jouent un rôle dans la composition du microbiote canalaire. (3,4)

D'autres paramètres sont aussi impliqués, tels que le pH, la température et les mécanismes de défense de l'hôte. (4)

Parmi les micro-organismes trouvés dans les canaux, les bactéries sont majoritaires. Les champignons, les levures, les virus et les archées ont aussi été détectés minoritairement. (4)

Ces micro-organismes peuvent être retrouvés sous différentes formes : la forme planctonique, en suspension dans la lumière canalaire, ou la forme sessile, formant un biofilm adhérent aux parois. (4,10)

Selon Prada et al., le biofilm offre aux agents pathogènes un habitat plus favorable à la vie et une diversité métabolique plus efficace. Ce modèle de croissance bactérienne permet aux cellules de former des communautés actives dans une matrice extracellulaire liée à un substrat solide. (10)

Cette matrice sert à piéger les nutriments et consent la coopération métabolique entre les différentes espèces présentes. (11)

Selon Neelakantan et al., les biofilms présentent trois grandes caractéristiques :

- la première est la protection contre les menaces environnementales. Les bactéries sont à même de produire des structures de surface cellulaire ou des sécrétions extracellulaires. Elles seront ainsi mieux protégées contre les stress environnementaux et les effets des substances nocives qui peuvent diffuser. De ce fait, ces polymères empêchent les agents antibiotiques de pénétrer toute la profondeur du biofilm et retardent leur diffusion. (12)

- La deuxième caractéristique est la tolérance accrue aux antimicrobiens. En effet, l'utilisation répétée de médicaments entraîne une résistance parmi les micro-organismes en raison d'une altération d'expression de certains gènes. Ceci conduit alors à l'inefficacité de l'agent antimicrobien. Cette tolérance est aussi permise grâce à la présence de niches anaérobies profondément enfouies dans le biofilm. La population de ses niches se retrouve dans un état phénotypique résistant à la destruction par des substances antimicrobiennes.

- La dernière des caractéristiques est le « quorum sensing ». Il correspond à un mode de communication bactérienne. Cette communication est permise grâce à des molécules chimiques de signalisation. Elles peuvent ainsi surveiller l'environnement et en réponse, modifier leur comportement à l'échelle de la population.

Ces caractéristiques font des biofilms intra radiculaires des structures compliquées à supprimer, c'est pour cela qu'il nous faut utiliser des techniques spécifiques de nettoyage canalaire. (11)

Tout ceci suggère donc que l'action unique de certaines espèces bactériennes n'est pas la principale cause d'infections persistantes. Au contraire, ce serait l'adaptation aux changements environnementaux des communautés de biofilms qui vont, en réponse, s'acclimater physiologiquement et génétiquement pour survivre. (13)

1.1.3. Bactéries selon type d'infection

Au départ, la flore intra canalaire est dominée par des bactéries aérobies et anaérobies facultatives. L'écologie canalaire évolue simultanément à la progression de l'infection. (11)

Ainsi, nous pouvons classifier les infections endodontiques en deux catégories, selon le temps nécessaire aux micro-organismes pour atteindre le réseau canalaire radiculaire : les infections primaires et les infections secondaires ou persistantes.

Gomes et al. ont exposé, grâce à leurs cultures bactériennes, que le microbiote des dents infectées primairement est différent, en nombre et en espèces, de celui des dents présentant des infections persistantes. (14)

Les infections primaires concernent des canaux non traités dans lesquels les bactéries se développent, colonisent le tissu pulpaire et le détruisent. (4)

Les infections endodontiques primaires sont polymicrobiennes. Il s'agit principalement des espèces *Bacteroides*, *Prophyromonas*, *Prevotella*, *Fusobacterium*, *Treponema*, *Peptostreptococcus*, *Eubacterium* et *Camphylobacter*. (4,11)

Ainsi, parmi les bactéries recensées, il s'agit surtout de micro-organismes anaérobies, gram + et gram -. (14)

Les infections secondaires ou persistantes sont définies comme étant consécutives à un échec du traitement endodontique initial. Lorsqu'elles sont dues à la tolérance des bactéries aux solutions désinfectantes et à la préparation mécanique, elles sont alors appelées « infection persistante ». Lorsque l'infection est causée par le passage des bactéries via une brèche dans la reconstitution coronaire, elle est nommée « infection secondaire ». (4)

Le microbiote retrouvé dans ces canaux est composé de moins d'espèces différentes, car seules les plus résistantes sont capables de survivre dans des conditions difficiles (peu de nutriments et grandes plages de pH). (11)

Pinheiro et al. ont réalisé une étude visant à identifier le microbiote intra canalaire des dents avec des infections secondaires ou persistantes. (9) Leurs résultats illustrent que plus de 57% des bactéries retrouvées étaient anaérobies facultatives et près de 83% étaient Gram+. *Enterococcus faecalis* était la plus fréquemment retrouvée. Pour le reste des espèces identifiées, environ 42% étaient des anaérobies obligatoires, dont notamment *Peptostreptococcus*.

Özok et al. ont montré qu'il existait une différence de microbiote à l'intérieur même des canaux, entre la partie coronale et la partie apicale. La partie apicale du réseau canalaire contient plus d'espèces et en plus grande proportion que dans la partie coronaire. Selon eux, la partie apicale entraîne une sélection d'espèces anaérobies, qui seront plus résistantes et qui peuvent expliquer la persistance de certaines infections endodontiques. (15)

La complexité de cette flore canalaire nous oblige donc à trouver et développer de nouvelles techniques permettant une désinfection adéquate et efficace du réseau endodontique.

2. Principe de préparation chimio mécanique

2.1. Spécificité anatomique de l'endodontie

Le système pulpaire correspond à un espace situé au centre de la dentine. Cet espace est inextensible et divisé en deux parties : la partie coronaire et la partie radiculaire.

Au niveau coronaire, il est composé de la chambre pulpaire qui contient la pulpe camérale. Cette chambre pulpaire est limitée coronairement par le plafond pulpaire composé de dentine, et apicalement par le plancher pulpaire et les orifices des entrées canalaire.

Au niveau radiculaire, on retrouve le ou les canaux principaux qui renferment la pulpe radiculaire.

Cette dernière sort de la racine apicalement par les foramen apicaux. (16,17)

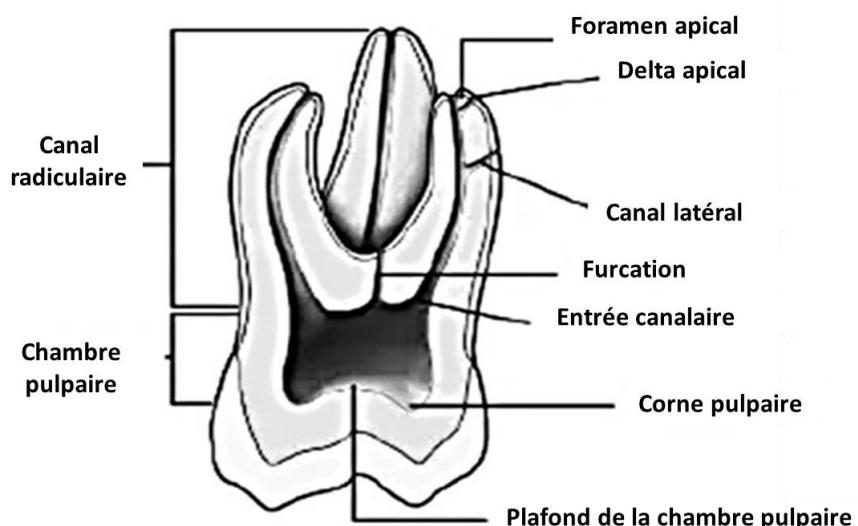
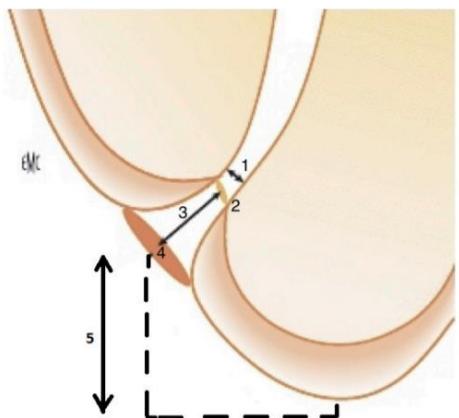


Figure 3 : Composants anatomiques majeurs du système canalaire

(18)

Au niveau de l'orifice apical, il se forme une zone à la jonction cémento dentinaire, appelée la constriction apicale. Il s'agit de la portion la plus étroite du canal. Elle correspond à la séparation entre l'endodontie et le parodontie. Cette portion s'élargit ensuite pour former le foramen apical.



1 : constriction apicale
 2 : JCD
 3 : distance séparant le foramen apical de la JCD
 4 : foramen apical
 5 : distance séparant le foramen apical du vertex

Figure 4 : schéma de la région apicale

(19)

Il est admis que, selon la dent à traiter, le nombre de canaux et leur position seront différentes. Par exemple, une première prémolaire maxillaire aura 2 canaux principaux, tandis qu'une première prémolaire mandibulaire n'en aura qu'un. Il est ainsi nécessaire, en premier lieu, de connaître ces anatomies les plus fréquemment retrouvées avant même de s'intéresser aux variabilités possibles sur un même groupe de dent.

2.1.1. Anatomie canalaire

Une dent dont la racine contient un canal principal unique de forme ronde et avec un seul foramen est plus une exception que la règle. En effet, les canaux peuvent se diviser, se rejoindre entre eux, créant un véritable réseau. (20)

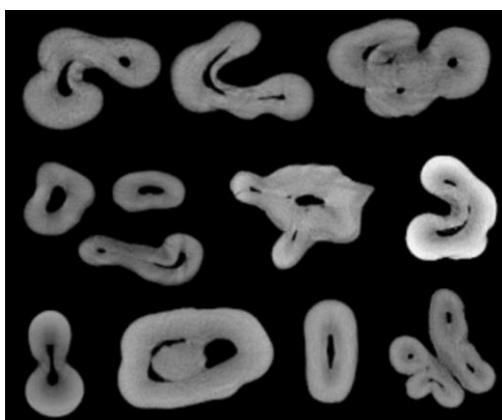


Figure 5 : Coupes axiales de dents mandibulaires
(21)



Figure 6: schéma du réseau canalaire d'une première prémolaire mandibulaire
(20)

En 1984, Vertucci, grâce à son étude du complexe endo canalaire sur plus de 2000 dents, a proposé une classification en huit configurations différentes, qui est encore actuellement la plus utilisée pour définir les anatomies canalaires. (22)

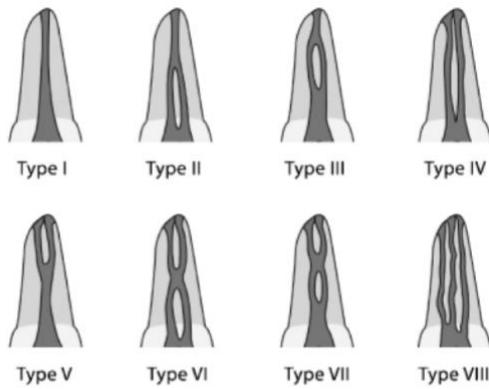


Figure 7: Configurations canalaire de Vertucci (1984)
(18)

2.1.2. Canaux accessoires et delta apicaux

En plus de ces variations des canaux principaux, la racine peut aussi disposer de canaux accessoires. Comme le présentent Ahmed et al., ces derniers correspondent à des petits canaux quittant le canal principal et communiquant avec la surface externe de la racine ou la furcation. Ils peuvent être situés à n'importe quel niveau de la racine (tiers coronaire, moyen ou apical).

Au niveau apical, la présence d'un delta, c'est-à-dire une division du canal principal en plusieurs canaux accessoires est également une possibilité. (23)

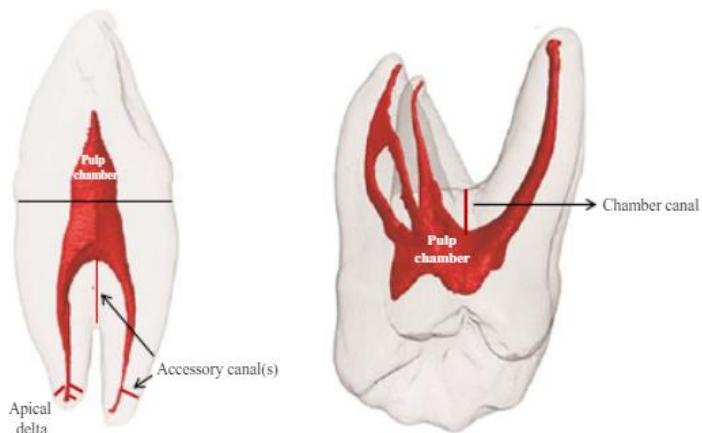


Figure 8 : représentations schématiques montrant les canaux accessoires et un delta apical
(22)

2.1.3. Isthmes canalaire

Les isthmes sont des espaces canalaire reliant deux ou plusieurs canaux co-existants dans une même racine. Ils sont sous forme de ruban et contiennent du tissu pulpaire.

Les isthmes sont riches en biofilm et constituent un réservoir de bactéries et toxines, ils doivent donc être repérés et nettoyés pour permettre une désinfection efficace du réseau canalaire. (17,24)

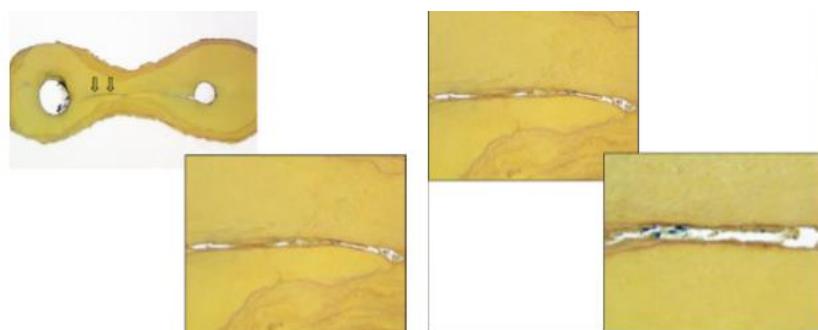


Figure 9: Coupe histologique de l'isthme entre deux canaux dans une molaire mandibulaire (11)

Ainsi, le complexe endo canalaire forme un véritable réseau qu'il nous est impossible d'atteindre totalement via nos instruments, manuels ou mécanisés. Nous verrons donc la nécessité de coupler cette instrumentation à une irrigation efficace qui atteindra ces zones particulières.

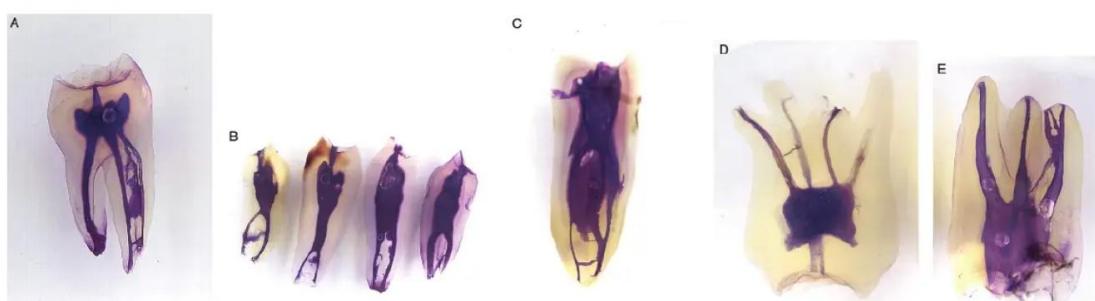


Figure 10: Exemples de variations des canaux radiculaires

- (A) Deuxième molaire mandibulaire avec trois canaux mésiaux.
- (B) Prémolaires mandibulaires avec configuration canalaire Vertucci type V.
- (C) Prémolaires mandibulaires avec trois canaux et connexions intercanalaires.
- (D) molaire maxillaire avec deux canaux palatins.
- (E) molaire maxillaire avec deux canaux mésio vestibulaires se séparant en trois dans la racine mésio vestibulaire

(18)

2.2. Couplage de la préparation et de l'irrigation :

2.2.1. Préparation mécanique

Plusieurs études portant sur le nettoyage du réseau canalaire ont montré que, malgré les différents systèmes à notre disposition et du fait de la complexité de l'anatomie de l'endodontie, un nombre significatif de bactéries et débris demeurent dans les canaux.

Wu et al. ont mené leur étude sur trente incisives mandibulaires ayant un unique canal ovale. Ils ont comparé deux techniques de préparation manuelle. Leurs résultats ont attesté que, peu importe la technique utilisée, une large proportion des canaux n'étaient pas instrumentés. (25)

El Ayouti et al. ont aussi souligné, en étudiant des systèmes mécanisés et manuels, qu'aucune technique d'instrumentation n'était capable de préparer la totalité de la circonférence des canaux ovales. (26)

Selon Peters, la préparation rend les canaux plus ronds, de plus grands diamètres et plus droits. Cependant, à cause de l'anatomie complexe du réseau canalaire, plus de 35% des surfaces restent inchangées. (27)

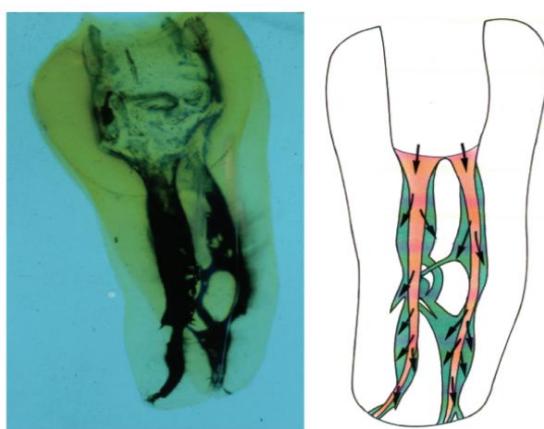


Figure 11: Une dent extraite montrant la complexité du système canalaire, accompagnée d'un schéma de la même dent avec la préparation canalaire superposée, illustrant la différence entre l'anatomie non instrumentée et instrumentée.

(28)

Comme le décrivait Schilder en 1974, l'un des objectifs de la préparation canalaire est de permettre la désinfection du canal radiculaire dans son intégralité.

Afin de conserver un maximum de dentine, tout en garantissant la pénétration maximale de la solution d'irrigation, la mise en forme canalaire doit aboutir à un canal conique. (29)

Dans le principe de préparation chimio mécanique des canaux radiculaires, le passage des instruments a pour objectif, non seulement le parage canalaire, mais surtout la création d'un accès aux solutions d'irrigation qui effectuent la désinfection.

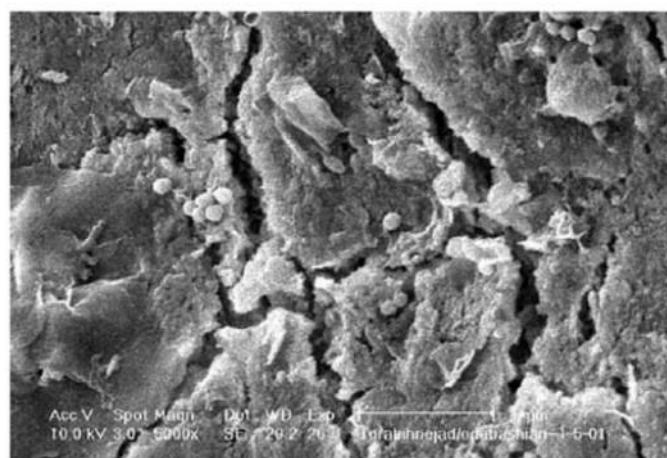
Pour permettre une efficacité maximum, les solutions d'irrigation doivent donc atteindre le tiers apical des canaux.

2.2.2. *Smear layer*

2.2.2.1. *Formation*

L'instrumentation canalaire lors de la mise en forme d'un traitement endodontique, que ce soit en technique manuelle ou mécanisée, produit une couche de matériau organique et inorganique, appelée la « smear layer » (30) ou « boue dentinaire » en français. Sa présence est facilement objectivable, elle recouvre les instruments après leur utilisation et est éliminée sous forme de débris visibles à l'œil nu.

Cet enduit est composé non seulement de dentine, mais aussi de débris nécrotiques de tissu pulpaire, de prolongements odontoblastiques, de bactéries et leurs toxines et de solution d'irrigation utilisée simultanément à la mise en forme. (30) (31) Il apparaît sous différentes formes : la première correspond à une pellicule à la surface, recouvrant les parois canalaires. Son épaisseur dans le canal est alors d'environ 1-2 µm. Cependant, la smear layer peut aussi pénétrer les tubulis dentinaires, dans ce cas, elle peut atteindre une profondeur de 40 µm. (32)



*Figure 12: La présence d'une couche de smear layer à la surface d'un canal radiculaire instrumenté.
Grossissement d'origine 5000.
(31)*

L'instrumentation canalaire va éliminer la couche de pré dentine et ouvrir les canalicules à la lumière canalaire. La boue dentinaire va alors se déposer et pourra pénétrer à l'intérieur de ces tubulis sous la pression des instruments de préparation.

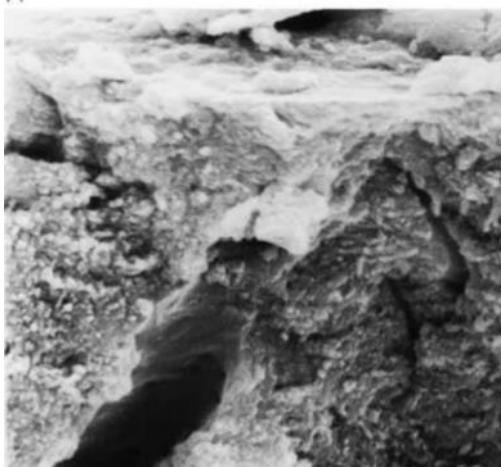


Figure 14: La smear layer est repoussée dans les tubulis dentinaires. Grossissement x8500

(33)



Figure 13 : Suite à la préparation canalaire radiculaire, la dentine de surface est recouverte de smear layer. Grossissement x3000

(34)

2.2.2.2. Nécessité de l'élimination

Lors de l'instrumentation canalaire, les pathogènes et leurs toxines, déjà présents dans le réseau endodontique, sont mélangés aux débris organiques et inorganiques créés. La smear layer comporte donc une proportion de micro-organismes et nécessite de ce fait d'être éliminée pour diminuer au maximum la charge bactérienne intra canalaire résiduelle avant l'obturation endodontique. (1)

Selon Torabinejad et al., l'élimination de la smear layer produite lors de la préparation canalaire est essentielle. Elle peut en effet être elle-même infectée par les micro-organismes et protège ceux présents dans les tubulis dentinaires. (31)

Siqueira et al ont réalisé l'expérience d'éliminer la smear layer de dents bovines et de les infester avec 5 espèces différentes de bactéries et *Enterococcus faecalis* pour évaluer leur capacité à envahir les canalicules. Après analyse au microscope électronique à balayage, ils ont pu montrer que toutes ces espèces bactériennes étaient capables de pénétrer les tubulis dentinaires, mais à des profondeurs variables. (34)

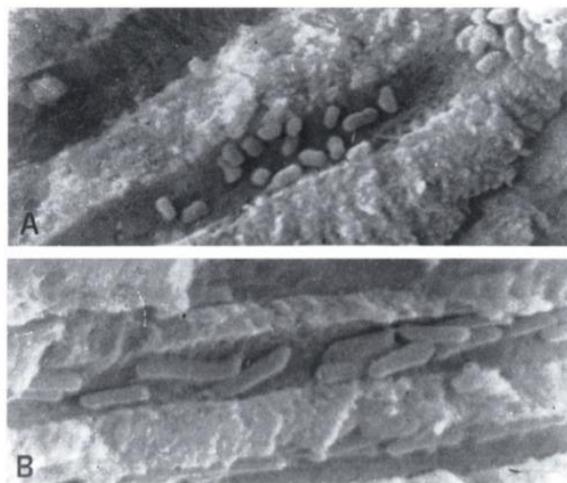


Figure 15: Photographies réalisées par microscope électronique à balayage de la pénétration bactérienne dans les tubules dentinaires.

(A) grossissement d'origine $\times 4900$. (B) grossissement d'origine $\times 4500$.

(34)

Sen et al. ont, quant à eux, analysé dix dents infectées, présentant des lésions périapicales. Après leur extraction et leur examination au microscope électronique, ils ont pu montrer que les canaux étaient infectés et que des micro organismes étaient présents dans toutes les zones intra canalaires, sous forme de colonies dans la lumière canalaire ou insérés dans les tubulis. En effet, les pathogènes les envahissent sur environ $50 \mu\text{m}$ et pour certaines espèces, sont capables d'atteindre $150 \mu\text{m}$ de profondeur. (35)

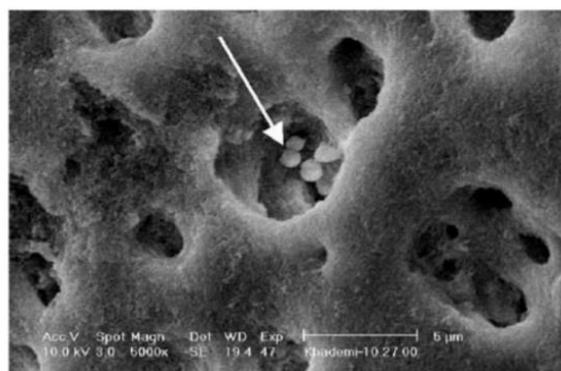


Figure 16: La présence de plusieurs bactéries dans un tubule dentinaire d'une dent à pulpe nécrosée. Grossissement d'origine $\times 5000$.

(31)

Selon Torabinejad et al., le nombre et le type de bactéries, le temps d'exposition et la présence ou non de smear layer influent sur l'envahissement bactérien.

A cause des difficultés d'études des tubulis dentinaires, la composition exacte de la microflore canalaire est inconnue. (31)

Ainsi, l'obturation des tubulis par la smear layer est un véritable obstacle à une désinfection optimale du réseau canalaire. Elle empêche le passage des solutions désinfectantes au niveau des canalicules, laissant donc une charge bactérienne non négligeable pouvant être à l'origine d'un échec du traitement, via une infection secondaire du réseau canalaire.

De plus, cette boue dentinaire peut aussi boucher certains canaux latéraux ou accessoires et de ce fait, nuire au bon nettoyage bactérien de l'endodontie.

Certaines études ont montré que la présence de smear layer pouvait avoir un impact sur la qualité de l'obturation finale, en empêchant la bonne adhésion des ciments d'obturation aux parois canalaire. (31) Elle formerait ainsi une barrière physique entre le matériel d'obturation et le canal. Cette dernière faisant obstacle à l'entrée du ciment dans les tubulis, elle diminue leur interface et peut être à l'origine d'infiltrations par la suite. (30) (36)

2.2.3. Irrigation

L'irrigation est un élément clé du traitement canalaire réussi. Elle a plusieurs effets et objectifs.

Ses effets mécaniques sont l'élimination des débris générés par les instruments contre les parois canalaire et la lubrification des instruments progressant dans les canaux.

Ses effets biologiques sont doubles. La solution d'irrigation va engendrer une désinfection du canal ainsi qu'une dissolution des matières organiques, nécessaire à l'élimination de tout support éventuel au développement des micro-organismes persistant dans le réseau canalaire. (4, 39)

On peut classiquement diviser l'irrigation canalaire en deux temps : l'irrigation per-opératoire et le rinçage final. (3)

L'irrigation per-opératoire ne peut être utilisée seule pour nettoyer le réseau endodontique, car sans préparation concomitante, les solutions d'irrigation n'ont pas la possibilité d'atteindre l'apex des canaux. Pour ces raisons, elle est couplée avec la préparation canalaire, on parle alors de désinfection chimio-mécanique. (6)

Selon Bronnec et al., la pénétration et le renouvellement de la solution sont optimisés avec la progression des instruments dans les canaux, et l'irrigation n'est réellement totalement efficace qu'une fois la préparation canalaire terminée. (37)

L'irrigation est aussi le seul moyen d'atteindre des zones du réseau canalaire qui ne sont pas accessibles par les instruments de préparation.

D'après Senia et al. l'utilisation d'hypochlorite délivrée par aiguille ne permet pas une désinfection du réseau canalaire entier car la région apicale se trouve être la limite d'efficacité de l'irrigation. (38)

L'efficacité de l'hypochlorite est restreinte par la très faible quantité d'irrigant présente au niveau du tiers apical. Il est aussi presque impossible d'amener un fluide dans un espace si rétréci avec une seringue.

Plusieurs études publiées ont évalué les moyens permettant d'amener la solution d'irrigation jusqu'au tiers apical pour permettre sa désinfection.

Selon Chow et al., la solution d'irrigation ne peut pas descendre plus de 1 ou 2 mm en dessous de l'aiguille de la seringue d'irrigation. (39)

Une autre étude a mis en évidence que l'irrigation était affectée par le diamètre de l'aiguille d'irrigation, la profondeur de l'aiguille engagée dans le canal et le diamètre de préparation du canal. Les aiguilles de plus grand diamètre placées plus loin de l'apex de la racine étaient moins efficaces. (40)

Il faut donc pouvoir augmenter le diamètre de préparation dans les derniers millimètres sans pour autant modifier le diamètre de la constriction apicale. Coldoro et al ont réalisé une étude pour comparer la réduction bactérienne intra canalaire avec ou sans élargissement apical. Ils n'ont trouvé aucune différence statistiquement significative dans la diminution de bactéries avec ou sans technique de préparation d'élargissement apical. Il peut donc ne pas être nécessaire de retirer la dentine dans la partie apicale du canal radiculaire lorsqu'une conicité appropriée entre 5 et 6% est établie, permettant ainsi une irrigation satisfaisante du système canalaire radiculaire. (29)

Un rinçage final est également recommandé, permettant une élimination des derniers débris et une action antiseptique prolongée avant l'obturation finale. Elle autorise aussi la désinfection des derniers millimètres apicaux non atteints jusqu'alors.

Partie 2 : Les différentes solutions d'irrigation en endodontie

1. Propriétés requises et qualités recherchées

Une solution d'irrigation doit avoir différentes propriétés lui permettant de remplir au mieux sa fonction de nettoyage du réseau canalaire.

Les molécules utilisées doivent pouvoir répondre au besoin d'élimination des micro-organismes et débris générés et à leur mise en suspension pour éviter la création d'un agrégat pouvant obstruer la lumière canalaire. Elles doivent par ailleurs assurer la lubrification des instruments et entretenir leur efficacité de coupe.

En plus de ces actions physiques recherchées, la solution d'irrigation doit aussi être en mesure de maintenir une efficacité antibactérienne et une action solvante sur les débris organiques.

Une qualité importante nécessaire est aussi l'absence de cytotoxicité pour le péri apex et de réponse allergique par le patient. (3)

Les solutions utilisées actuellement sont toxiques pour l'organisme. La pose d'un champ opératoire est vivement recommandée par la Haute Autorité de Santé, afin d'isoler la dent du milieu buccal.

(41)

Haapasalo et al. ont listé les caractéristiques de la solution d'irrigation idéale. (2)

Caractéristiques
Faible coût
Action de nettoyage
Amélioration de la coupe de la dentine par les instruments canalaire
Contrôle de la température
Dissolution des matières organiques et inorganiques
Bonne pénétration dans le système canalaire
Destruction des micro-organismes en suspension
Destruction des micro-organismes organisés en biofilm
Détachement du biofilm
Non toxique pour les tissus péri-apicaux
Sans allergènes
Sans interaction négative avec les autres matériaux dentaires
Pas d'altération de la dentine

Figure 17 : Caractéristiques d'une solution d'irrigation optimale dans le traitement canalaire

2. Quantité d'irrigant nécessaire

Une étude de Haapasalo et al. datant de 2000 s'est penchée sur l'action des débris dentinaires sur les solutions antibactériennes utilisées lors de l'irrigation. De la dentine a été broyée, puis mise en culture avec différentes solutions (notamment l'hypochlorite de sodium et la chlorhexidine) pour simuler une situation de préparation canalaire. Il apparaît que les débris de dentine ont un effet inhibiteur sur toutes les solutions antibactériennes testées. (42) L'importance de cet effet dépendait de la concentration des irrigants ainsi que du temps de contact.

Lors de la préparation canalaire, les instruments créent des débris qui doivent être éliminés pour permettre une désinfection adéquate du système endodontique. Le renouvellement des solutions lors de la préparation est donc un critère important pour, non seulement évacuer les débris dentinaires, mais aussi optimiser l'action des irrigants.

Il n'existe aucune donnée quant à la quantité exacte d'irrigant utiliser, cependant plusieurs documents s'accordent sur le fait que son renouvellement doit être réalisé fréquemment, du début à la fin du traitement. (8,41)

3. Irrigation à la seringue

L'irrigation canalaire est communément réalisée à l'aide de seringues en plastiques et d'aiguilles pouvant être de différentes tailles. (2) Le calibre des aiguilles est généralement de 27G (0,40mm) ou 30G (0,30mm) car elles peuvent être insérées plus loin dans les canaux et limitent ainsi le phénomène de colonne d'air. L'échange d'irrigant au-delà de la pointe de l'aiguille atteint seulement un à trois millimètres.

Il existe depuis plusieurs années différents designs d'aiguilles ; elles peuvent être ouvertes apicalement, ou fermées et délivrer l'irrigant par une fenêtre d'éjection latérale. (43)

Boutsioukis et al ont comparé des différentes conceptions d'aiguilles pour évaluer leur efficacité quant au débit d'irrigant généré. (44) Les aiguilles ouvertes permettent un débit plus important avec un meilleur renouvellement d'irrigant, mais entraînent aussi une pression apicale plus élevée. Les aiguilles fermées à fenêtre latérale offrent une irrigation plus sûre lors de l'irrigation à pression positive. (2) Cependant, pour Huang et al., l'irrigation avec ce design d'aiguille n'est réellement efficace que sur la surface du canal face à la fenêtre d'éjection. (45)

4. L'hypochlorite de sodium

4.1. Obtention et mode d'action

L'hypochlorite de sodium est la solution d'irrigation la plus utilisée actuellement en dentisterie.

Les solutions d'hydroxyde de sodium sont classiquement produites par la réaction du chlore gazeux (Cl₂) et de l'hydroxyde de sodium (NaOH). On obtient alors de l'hypochlorite de sodium (NaClO), du chlorure de sodium (NaCl) et de l'eau (H₂O). (46)



Dans l'eau, l'hypochlorite de sodium s'ionise pour former les ions Na⁺ et OCl⁻ qui forment un équilibre avec l'acide hypochloreux HOCl. (47) L'équilibre entre OCl⁻ et HOCl détermine la concentration du produit exprimé en « chlore actif ». (3)

L'activité de l'hypochlorite est d'autant plus efficace que la proportion de HClO non dissout est élevée. (48)

Le niveau de chlore disponible dépend du pH de la solution. Entre pH 4 et 7, le chlore existe principalement sous forme HClO, tandis qu'au-dessus de 9, les ions OCl⁻ prédominent. (48)

Les solutions d'hypochlorite utilisées en endodontie ont un pH de 12, donc l'ensemble du chlore est disponible sous la forme OCl⁻. La forme HClO est plus bactéricide que OCl⁻, ainsi, pour avoir une solution plus efficace, il faudrait diminuer le pH. Cependant, tamponner l'hypochlorite le rend instable et diminue sa durée de conservation à une semaine. (49)

L'hypochlorite de sodium est utilisé à des concentrations variant de 0,5% à 5,25% en endodontie, dans une solution donc alcaline, il est cependant recommandé de l'utiliser à des concentrations supérieures à 1%. (50)

4.2. Avantages

4.2.1. Action antibactérienne

L'hypochlorite de sodium est un puissant antiseptique, il a une action à large spectre, agissant sur les bactéries, virus, spores et levures. (48)

Plusieurs études *in vitro* ont évalué l'efficacité antibactérienne de l'hypochlorite de sodium selon sa concentration.

Selon Waltimo et al., les solutions d'hypochlorite, à 5% et 0,5%, sont les plus performantes avec une élimination complète de *Candida Albicans* en trente secondes, alors que les concentrations à 0,05% et 0,005% n'ont pas été efficaces après 24h. (51)

Cependant, ces résultats sont différents de ceux retrouvés par Vianna et al. Selon eux, la solution d'hypochlorite de sodium à 0,5% met trente minutes pour inhiber la croissance bactérienne, alors qu'avec une concentration de 5,25%, l'efficacité est totale en quelques secondes. (52)

Gomes et al. ont quant à eux réaliser leur étude sur l'élimination d'*Enterococcus Faecalis* et ont démontrés qu'une concentration de 5,25% d'hypochlorite de sodium était efficace en trente secondes pour tuer la bactérie, alors qu'avec une concentration de 0,5%, le temps d'action était rallongé à trente minutes. (53)

Ces disparités peuvent s'expliquer par des facteurs de confusion présents dans les différentes études, tels que la présence de matières organiques non contrôlée ou le pH (54), qui vont diminuer l'efficacité de l'hypochlorite de sodium. (3)

Ainsi, les études *in vitro* démontrent globalement une meilleure action des solutions concentrées à 5,25% que celles ayant des concentrations plus faibles.

Cependant, les études *in vivo* n'ont pas trouvé de différences significatives sur l'efficacité antibactérienne entre les différentes concentrations de solutions entre 0,5% et 5,25%. (55)

Les grandes disparités entre les études *in vivo* et *in vitro* sont le volume de principe actif disponible, accessibilité aux micro-organismes et l'absence d'autre matériau *in vitro* qui pourrait être présent *in vivo* et protéger les bactéries. (47)

4.2.2. Action solvante

L'un des grands avantages de l'hypochlorite de sodium par rapport aux autres irrigants est son action solvante sur les tissus organiques.

En 1941, Grossman et Meiman ont réalisé une expérience pour tester la capacité solvante de l'hypochlorite de sodium. Les pulpes de plusieurs dents ont été extraites et immergées dans des tubes contenant une solution d'hypochlorite de sodium à 5%. Une dissolution complète a été observée en moins de 20 minutes. (56)

Naenni et al. ont comparé les capacités solvantes de plusieurs solutions sur des échantillons de tissus nécrosés provenant de tissu palatin porcin. Parmi les différentes solutions, ils ont testé l'hypochlorite de sodium à 1%, la chlorhexidine à 10%, l'eau oxygénée à 3 et 30 %, l'acide acétique à 10 %, le dichloro-isocyanurate à 5 % et l'acide citrique à 10 %. Aucune des solutions, à l'exception de l'hypochlorite de sodium, n'avait de capacité de dissolution tissulaire. (57)

Okino et al. ont testé la capacité de dissolution de fragments de pulpes bovines de l'hypochlorite de sodium à plusieurs concentrations (0,5%, 1% et 2,5%), d'une solution aqueuse de digluconate de chlorhexidine (CHX) à 2 % et d'un gel de chlorhexidine, en utilisant l'eau distillée comme contrôle. Ils ont révélé que seule l'hypochlorite de sodium avait la capacité de dissoudre les débris

pulpaires nécrotiques. Il est aussi rapporté que la rapidité de la dissolution dépend de la concentration de la solution. (58)

4.2.3. Action sur le biofilm

L'hypochlorite de sodium a aussi la faculté de désorganiser le biofilm et de l'éliminer.

Une étude comparant l'efficacité de différentes solutions d'irrigation à détruire le biofilm d'*E. Faecalis* a démontré que l'hypochlorite de sodium, à 1% et 6%, était la plus efficace, avec un pourcentage de destruction des bactéries du biofilm de plus de 99%. (59)

Clegg et al. ont réalisé leur recherche en étudiant l'action de différentes solutions d'irrigation sur le biofilm apical de dents présentant des parodontites apicales chroniques. Leurs résultats indiquaient que seule l'hypochlorite à 6% était capable de rendre les bactéries non viables et de détruire physiquement le biofilm. (60)

Seule l'hypochlorite de sodium semble efficace dans l'élimination des biofilms dentaires endodontiques. (61)

4.2.4. Coût

L'hypochlorite de sodium est une solution désinfectante ancienne, développée par ses nombreux champs d'application : c'est donc une solution bon marché. Elle possède un grand recul clinique et est la plus utilisée par les chirurgiens-dentistes.

Selon Clarkson et Moule, le coût de préparation et de conditionnement est plus important que le coût de la solution elle-même. (62)

4.3. Inconvénients

4.3.1. Cytotoxicité

La composition de l'hypochlorite de sodium fait d'elle une solution toxique pour les tissus vivants. Pashley et al. ont étudié ses effets biologiques pour évaluer sa cytotoxicité et ils ont conclu que les effets délétères étaient plus importants lorsque la solution était concentrée à 5,25% que lorsqu'elle était à 0,5% ou 1%. (50) Ces effets toxiques étaient principalement une hémolyse, une ulcération et une nécrose des tissus.

Des complications lors de l'utilisation d'hypochlorite de sodium ont été recensées dans la littérature. Hulsmann et Hahn les ont listé dans leur revue de littérature en 2000 (33) :

- Les dommages sur les vêtements : l'hypochlorite de sodium étant un agent blanchissant domestique, même de petites quantités peuvent entraîner des préjudices.
- Les lésions oculaires : une projection dans les yeux entraînera une douleur immédiate, une brûlure intense et un érythème. Il peut aussi s'ensuivre une destruction des cellules épithéliales de la cornée.
- L'injection d'hypochlorite au-delà du foramen apical : ceci peut se produire dans le cas d'une dent à apex ouvert ou lorsque le foramen a été détruit par la préparation mécanique ou une résorption. Elle peut aussi survenir en cas de forte pression d'injection. Elle entraînera une nécrose des tissus péri apicaux. La symptomatologie englobe principalement une douleur intense, un œdème important et immédiat des tissus mous voisins et un saignement abondant du canal. (63–65)
- Réaction allergique : quelques cas d'allergie ont été recensés même s'il s'agit d'une réaction rare à cette solution d'irrigation. (66)



Figure 18 : photographie immédiatement après un accident d'injection d'hypochlorite de sodium (67)

4.3.2. Action sur la dentine

Il apparaît que l'hypochlorite de sodium peut modifier la composition de la dentine et ainsi affecter son interaction avec les résines adhésives utilisées pour lier les matériaux de restauration avec la dent. (68)

Stevens a observé que le prétraitement de la dentine avec de l'hypochlorite à 6% affecte négativement la résistance des colles de résine auto-mordançantes et auto-adhésives mais pas les adhésifs à mordançage total. (69)

Une autre étude a montré que la force de liaison de l'adhésif après mordançage était considérablement réduite après un traitement de la dentine à l'hypochlorite de sodium. (70)

Cependant, une grande diversité de résultats est présente dans les études. La variation dans les compositions chimiques des systèmes d'adhésif était liée à la capacité des molécules de mordançage de retirer la dentine détériorée et l'hypochlorite résiduel. C'est ce dernier qui interfère avec la réaction de polymérisation du ciment de résine. (68)

4.3.3. Stabilité de la solution

L'hypochlorite de sodium n'est pas une solution stable dans le temps. Plusieurs facteurs peuvent influencer sa détérioration.

Selon Clarkson et Moule, la température, la concentration, l'exposition à la lumière et le temps peuvent jouer sur sa dégradation. (62)

Ainsi, certaines précautions doivent être prises lors de son utilisation :

- Les solutions doivent être stockées dans des récipients hermétiques et opaques, placés dans un endroit frais et sombre.
- Si la solution est diluée, elle doit être utilisée plus rapidement car elle se détériorera plus vite.
- Les solutions domestiques s'altèrent plus vite car elles n'ont pas eu d'adjonction de sels pour les stabiliser.
- Il ne faut pas stocker les solutions d'hypochlorite de sodium dans des conteneurs métalliques car elles réagiront avec le métal.

4.4. Protocole d'utilisation en endodontie

Grâce à son spectre d'action étendu et de ses qualités antibactériennes et solvantes, l'hypochlorite de sodium est l'irrigant de premier choix en endodontie.

Il existe cependant une discussion quant à la concentration de la solution à utiliser, variant de 0,5% à 5,25%. Il semble toutefois qu'une concentration minimum de 1% soit requise. (50)

La Haute Autorité de Santé préconise l'utilisation d'hypochlorite de sodium à 2,5 %. (41) L'irrigation doit débuter dès l'ouverture de la chambre pulinaire, et doit être présente tout au long de la préparation canalaire, équivalente à 1mL d'irrigation entre chaque passage d'instrument. En effet, ces instruments génèrent beaucoup de débris qui doivent être éliminés au fur et à mesure.

5. Le digluconate de chlorhexidine

La chlorhexidine est retrouvée en tant que bains de bouche vendus commercialement sous plusieurs concentrations, entre 0,12% et 2%. En endodontie, elle est utilisée à une concentration de 2%. Elle existe sous forme de gel ou de liquide. (71)

5.1. Mode d'action

La chlorhexidine est une molécule synthétique faisant partie de la famille des bis-guanides. Elle est hydrophobe, lipophile et chargée positivement.

Son efficacité est due à l'action de sa charge positive avec les charges négatives présentes au niveau des membranes des parois des cellules microbiennes et des champignons. Ce processus modifie l'équilibre osmotique des cellules, augmente la perméabilité de la membrane et permet à la chlorhexidine d'entrer dans la cellule, tandis qu'une fuite des constituants intracellulaires s'opère.

(72)

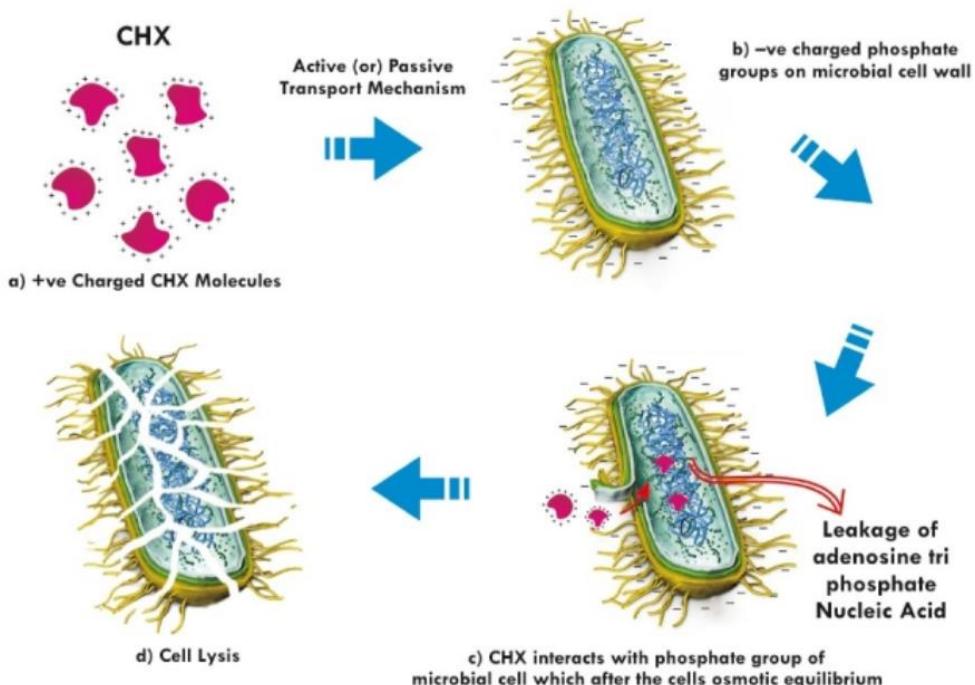


Figure 19: mécanisme d'action de la chlorhexidine

(72)

5.2. Avantages

5.2.1. Action antimicrobienne

La chlorhexidine est un antiseptique à large spectre, puisqu'elle agit sur les bactéries Gram + et Gram -, avec une prédominance pour les Gram positifs. (73)

Elle est aussi efficace vis-à-vis des champignons, notamment *Candida Albicans*. (74)

Son action antibactérienne dépend de son pH, avec une plage optimale entre 5,5 et 7. (71,72)

Deux études ont comparé l'activité antimicrobienne sur des pathogènes endodontiques, dont *E. Faecalis*, de la chlorhexidine sous plusieurs formes (gel et liquide) et à plusieurs concentrations (0,2%, 1% et 2%) et de plusieurs concentrations d'hypochlorite de sodium. (52,53)

Les deux formes liquide et gel à 2% de chlorhexidine ont éliminé *Staphylococcus Aureus* et *Candida Albicans* en 15 secondes, tandis que la formulation de gel a tué *E. faecalis* en 1 min.

Globalement, le temps maximum pour produire des cultures négatives était de 30 secondes pour 2% de chlorhexidine liquide et de 1 minute pour la forme gel. Pour une concentration de 0,2%, la forme gel nécessitait 2 heures pour obtenir des cultures négatives, tandis que la forme liquide éliminait les pathogènes en 30 secondes.

Selon plusieurs études comparant l'action de l'hypochlorite de sodium et de la chlorhexidine, il apparaît que, bien qu'ayant des résultats légèrement différents, les efficacités antibactériennes des deux solutions étaient comparables à concentration égale. (61)

5.2.2. Activité antifongique

Les levures et champignons sont communément associés à la persistance de parodontite péri-apicale sur des dents déjà traitées, mais sont aussi isolés en cas de parodontite apicale primaire.

Ainsi, les irrigants possédant une activité antifongique peuvent aider dans le traitement de parodontites persistantes. (75)

La proportion de champignons retrouvés dans les canaux infectés varie de 1% à 17% (76), et l'espèce *Candida Albicans* est la plus connue.

Plusieurs études ont démontré que la chlorhexidine est efficace pour l'élimination de *Candida Albicans* en quelques minutes d'action. (76)

Cependant, après comparaison, on peut conclure que la chlorhexidine est un agent antifongique efficient mais, son efficacité est nettement inférieure à celle de l'hypochlorite de sodium. (61)

5.2.3. Chlorhexidine et biofilm

Clegg et al. ont étudié l'efficacité de différentes solutions d'irrigation sur le biofilm canalaire apical en comparant 6% d'hypochlorite de sodium (NaOCl), 3% de NaOCl, 1% de NaOCl, 2% de chlorhexidine, 1% de NaOCl suivi de BioPure MTAD et une solution stérile tamponnée au phosphate. Leurs résultats ont révélé que l'hypochlorite à 6% et 3% était capable de perturber et éliminer le biofilm, tandis que la chlorhexidine n'était pas en mesure de désorganiser ce biofilm. (60)

Ainsi, même si la chlorhexidine a une action sur les bactéries, elle n'est pas assez performante pour détruire complètement les biofilms. (61)

5.2.4. Rémanence

La chlorhexidine a une caractéristique unique de persistance dans les tissus. En effet, la dentine imprégnée acquiert une rémanence antimicrobienne. Les ions chargés positivement libérés par la chlorhexidine peuvent s'adsorber sur la dentine et ainsi prévenir la colonisation microbienne pendant un certain temps au-delà de la réelle période d'application. (61)

White et al ont testé cette faculté de la chlorhexidine. Ils ont instrumenté des canaux sous irrigation à la chlorhexidine 2%, puis ont rempli ces canaux avec de l'eau stérile. Des échantillons du fluide intra-canalaire ont été prélevés sur des pointes papier à différentes heures suivant la préparation canalaire. L'activité antimicrobienne des pointes papier a été contrôlée et leurs résultats ont montré qu'une activité antibactérienne était présente jusqu'à 72h après la préparation canalaire à la chlorhexidine. (77)

Khademi et al. ont observé que l'application de 5 minutes de chlorhexidine à 2% engendrait une rémanence jusqu'à 28 jours. (78)

Rosenthal et al. ont aussi voulu évaluer la rémanence de 2% de chlorhexidine après 10 minutes d'application. Ils ont relevé que la chlorhexidine a été retenue dans la dentine dans des quantités antimicrobiennes efficaces pendant 12 semaines. (79)

La rémanence antimicrobienne dépend du nombre de molécules de chlorhexidine disponibles pour interagir avec la dentine. (72) Par conséquent, la médication du canal avec une préparation de chlorhexidine plus concentrée devrait entraîner une capacité accrue à enrayer la colonisation microbienne. (61)

5.2.5. Cytotoxicité et allergies

Tatnall et al. ont comparé en 1990 les effets cytotoxiques de la chlorhexidine, de l'hypochlorite de sodium et du peroxyde d'hydrogène sur des fibroblastes humains, des kératinocytes basaux et une lignée de kératinocytes transformés. Aux concentrations recommandées pour le nettoyage des plaies, toutes ces solutions ont produit une destruction de 100% des cellules. (80)

Ils ont, grâce à leurs résultats, établi un classement de la toxicité de chaque agent, établissant que la chlorhexidine était l'antiseptique le moins毒ique.

Dans l'ensemble, dans les concentrations utilisées cliniquement, la biocompatibilité de la chlorhexidine est acceptable. (61)

Bien que l'hypersensibilité soit rare, la dermatite de contact est une réaction indésirable courante à la chlorhexidine. En dehors de cela, la chlorhexidine peut être responsable d'un certain nombre d'effets secondaires rares, telles que la gingivite desquamative, la décoloration des dents et de la langue ou la dysgueusie (une altération du goût). (81)

5.3. Inconvénients

5.3.1. Pas d'action solvante

Un irrigant idéal devrait dissoudre la matière organique à l'intérieur du système canalaire. (61)

Dans une étude évaluant l'action solvante de différentes solutions d'hypochlorite de sodium et de chlorhexidine à plusieurs concentrations, il a été démontré que la chlorhexidine ne dissolvait pas les tissus pulpaires en 6 heures. (58)

Naenni et al. ont aussi examiné les capacités de dissolution de plusieurs solutions d'irrigation potentielles. Il apparaît alors que seule l'hypochlorite de sodium a la faculté de dissolution des tissus. (57)

Ainsi, un des principaux inconvénients de la chlorhexidine est qu'elle n'a pas d'action de solvant tissulaire. (61)

5.3.2. Interaction avec l'hypochlorite de sodium

Plusieurs études ont montré l'apparition d'un précipité orange-brun lors de l'association d'hypochlorite de sodium et de chlorhexidine. (82–84)

Basrani et al. ont décrit précisément la nature du précipité, sa couleur et ses conditions d'apparition. (84) Dans leur étude, ils ont mélangé des solutions d'hypochlorite de sodium de différentes concentrations avec une solution de chlorhexidine à 2%.



Figure 20: Micro-tubes contenant différentes concentrations d'hypochlorite de sodium (NaOCl) mélangé à 2% et à la chlorhexidine (CHX).

(84)

La concentration de NaOCl passe de 6 % (le premier tube à gauche) à 0,023% (neuvième tube à gauche). Les dixième et onzième micro-tubes contiennent respectivement des témoins de 6% de NaOCl et 2% de CHX. On peut noter le changement de couleur dans les liquides mélangés, allant du brun foncé à gauche à l'orange clair, ainsi que la formation de précipité en quantités variables.

Des inquiétudes ont été exprimées quant au fait que le changement de couleur pourrait avoir des conséquences cliniques. Ce précipité pouvant induire une coloration dentaire, et interférer avec le scellement de l'obturation canalaire. (83)

Il est possible d'utiliser la chlorhexidine en rinçage final et d'éviter la formation de ce précipité malgré une préparation canalaire couplée à l'hypochlorite de sodium. Il faut alors administrer de grandes quantités de chlorhexidine ou bien sécher le canal en utilisant des pointes de papier avant l'utilisation de la chlorhexidine. (49)

6. L'acide éthylènediaminetétraacétique (EDTA)

Il est admis que la smear layer produite lors de l'instrumentation des canaux nécessite d'être supprimée, la qualité d'un traitement endodontique sur le long terme étant assurée par l'absence, ou du moins la très faible charge bactérienne dans le réseau canalaire.

Or, nous venons de voir que les pathogènes sont présents dans sa composition, qu'elle obture les canalicules, empêchant donc leur nettoyage optimal, et que de ce fait, des micro-organismes sont retrouvés dans les tubulis. Il est donc recommandé de l'enlever car sa présence peut servir de substrat à la croissance bactérienne, altérer l'action de médications intra-canalaires, ou empêcher un scellement optimal lors de l'obturation canalaire. (29)

Plusieurs solutions chimiques désinfectantes ont donc été testées pour éliminer efficacement cette boue dentinaire. Celle-ci est composée non seulement de matériaux organiques (tissus pulpaires et micro-organismes) mais aussi inorganiques (débris dentinaires). Il est ainsi apparu qu'une association de plusieurs solutions soit le plus approprié.

De cette manière, suite à plusieurs études, la combinaison d'hypochlorite de sodium et d'acideéthylènediaminetétraacétique (EDTA) semble la plus engageante. (30) L'EDTA élimine la fraction inorganique tout en laissant la partie organique intacte dans les tubulis. L'hypochlorite de sodium a, lui, une action sur les matériaux organiques. L'utilisation en alternance de ces deux solutions d'irrigation paraît, par conséquent, être une méthode efficace pour retirer la totalité de la boue dentinaire. (30) (31) (85) (86)

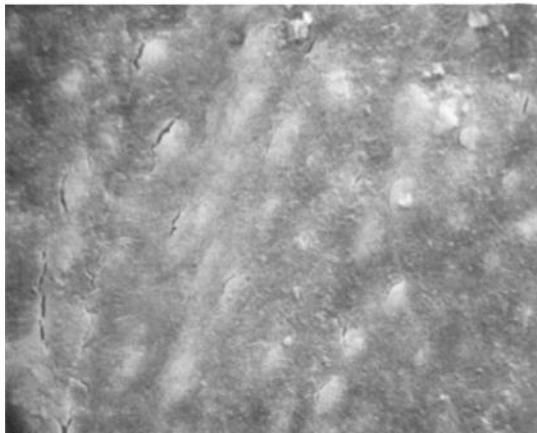


Figure 21: Paroi du canal après instrumentation en utilisant de l'hypochlorite de sodium à 6% comme irrigant (grossissement d'origine x 2100).
(86)

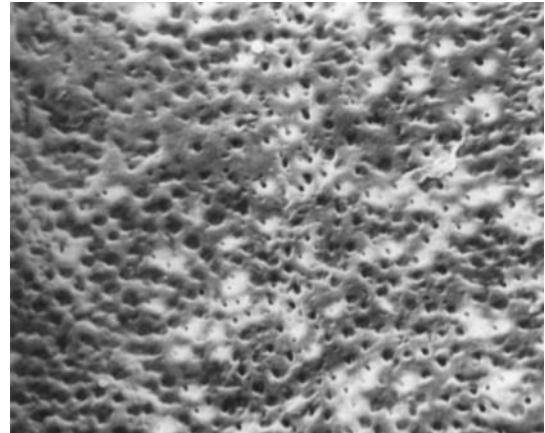


Figure 22: paroi canalaire après instrumentation utilisant EDTA comme irrigant (grossissement d'origine X600)
(86)

6.1. Présentation

Les agents chélateurs ont été introduits en endodontie avec l'EDTA, comme une aide pour la préparation des canaux étroits et calcifiés en 1957 par Nygaard-Östby. (85) Il recommandait d'utiliser une solution d'EDTA à 15%, de pH 7,3.

Quelques années plus tard, l'ajout d'un détergent a permis de créer l'EDTAC, augmentant le potentiel antibactérien de la solution. Il s'agit d'une solution d'EDTA à laquelle a été adjointe du Cetavlon®.

L'EDTA à usage dentaire est commercialisée sous deux formes. En solution, elle contient de l'EDTA concentré entre 15 et 17% avec un pH relativement neutre. Il peut aussi être retrouvé sous forme de pâtes ou de gels.

6.2. Avantages

6.2.1. Action sur la smear layer

De nombreuses études ont reporté que l'EDTA concentré à 17% avait une action efficace pour le retrait de la smear layer présente sur les parois dentinaires. (87-90)

Son mécanisme d'action est la formation d'un complexe soluble en substituant les ions calcium de la surface dentaire par des ions sodium, déminéralisant ainsi la dentine.

Les composants de la smear layer étant solubles dans les acides, l'EDTA semble approprié pour son élimination lors du traitement endodontique. (85)

Cependant, il peut demeurer des micro-organismes et des résidus organiques après rinçage final à l'EDTA, c'est pourquoi plusieurs auteurs préconisent d'adoindre une irrigation à l'hypochlorite de sodium pour compléter son action. (91,92)

Ainsi, l'utilisation alternée d'hypochlorite de sodium et d'EDTA permet une action synergique des deux solutions permettant d'éliminer la totalité de la smear layer, c'est-à-dire les deux composantes organique et inorganique. (93)

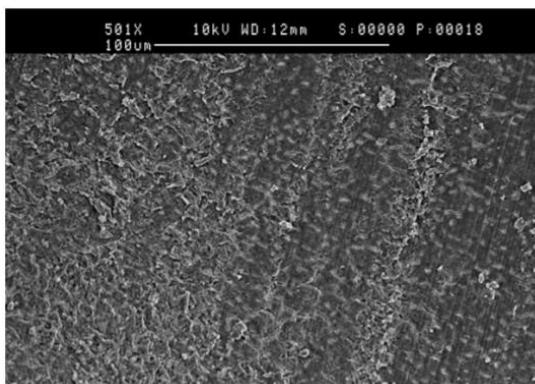


Figure 24: Présence d'une forte couche de smear layer sur le tiers apical de la paroi du canal radiculaire après rinçage final avec 10 ml de NaOCl à 1%

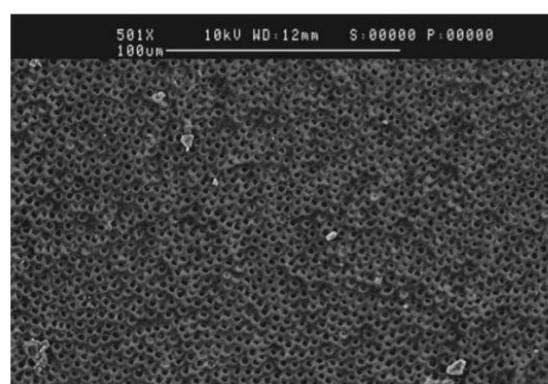


Figure 23: Tiers apical de la paroi du canal radiculaire après le rinçage final avec 5 ml d'EDTA à 17%. On remarque la surface exempte de débris et les tubulis dentinaires sans bouchon de boue dentinaire.

(91)

6.2.2. Action lubrifiante

L'influence de la lubrification sur les instruments canalaires a commencé à retenir l'attention depuis les années 1990. Plusieurs lubrifiants ont alors été commercialisés, tels que le RC Prep ou le Glyde. En effet, ils ont suscité un regain d'intérêt de par la préconisation par les fabricants d'instruments rotatifs. Selon eux, l'utilisation de lubrifiants permettrait de réduire le risque de fracture instrumentale.

L'EDTA est couramment incorporé dans les lubrifiants. Il est utilisé pour aider à agrandir les canaux en ramollissant la dentine des parois canalaires. Cependant son action sur le couple des instruments rotatifs n'a pas été prouvée, c'est pourquoi certains recommandent plutôt son utilisation dans des canaux étroits au début de traitement lors de l'utilisation des limes manuelles. (94)

6.3. Inconvénients

6.3.1. Pas d'action solvante sur les tissus organiques

Une des qualités recherchées dans une solution d'irrigation est la capacité de dissolution des substrats organiques. Cependant, l'EDTA n'a aucune action solvante sur les résidus pulpaires. (57)

6.3.2. Action sur la structure dentaire

La valeur de la dureté de la dentine est d'environ 60 kg/mm^2 . (95) On estime que la dureté dentinaire du tiers apical est moins élevée que celle du tiers moyen et du tiers cervical. (96)

Les chélatants peuvent modifier la dureté de la dentine. Dans une étude de Torabinejad et al., il a été constaté que l'action prolongée d'EDTA créait une érosion importante au niveau des tubulis dentinaires. (97)

Calt et Serper ont aussi étudié les effets de l'EDTA sur les surfaces dentaires. L'application de dix minutes d'EDTA a provoqué une érosion péri- et intertubulaire. Ils suggèrent alors que cette procédure ne soit pas prolongée de plus d'une minute pendant le traitement endodontique, pour éviter ce phénomène. (98)

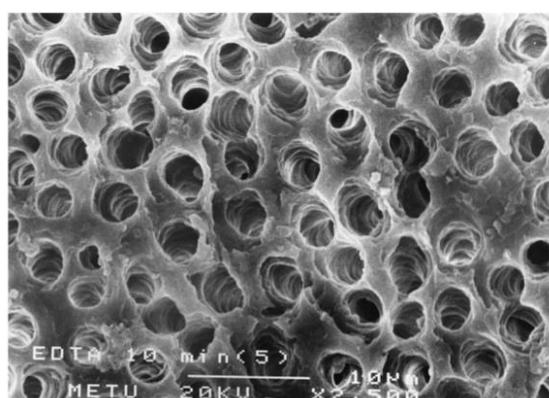


Figure 25: Effet de 17% d'EDTA pendant 10 min, suivi de 5% de NaOCl sur le tiers médian du canal radiculaire.

L'effet érosif est en excès sur les surfaces dentinaires des racines, conduisant à l'élargissement des entrées des tubules dentinaires et la détérioration de la surface dentinaire (x2500).

(98)

6.3.3. Interaction avec l'hypochlorite de sodium

Il a été reporté à de nombreuses fois que les solutions à base d'EDTA interagissaient vivement avec l'hypochlorite de sodium. (93)

En effet, l'EDTA réduit immédiatement la concentration de chlore dans la solution d'hypochlorite, la rendant inefficace contre les micro-organismes et les débris nécrotiques. (92) La proportion de chlore disponible réduit de 0,5% dans une solution pure d'hypochlorite de sodium à 0,06% dans le cas de combinaison EDTA/hypochlorite de sodium. (99)

Ainsi, il est préférable que les deux solutions ne soient pas mélangées. (85)

6.4. Protocole d'utilisation en endodontie

Les produits à base d'EDTA existent sous deux formes, en solution ou en gel.

Actuellement, ils sont plutôt utilisés sous forme liquide à 17%, en alternance avec l'hypochlorite de sodium pour l'élimination de la smear layer, en per opératoire et en rinçage final, à la fin de la mise en forme. (3)

La forme gel peut être utilisée comme lubrifiant sur les instruments mécanisés, en les enduisant avant leur passage dans les canaux radiculaires. (85)

Selon la Haute Autorité de Santé, il est recommandé d'utiliser l'EDTA en rinçage final, à la fin de la préparation canalaire. Ce dernier doit être suivi par un rinçage à l'hypochlorite de sodium. (41)

7. L'acide citrique

Parmi les agents chélateurs, l'acide citrique peut être une alternative toute aussi efficace que l'EDTA pour l'élimination des débris inorganiques lors du nettoyage canalaire. (100)

7.1. Présentation

L'acide citrique a été envisagé en tant que solution d'irrigation en endodontie dans les années 70. Une concentration à 50% a été utilisée dans les canaux radiculaires après pulpectomie et aurait permis un nettoyage efficace et une bonne adaptation de la Gutta Percha aux parois canalaires. Ces résultats ont été vérifiés à l'aide de la microscopie électronique à balayage. (100)

Son mécanisme d'action est semblable à celui de l'EDTA, il a un fort pouvoir chélatant en captant les ions métalliques.

7.2. Avantages

7.2.1. Cytotoxicité

L'acide citrique est moins cytotoxique sur les tissus organiques que l'EDTA.

Malheiros et al. ont testé la biocompatibilité de solutions d'EDTA à 17% et d'acide citrique à 10%, 15% et 25% sur des fibroblastes de culture. Les résultats de cette étude montrent que l'acide citrique à une concentration de 10% et 15% n'a pas altéré la viabilité et la croissance des cellules, contrairement à l'EDTA. (101) L'acide citrique est donc non cytotoxique *in vitro*.

7.2.2. Elimination de la smear layer

Plusieurs auteurs ont voulu tester l'action de l'acide citrique pour l'élimination de la smear layer. Leurs conclusions montrent que l'acide citrique est tout aussi efficace que l'EDTA pour supprimer la boue dentinaire. (89,102–104)

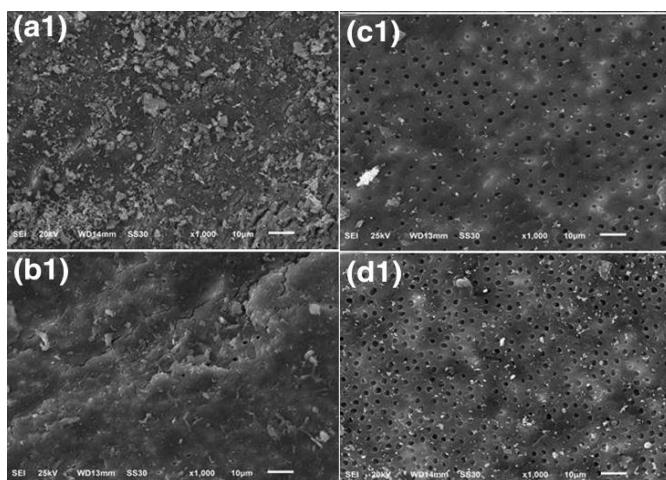


Figure 26: Images MEB représentatives de l'élimination de la smear layer dans les différents groupes
A1 : irrigation finale avec de l'eau distillée B1 : irrigation finale avec de l'hypochlorite de sodium
C1 : irrigation finale avec de l'EDTA à 17% D1 : irrigation finale avec de l'acide citrique à 10%
(89)

7.2.3. Action antibactérienne

L'acide citrique présente une activité antimicrobienne comparable à l'EDTA. Selon Yamaguchi, il est aussi efficace contre les bactéries anaérobies facultatives et obligatoires, qui sont les plus retrouvées lors d'infections endodontiques. (102)

Cependant, son action antibactérienne est inférieure à celle de l'hypochlorite de sodium. Il est donc recommandé de l'utiliser en alternance avec l'hypochlorite de sodium lors du nettoyage canalaire.

7.3. Inconvénients

L'acide citrique n'a pas montré d'inconvénient lors de son utilisation, cependant, les études à son propos restent limitées.

8. Le MTAD, Mixture of Tetracycline isomer, Acid, and Detergent

8.1. Présentation

Le MTAD est une solution d'irrigation présentée en 2003 par Torabinejad. Compte tenu des limites des irrigants existants, ce nouvel irrigant pourrait répondre à toutes les exigences requises.

Il s'agit d'une solution aqueuse de 3% de doxycycline, un antibiotique à large spectre, de 4,25% d'acide citrique, un agent déminéralisant, et 0,5% de détergent polysorbate 80. (98)

Il a été mis sur le marché par Dentsply Sirona® sous le nom de BioPure®.

8.2. Avantages

8.2.1. Elimination de la smear layer

Selon Torabinejad, l'utilisation du MTAD s'est révélée plus efficace que l'EDTA pour l'élimination de la smear layer, notamment au niveau du tiers apical. (97) Cette capacité s'expliquerait par la présence du surfactant. Ce dernier augmente la mouillabilité et permet ainsi une meilleure pénétration de la solution dans les tubulis dentinaires.

Une des complications de l'utilisation de chélatants est l'érosion des surfaces des canaux radiculaires. Torabinejad et al ont trouvé que les sections coronaires et médianes étaient moins érodées dans les groupes irrigués avec du MTAD par rapport à celui avec l'EDTA à 17%. Au niveau du tiers apical, ils n'ont pas trouvé de différence statistiquement significative. (97)

8.2.2. Activité antibactérienne

Torabinejad et Shabahang ont voulu tester la capacité du MTAD à tuer *E. Faecalis* et le comparer à l'hypochlorite de sodium et l'EDTA. La mesure des zones d'inhibition et la détermination des concentrations minimales inhibitrices ont montré que le MTAD est aussi efficace que l'hypochlorite de sodium à 5,25% et significativement plus efficace que l'EDTA. (105)

Le MTAD est aussi plus efficace dilué que l'hypochlorite de sodium. Il est performant pour tuer *E. Faecalis* jusqu'à une dilution 200 fois, contrairement à l'hypochlorite de sodium qui n'est efficace uniquement jusqu'à une dilution 32 fois. (105)

Une irrigation finale à 1,3% d'hypochlorite de sodium suivie par une irrigation au MTAD pendant 5 minutes est le schéma thérapeutique le plus efficace pour l'élimination d'*E. Faecalis*. (106)

Cependant, les résultats de Baumgartner et Kho ne montrent aucune différence d'efficacité antimicrobienne entre une irrigation avec 5,25% NaOCl et 15% EDTA versus une irrigation avec 1,3% NaOCl et du Biopure MTAD. (107)

Une autre étude a montré une désinfection constante des canaux radiculaires infectés avec 5,25% NaOCl et 15% EDTA, alors que la combinaison de 1,3% NaOCl / BioPure MTAD a laissé près de 50% des canaux contaminés par *E. faecalis*. (108)

Le MTAD a aussi une action antifongique inférieure à l'hypochlorite de sodium à 6% et à la chlorhexidine à 2%. (109)

8.2.3. Rémanence de l'activité antibactérienne

Les tétracyclines, comme la chlorhexidine, détiennent une activité antibactérienne rémanente. La solution, au contact de la dentine et du cément, s'adsorbe aux parois, et est libérée petit à petit, pendant au moins 48 heures. (110,111)

8.2.4. Cytotoxicité

Plusieurs études ont voulu évaluer la cytotoxicité du MTAD en comparaison à d'autres irrigants endodontiques, notamment l'hypochlorite de sodium, l'EDTA et la chlorhexidine. Le MTAD s'est avéré être moins cytotoxique et plus biocompatible que les autres solutions d'irrigation. (112,113)

8.3. Inconvénients :

8.3.1. Utilisation nécessaire avec l'hypochlorite de sodium

Torabinejad et al, dans leur étude de 2003, ont testé l'effet de l'hypochlorite de sodium à différentes concentrations en tant que solution d'irrigation avant l'utilisation du MTAD. Il s'avère que pour éliminer la totalité de la smear layer, il est nécessaire d'utiliser une solution d'hypochlorite de sodium à faible concentration avant le rinçage final au MTAD. (114)

8.3.2. Coût

Le MTAD présente un coût supérieur à l'hypochlorite de sodium, qui est une solution d'irrigation économique. Il est de plus non commercialisé en France actuellement.

Bien que l'irrigation canalaire à l'aide des seringues ait une place dans l'irrigation per-opératoire des traitements endodontiques, les techniques d'activation des solutions émergent et se développent pour compléter son action. Il apparaît alors que l'irrigation active est plus efficace dans la désinfection canalaire que l'irrigation passive à l'aide des aiguilles. (37,115,116)

Partie 3 : Potentialisation des solutions d'irrigation, quels moyens ?

Pour accéder aux zones anfractueuses du réseau canalaire, il faut pouvoir déplacer la solution désinfectante à l'intérieur des canaux, c'est le rôle de l'activation de l'irrigation. (3)

Nous avons vu précédemment que l'endodontie est en réalité un véritable réseau canalaire. L'instrumentation mécanisée ne permet pas, à elle seule, son nettoyage en intégralité. Les isthmes, ramifications et canaux latéraux sont donc uniquement accessibles grâce aux solutions d'irrigation. Ainsi, pour une désinfection optimale, il est nécessaire de pouvoir déplacer et amener les solutions antiseptiques au niveau de ces régions difficiles d'accès, c'est le rôle de l'activation.

Bronnec et al. ont évalué, sur des dents extraites, la pénétration et l'échange de solution d'irrigation sous irrigation passive, et active avec un cône de gutta percha. Selon eux, seule l'irrigation active a permis une pénétration complète et un échange efficace de la solution d'irrigation. (37)

McGill et al. ont étudié l'activation des solutions d'irrigation à l'aide d'un modèle de biofilm à base de collagène coloré. (117) Ils ont comparé l'action de l'irrigation statique, dynamique manuelle et du système RinsEndo® (technique hydrodynamique). Leurs résultats ont montré que la zone de canal recouverte par le collagène coloré était moindre après l'irrigation dynamique (manuelle et RinsEndo®) et que l'irrigation dynamique manuelle était significativement plus efficace que l'irrigation dynamique mécanisée.

1. Les techniques d'agitation manuelle : à l'aide d'un cône de Gutta-Percha

Il est admis que l'hypochlorite de sodium voit son efficacité augmenter lors de son agitation. (118) Pour cela, l'utilisation du maître cône de Gutta-Percha est le moyen le plus simple, le plus facile à mettre en œuvre et le moins onéreux pour réaliser l'activation de l'irrigant en fin de mise en forme canalaire.

Selon Bronnec et al., l'activation de l'irrigant est effectuée en réalisant un mouvement de va-et-vient répété trois fois jusqu'à l'apex avec une amplitude de 5 mm avec le maître cône. Cette action permet une pénétration complète et un échange de solution d'irrigation. (37)

Caron et al. ont trouvé de très hauts niveaux de propreté des canaux radiculaires après une activation manuelle dynamique à l'aide d'un maître cône de Gutta-Percha. (116)

D'autres études montrent l'efficacité de l'activation manuelle dynamique à l'aide de maîtres cônes de Gutta-Percha sur l'élimination de la smear layer. (115,119)

Malgré un coût presque nul, cette technique est fastidieuse et contraignante, de nombreux outils mécanisés ont alors été proposés par les fabricants.

2. Les techniques d'agitation mécanisées

2.1. Activation sonore (Endoactivator®)

Le dispositif sonique Endoactivator® est proposé par Dentsply Sirona. Il est composé d'un insert plastique en polyamide monté sur une pièce à main qui est le générateur. La fréquence de vibration est ajustée à un maximum de 190 Hz (fréquence inférieure à celle utilisée lors de l'activation ultrasonique). Lors de son utilisation, l'insert fléchit et l'extrémité de l'instrument décrit un mouvement elliptique dans l'espace. Dans le canal, l'instrument rebondit plusieurs centaines de fois par seconde sur les parois. (120)

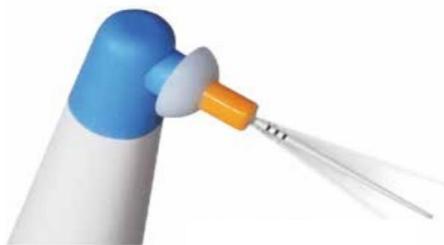


Figure 27: Flexion de l'insert sonique avec un mouvement elliptique de son extrémité
(120)

Cet outil ne permet pas de créer de phénomène de cavitation (« création, croissance et implosion de bulles d'air dans un liquide lorsque ledit liquide est soumis à une onde de pression périodique. » (121)). Il est cependant responsable d'un brassage efficace des irrigants.

Plusieurs études ont été publiées concernant l'Endoactivator®. Les auteurs trouvent des résultats plus favorables que l'irrigation à la seringue, concernant la capacité de désinfection (122) et la sécurité d'utilisation (123). Le risque de fracture de l'insert est très faible et ce dernier ne présente aucune abrasivité à sa pointe, assurant une utilisation sûre dans les canaux courbes. (120)

Cependant, selon Paragliola et al., la pénétration des solutions d'irrigation est supérieure avec l'activation ultrasonique. (124) Pour Jiang et al., les ultrasons éliminent plus de débris que la technique sonore. (125)

Caron et al. ont réalisé une étude comparant l'efficacité de différentes méthodes d'activation sur l'élimination de la smear layer dans les canaux courbes après l'instrumentation du canal radiculaire. Ils n'ont trouvé aucune différence statistiquement significative de propreté du canal après activation entre la technique manuelle avec un cône du Gutta et l'Endoactivator. (116)

Enfin, Uroz-Torres et al. n'ont pas trouvé que l'utilisation de l'Endoactivator® améliorait l'élimination de la couche de smear layer. (126)

2.2. Activation ultrasonique

Les ultrasons ont été introduits en endodontie en 1957 par Richman en tant que technique de parage canalaire. (127) Son utilisation a par la suite été restreinte à l'irrigation canalaire à cause des erreurs iatrogènes qu'ils entraînaient lors de la préparation canalaire. (128)

En comparaison à l'activation sonique, les ultrasons utilisent des fréquences plus élevées (entre 25 et 30 KHz) et une amplitude plus faible avec la présence de nœuds et anti-nœuds sur toute la longueur de la lime ultrasonique.

Nous pouvons distinguer deux méthodes d'agitation ultrasonique. La première est l'irrigation ultrasonore, il s'agit d'une combinaison simultanée d'irrigation et d'instrumentation ultrasonique. La deuxième méthode est l'irrigation passive ultrasonore. On utilisera la vibration d'une lime dans la solution d'irrigation mais sans instrumentation concomitante.

2.2.1. *Irrigation ultrasonore*

Cette technique d'irrigation et instrumentation simultanée ultrasonique a été abandonnée. (3)

Certains auteurs ont rapporté que les instruments ultrasonores entraînaient des marquages de la dentine canalaire. Walmsley et al ont retrouvé des irrégularités dans la préparation canalaire, cette dernière créant des rainures diagonales. (129)

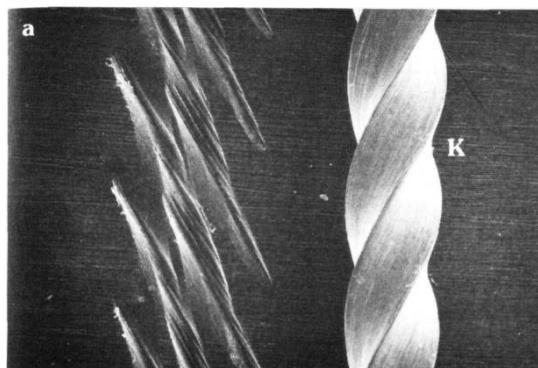


Figure 28: photographie au microscope électronique à balayage de la surface de la dentine avec laquelle la lime 25 ultrasonore a été en contact

(129)

Une autre étude a conclu que l'instrumentation ultrasonore Cavi-Endo® entraîne des complications telles que des fractures d'instruments répétées et des butées dans les canaux. Elle ne permet pas de maintenir la longueur de travail tout au long du traitement endodontique. (128)

L'utilisation de l'irrigation passive ultrasonore une fois la préparation canalaire terminée semble ainsi plus sûre et minimise les effets délétères.

2.2.2. Irrigation passive ultrasonore

L'irrigation passive ultrasonore est un terme ne reflétant pas le procédé d'irrigation tel qu'il est utilisé. Il est qualifié ainsi car il n'implique aucune tentative d'instrumentation des parois. La lime est activée par les ultrasons et est placée passivement dans le canal pour permettre l'activation des irrigants. Un phénomène de flux acoustique est alors produit. Il provoque des contraintes de cisaillement capables de perturber les micro-organismes et d'éliminer les débris. (130)

Le flux acoustique est le mouvement rapide du fluide dans un mouvement circulaire autour d'une lime vibrante. Celui qui se produit dans les canaux radiculaires pendant l'irrigation passive ultrasonore a été décrit comme un micro-flux acoustique. (131)

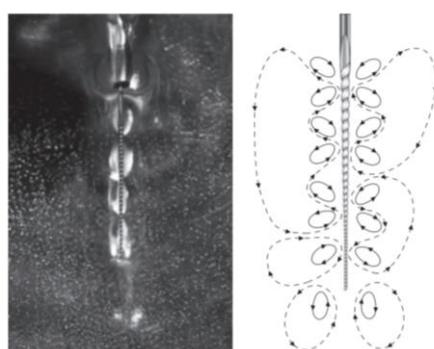


Figure 29 : flux acoustique autour d'une lime dans l'eau (à gauche) et son dessin schématique (à droite)

(131)

Il existe deux modes d'irrigation passive ultrasonore.

L'irrigation intermittente nécessite une seringue pour amener l'irrigant dans le canal. Elle implique d'effectuer plusieurs remplissages du canal avec la solution d'irrigation et de réaliser plusieurs cycles d'activation avec la lime ultrasonore.

L'irrigation continue est réalisée avec une pièce à main sur laquelle est soudée une aiguille qui libère directement la solution d'irrigation et réalise la vibration simultanément. (3)

Les études ont montré que l'activation ultrasonique est efficace pour éliminer la smear layer ainsi que les résidus pulpaires. (132–134) Le flux créé va permettre d'amener l'irrigant dans les zones non accessibles et les irrégularités des canaux. (132)

En comparaison avec l'irrigation conventionnelle, l'irrigation passive ultrasonore permet une meilleure désinfection des canaux. (130,135,136)

2.3. Irrigation hydrodynamique (RinsEndo)

Le RinsEndo de Dürr Dental est un instrument d'irrigation canalaire fonctionnant avec un mécanisme d'injection-aspiration de la solution d'irrigation. Il réalise 100 cycles par minute.

Une seringue jetable est remplie de solution d'irrigation et fixée à la pièce à main, elle-même reliée au raccord de la turbine sur l'unit dentaire. (3,137)



Figure 30 : RinsEndo (Dürr Dental)

(138)

McGill et al ont testé la capacité d'élimination d'un biofilm à base collagène sur les surfaces des canaux radiculaires. Le RinsEndo s'est montré plus efficace que l'irrigation conventionnelle à la seringue, mais significativement moins que l'irrigation manuelle à l'aide d'un cône de Gutta-Percha. (117) Caron et al ont eu des résultats similaires. (116)

Hauser et al ont voulu étudier l'action de l'irrigation hydrodynamique en analysant la pénétration dentinaire d'un colorant. Le rinçage hydrodynamique a démontré une amélioration de pénétration du colorant dans la dentine par rapport aux méthodes conventionnelles. Cependant, ils ont remarqué un risque plus élevé d'extrusion apicale avec le système RinsEndo. (139)

Cette constatation a été confirmée par Desai. (123)

L'élimination de débris au niveau d'irrégularités créées dans des canaux radiculaires droits était meilleure avec l'irrigation passive ultrasonore que le système RinsEndo. (140)

2.4. Le laser Er-Yag

Le rayonnement laser correspond à de l'énergie d'une certaine longueur d'onde, qui va engendrer des effets physiques et biologiques en étant absorbée par son environnement. Le laser Erbium-Yag (Ytrium Aluminium Garnet) produit des ondes à 2940 nm. La particularité de cette longueur d'onde est d'être absorbée par l'eau et l'hydroxyapatite.



Figure 31 : le laser Erbium-Yag
(141)

Au contact de l'eau, les rayonnements vont être absorbés, créant une micro-explosion des molécules d'eau. Ceci va produire deux effets principaux : l'effet photo acoustique (onde de choc) et la micro-ablation tissulaire. (142)

En endodontie, l'onde de choc, ou BLAST, sera l'effet le plus intéressant. Elle va provoquer un éclatement des membranes bactériennes et une agitation des fluides, et donc pourra permettre une activation des solutions d'irrigation. (143)

Korkut et al. ont évalué l'efficacité de différents lasers sur l'élimination de biofilm sur des molaires temporaires. Parmi le laser Er-Yag, Nd-Yag et le laser diode, le laser Er-Yag a entraîné un plus important nettoyage des parois canalaires et une plus grande quantité de tubules ouverts. (144) Akcay et al. ont comparé, quant à eux, les effets de plusieurs méthodes d'activation sur la pénétration des solutions d'irrigations dans les tubules dentinaires. Leurs résultats ont démontré que le laser Er-Yag permet une pénétration de l'irrigant plus importante que l'activation ultrasonique ou sonique. (145)

Cheng et al. ont voulu évaluer l'action antibactérienne du laser Erbium-Yag dans des canaux infectés artificiellement. Ils ont trouvé que seul le laser Erbium-Yag combiné à une irrigation avec l'hypochlorite de sodium permettait une réduction bactérienne de 100% sur la surface des tubules dentinaires à une profondeur de 200 µm. (146) De plus, l'utilisation du laser Erbium-Yag combinée à une irrigation uniquement avec de l'eau distillée permettait une élimination de 99,97% des bactéries à 100 µm de profondeur dans les tubules dentinaires. Ceci révèle que l'effet d'agitation du laser Erbium-Yag est réellement performant.

Malgré tout, l'investissement conséquent pour accéder à cette technique est le frein principal à son utilisation en omnipratico.

3. Le chauffage

Il a été proposé de chauffer l'hypochlorite de sodium à 60°C pour la rendre plus active avant de l'insérer dans le canal. La chaleur permettrait d'optimiser l'effet bactéricide de la solution. Pour cela, les seringues d'irrigation sont placées dans de l'eau à 60°C pour réchauffer la solution contenue.

La mise en œuvre est malgré tout controversée, car une fois placée dans le canal, la température redescend rapidement au niveau de la température corporelle de 37°C, diminuant donc l'effet catalyseur du chauffage. (6)

Leonardi et al ont étudié l'influence du préchauffage sur la température de la solution intra-canalaire. Ils ont préchauffé des solutions d'hypochlorite de sodium à 45°C et 60°C et une fois mise en place dans le canal, ont chronométré le temps qu'elle mettait à redescendre jusqu'à la température corporelle de 37°C. La solution chauffée à 45°C a mis 43 secondes à atteindre les 37°C et la solution chauffée à 60°C a mis 90 secondes. (147)

Iandolo et al ont voulu déterminer s'il y avait une différence de profondeur de pénétration de la solution d'irrigation dans les tubules dentinaires lors du chauffage de l'hypochlorite de sodium. Ils ont comparé la pénétration de la solution entre deux groupes : le premier a été irrigué avec de l'hypochlorite de sodium non chauffé et a subi une activation ultrasonique, le deuxième a subi une activation ultrasonique de la solution d'hypochlorite de sodium préalablement chauffée 8 secondes avec le System B™ Endodontic Heat Source (Kerr Dental). Leurs résultats ont montré que l'hypochlorite de sodium chauffé et activé par ultrasons a pénétré jusqu'à 0,66 microns dans les tubules dentinaires, ce qui était 20% de plus que l'activation par ultrasons seule. (148)

Selon Macedo et al, le préchauffage de l'irrigant à 60°C entraîne des températures supérieures à 45°C dans tout le canal radiculaire lors de l'irrigation, et une fois terminée, la température chute rapidement jusqu'à 37°C. Ils remarquent aussi que la perméabilité apicale abaisse la température intra-canalaire. (149)

De Hemptinne et al trouvent également des résultats similaires. (150)

4. La photo-activation

La désinfection par photo-activation (ou désinfection photo-activée PAD) est une méthode récente assistée par laser pour faire face aux agents pathogènes.

Les bactéries sont marquées par un colorant, le chlorure de tolonium. Un rayonnement laser est ensuite émis à partir d'un dispositif laser de faible puissance (100 mW) (c'est-à-dire une diode laser d'une longueur d'onde de 635 nm) qui va activer le colorant et détruire ces bactéries. (151,152)

Bonsor et al ont réalisé un essai clinique, pour déterminer l'effet microbiologique de la désinfection photo-activée en complément de la désinfection canalaire normale *in vivo*. (153) Ils en ont conclu que cette technique était efficace après une utilisation d'irrigants conventionnels mais n'a pas permis une désinfection complète des canaux.

Bergmans et al ont étudié l'action de la photo activation à l'aide d'un microscope électronique à balayage environnemental. (152) Ils se sont concentrés sur différents pathogènes inoculés dans les canaux radiculaires ainsi que sur la formation et désorganisation de leurs biofilms. En conclusion, la photo-activation n'est pas à utiliser en alternative mais en complément de protocoles de désinfection existants. Il apparaît nécessaire d'activer le colorant pour permettre à cette solution d'atteindre toutes les anfractuosités des canaux, pour ensuite avoir une action plus importante.

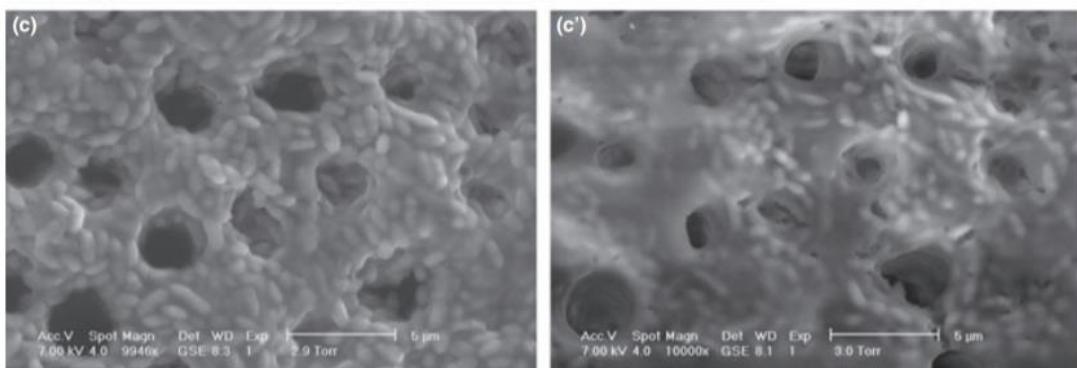


Figure 32:
 (c) après 2 jours, les cellules d'*E. faecalis* étaient déjà organisées sous forme de biofilm multicouche recouvrant toute la surface dentinaire
 (c') ré-analyse du spot (c) après désinfection par photo-activation. Les couches superficielles du biofilm *Enterococcus* ont été détruites, tandis que sa structure tridimensionnelle était encore apparente
 (152)

Schlafer et al ont évalué la désinfection par photo activation à l'aide d'une lampe à photopolymériser à la place du laser. (154) La désinfection photo-activée à l'aide d'une source de lumière conventionnelle réduit fortement le nombre de pathogènes endodontiques en suspension planctonique et dans les canaux radiculaires. Cependant, elle n'a jamais éliminé la totalité des micro-organismes présents.

Partie 4 : L'activation des solutions d'irrigation chez les chirurgiens-dentistes français

1. Présentation

Nous venons de voir qu'il existe différents systèmes d'activation des solutions d'irrigation mis à disposition des chirurgiens-dentistes.

Nous avons voulu nous renseigner sur les connaissances et habitudes des praticiens français dans leur pratique quotidienne.

Pour cela, nous avons élaboré un questionnaire de 21 questions, mis en ligne entre le 20 aout 2020 et le 26 septembre 2020. (Annexe 1)

Grâce à l'aide des conseils des ordres départementaux et d'une mise en ligne sur les réseaux sociaux, ce questionnaire a pu être diffusé à un grand nombre de chirurgiens-dentistes français et nous a permis de réunir 755 réponses.

1.1. La représentativité

Selon l'Ordre National des Chirurgiens-Dentistes français, il y a 42 334 praticiens en France en 2020. (155)

Nous avons alors pu déterminer la marge d'erreur de nos résultats, selon la formule suivante :

$$\text{Marge d'erreur : } e = Z_\alpha \sqrt{\frac{p(1-p)}{n}}$$

$Z_\alpha = 1,96$ pour un niveau de confiance à 95%

p : correspond à la proportion de chirurgiens-dentistes ayant répondu au sondage

n : correspond à notre échantillon de réponses

Notre marge d'erreur est donc de 7% pour un niveau de confiance de 95%. Cela signifie que notre analyse est représentative à 93% de la population française des chirurgiens-dentistes et que l'on est sûrs à 95% de la précision de ce taux.

2. Analyse de l'échantillon :

Avant d'analyser les résultats du sondage, nous allons présenter notre échantillon.

Les sondés ont entre 23 ans et 77 ans. On remarque qu'il existe une plus grande proportion de réponses parmi les chirurgiens-dentistes entre 23 et 50 ans (555 réponses). Cette partie de l'échantillon représente 73% de nos réponses. (figure 33)

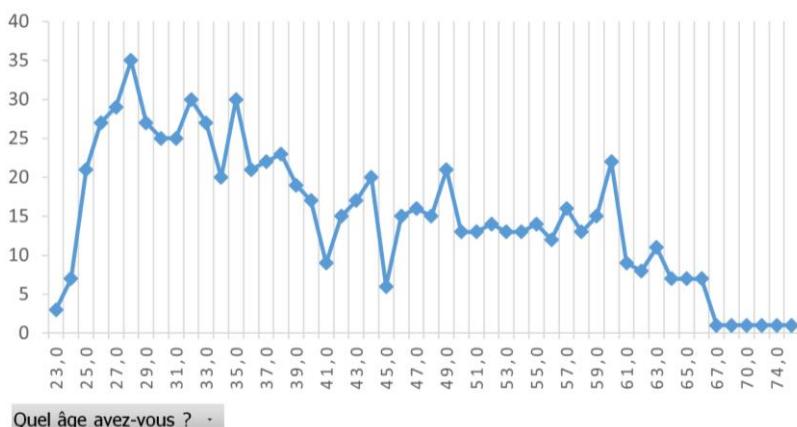


Figure 33: Age des praticiens de l'échantillon

Nous avons environ autant de femmes que d'hommes ayant répondu au sondage.

La figure 34 nous montre que les chirurgiens-dentistes ayant répondu au sondage ont été diplômés parmi toutes les facultés françaises. Nous remarquons tout de même une plus grande proportion de praticiens originaires de la faculté de Lyon et de Nancy.

Nous pouvons aussi constater qu'une partie des praticiens français de notre échantillon ont réalisé leurs études à l'étranger.

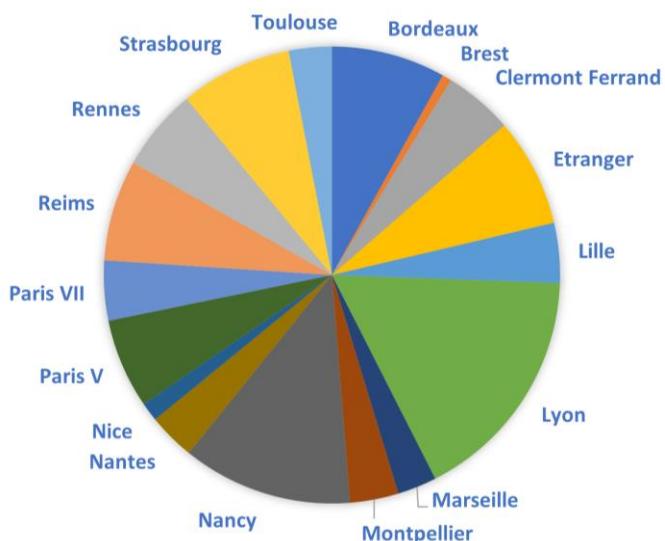


Figure 34 : facultés d'origine des praticiens de l'échantillon

Dans notre échantillon, la majorité des chirurgiens-dentistes ont une activité omnipratique. Environ 90% d'entre eux exercent en libéral. (figure 35 et 36)

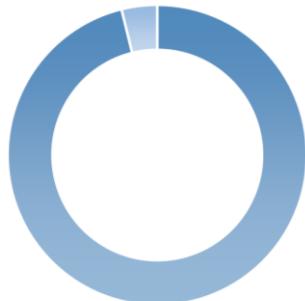


Figure 36 : type d'activité des praticiens de l'échantillon

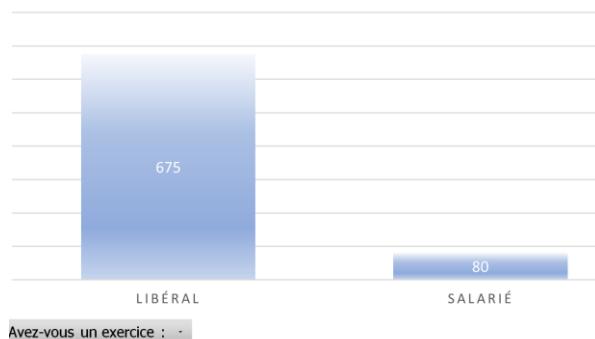


Figure 35 : type d'exercice des praticiens de l'échantillon

3. Résultats du sondage

3.1. La préparation chimio-mécanique chez les chirurgiens-dentistes français

Dans notre échantillon, environ 60% des praticiens réalisent entre 5 et 10 traitements endodontiques par semaine. 19% en réalisent plus et 22% en réalisent moins.

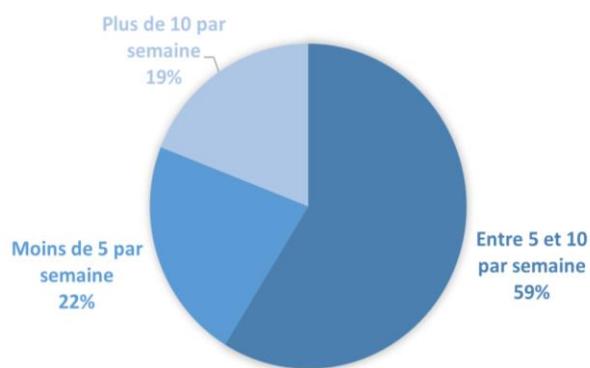


Figure 37 : fréquence des traitements endodontiques des praticiens de l'échantillon

Les chirurgiens-dentistes de notre échantillon utilisent tous une technique de préparation canalaire mécanisée. La figure 38 traduit que 60% d'entre eux disposent de la rotation continue tandis que 35% préfèrent la réciprocité. Les 5% restants recourent aux deux techniques, utilisées en alternance selon les cas cliniques rencontrés.

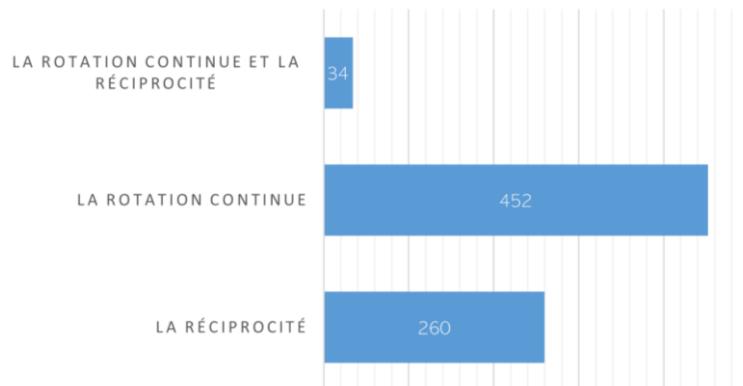


Figure 38: les techniques mécanisées utilisées par les praticiens de l'échantillon

Plusieurs solutions d'irrigation sont utilisées par les chirurgiens-dentistes de notre échantillon. (figure 39)

Plus de 98% d'entre eux emploient l'hypochlorite de sodium lors de leurs traitements endodontiques et près de 60% d'entre eux utilisent l'EDTA.

En regroupant ces données, nous remarquons que 56% de notre échantillon recourent à l'association de l'hypochlorite de sodium et de l'EDTA.

Les autres solutions d'irrigation mentionnées sont utilisées beaucoup plus minoritairement.

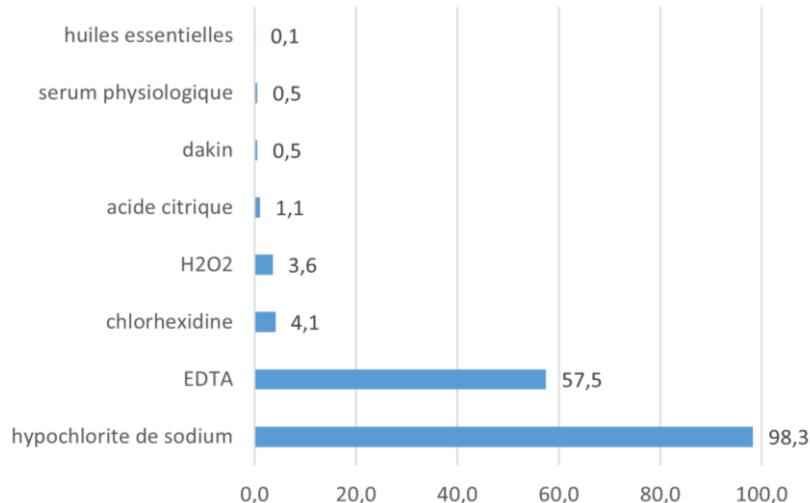


Figure 39 : les différents types d'irrigants utilisés par les praticiens de l'échantillon

La figure 40 représente les différents types d'hypochlorite utilisés par les chirurgiens-dentistes de l'échantillon. Près de la moitié des sondés utilisant de l'hypochlorite de sodium comme solution d'irrigation emploient de l'hypochlorite de sodium du commerce à 2,5 %.

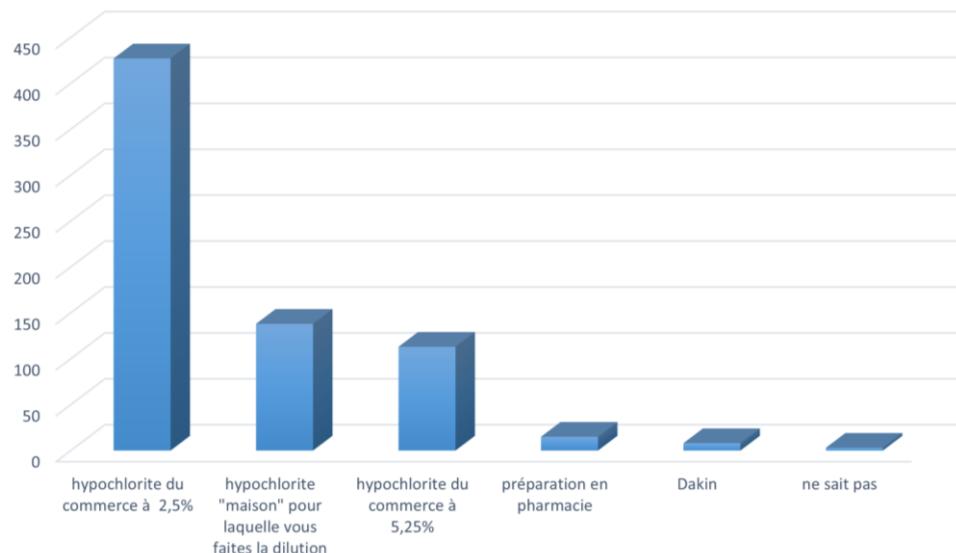


Figure 40 : les différents types d'hypochlorite de sodium utilisés par les praticiens de l'échantillon

20 % adoptent de l'hypochlorite de sodium plus concentré de 5,25 %.

Nous notons que 20 % préfèrent réaliser leur hypochlorite de sodium « maison » en effectuant leur dilution au cabinet. Plus de la moitié d'entre eux réalise une dilution entre 0,025 et 0,03.

3.2. L'utilisation de l'activation des solutions d'irrigation chez les chirurgiens-dentistes français

En premier lieu, nous avons demandé aux chirurgiens-dentistes s'ils connaissaient le principe d'activation des solutions d'irrigation.

637 praticiens ont répondu favorablement, soit environ 84% de notre échantillon.

L'apprentissage de cette technique a eu lieu pour 45% d'entre eux lors de leur formation initiale et pour 51% lors d'une formation continue.

En regroupant ces données avec celles des facultés d'origine des praticiens de notre échantillon, nous ne retrouvons aucune différence significative.

Nous nous sommes ensuite concentrés sur les praticiens connaissant le principe d'activation des solutions d'irrigation. 70% d'entre eux utilisent quotidiennement une technique d'activation, tandis que les 30% restants ne s'en servent pas. (figure 41)

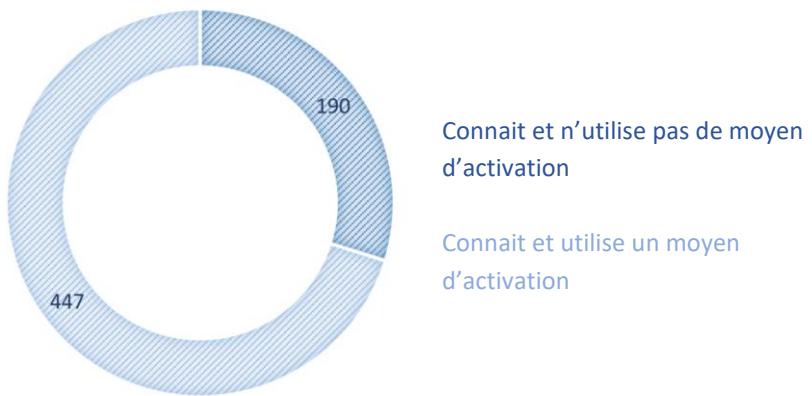


Figure 41 : Nombre de praticiens utilisant le principe d'activation des solutions d'irrigation, parmi ceux qui le connaissent

Le graphique de la figure 42 nous indique, selon les années d'expérience des praticiens, le nombre d'entre eux qui utilisent un moyen d'activation des solutions d'irrigation. Nous pouvons constater que parmi les chirurgiens-dentistes ayant entre 0 et 19 ans d'expérience, une plus grosse proportion d'entre eux utilise une technique d'activation.

En comparaison, les praticiens avec le plus d'années d'expérience emploient seulement pour la moitié d'entre eux l'activation des solutions d'irrigation.

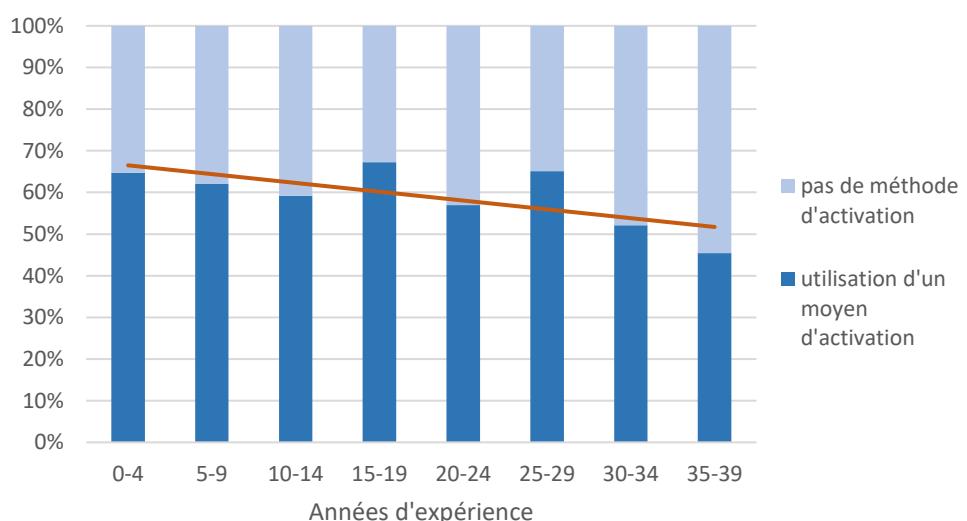


Figure 42 : proportion de praticiens de l'échantillon utilisant un moyen d'activation selon le nombre d'années d'expérience

Au sein des praticiens utilisant l'activation des solutions d'irrigation, 461 chirurgiens-dentistes nous ont partagé leurs méthodes utilisées quotidiennement. Ces données ont été regroupées dans la figure 43. Certains praticiens utilisent plusieurs techniques.

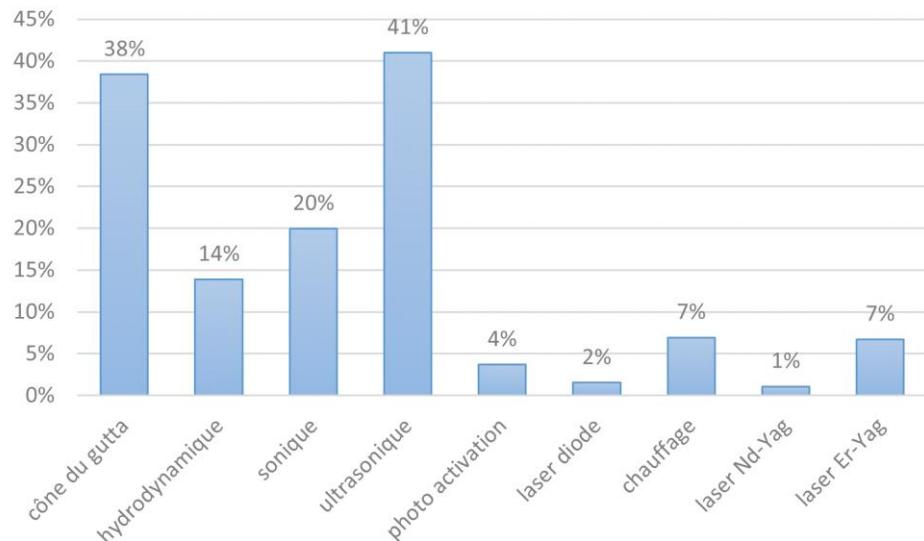


Figure 43: Les différentes méthodes d'activation utilisées par les praticiens de l'échantillon

La plus grande proportion a adopté l'activation ultrasonique (41% d'entre eux). On recense 38% de notre échantillon appliquant la technique d'activation manuelle à l'aide d'un cône de gutta-percha. Les techniques sonique et hydrodynamique sont utilisées respectivement par 20% et 14% de notre échantillon.

Les autres techniques mentionnées sont utilisées beaucoup plus minoritairement.

344 chirurgiens-dentistes de l'échantillon nous ont partagé les raisons pour lesquelles ils utilisaient leurs techniques d'activation. (figure 44) Nous pouvons remarquer que les praticiens français recherchent en premier lieu l'efficacité et la simplicité de leur technique.

Les autres facteurs de décision sont plus minoritaires mais nous pouvons noter que le prix de la mise en place de la méthode a aussi un impact sur leur choix.

Enfin, la technique choisie doit permettre l'élimination des débris et l'irrigation des canaux latéraux.

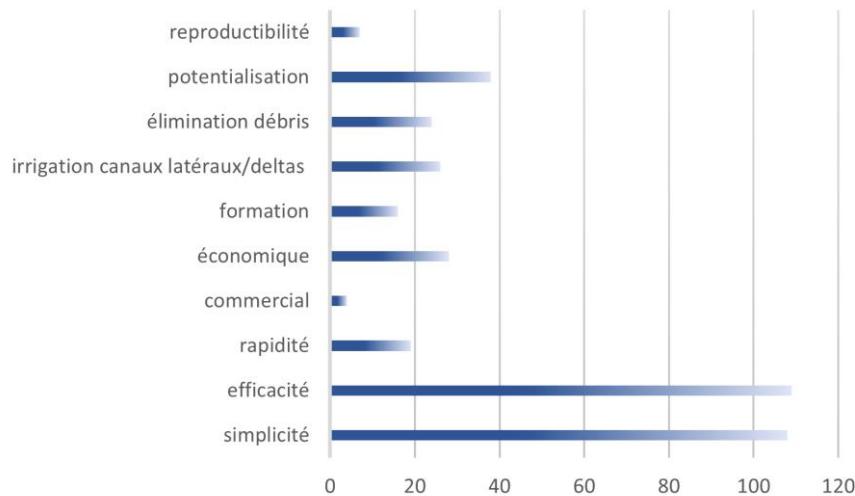


Figure 44 : Raisons pour lesquelles les praticiens de l'échantillon utilisent leur technique d'activation

Suite à ces résultats, nous avons voulu comparer les différentes raisons pour lesquelles les praticiens utilisent une technique plutôt qu'une autre. (figure 45)

Nous pouvons remarquer que la raison principale pour laquelle le Laser Er-YAG est utilisée par les chirurgiens-dentistes de notre échantillon est l'efficacité de son action, tandis que pour les autres techniques citées, la simplicité rentre autant en compte.

La technique d'activation manuelle à l'aide d'un cône de Gutta est aussi utilisée car elle est plus économique que les autres méthodes.

La rapidité d'exécution ne semble pas être un point essentiel permettant de faire le choix entre les différentes techniques.

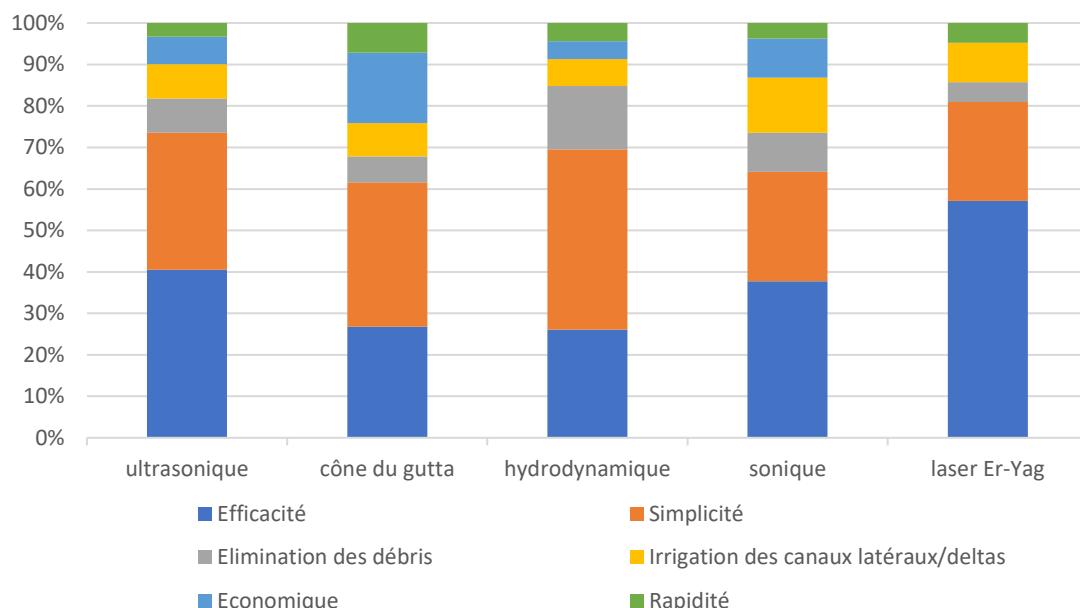


Figure 45 : Proportions des raisons d'utilisation des techniques d'activation selon les praticiens de l'échantillon

La figure 46 représente la part de praticiens de l'échantillon qui n'utilise pas d'activation de solutions d'irrigation. Nous leur avons demandé s'ils avaient prévu de se former ou d'utiliser une technique d'activation dans l'avenir. Nous remarquons que seulement 37% d'entre eux a répondu positivement à cette question.



Figure 46 : nombre de praticiens de l'échantillon n'utilisant pas de technique d'activation, ayant prévu ou non, de se former dans l'avenir

Pour terminer ce sondage, nous avons demandé aux praticiens qui ne connaissaient pas le principe d'activation des solutions d'irrigation si la participation à cette étude allait les inciter à se renseigner sur le sujet. Nous pouvons noter que pour 80% de ces chirurgiens-dentistes, ce questionnaire a favorisé leur intérêt concernant ces techniques.

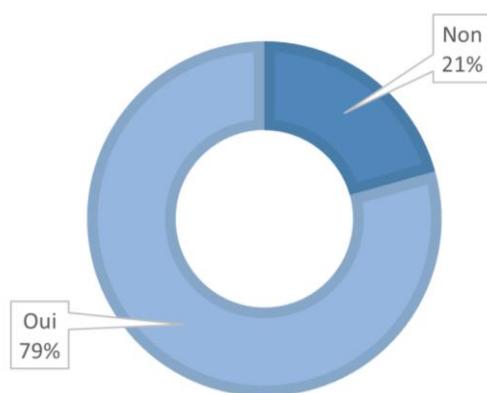


Figure 47: proportion de praticiens de l'échantillon ne connaissant pas le principe d'activation des solutions d'irrigation étant incité à se renseigner suite à ce sondage

4. Les biais

Il existe différents biais liés à la mise en place de ce sondage et que nous devons prendre en compte lors de l'analyse des résultats obtenus.

Nous devons alors considérer le biais d'échantillonnage. Il se traduit par le fait que le mode d'échantillonnage choisi va influencer les résultats. Dans notre cas, nous avons transmis le questionnaire numériquement. Premièrement par courriel grâce à certains conseils départementaux qui ont partagés le sondage aux praticiens de leur département, et deuxièmement, via un réseau social. Cette méthode de diffusion implique que les sondés ont un accès numérique et/ou sont actifs sur les réseaux sociaux.

Ainsi, ce sondage est non probabiliste, c'est-à-dire que tous les membres de la population visée, les chirurgiens-dentistes de France, n'ont pas la même chance de pouvoir répondre au sondage.

Le deuxième biais à prendre en compte est le biais de méthodologie. Il correspond à des erreurs pouvant découler de la formulation des questions, qui peuvent ne pas être appréhendées correctement. Les questions ouvertes peuvent aussi entraîner un évitement et une lassitude des sondés, ce qui entraînera par la suite des erreurs de non-réponse.

Enfin, il est toujours possible de douter de la sincérité des sondés ayant répondu au questionnaire et de leurs réponses données. Une partie de notre échantillon a répondu grâce à un réseau social dont on ne connaît pas la sélectivité. Ceci ne nous assure donc pas que seuls des chirurgiens-dentistes français ont pu y avoir accès.

Conclusion

Nous avons vu que le traitement endodontique est une pratique nécessitant d'allier bactériologie, chimie et mécanique. Il nous faut combiner chacun de ces éléments pour réaliser un traitement le plus efficace possible. La mise en forme canalaire permet un accès des solutions d'irrigation au réseau endodontique, entraînant ainsi une action antibactérienne visant à éliminer la majeure partie des micro-organismes présents, à l'origine des parodontites apicales. (37)

L'anatomie endo-canalaire est très complexe, avec des zones étroites difficiles d'accès. (22) Il est donc nécessaire d'amener les solutions d'irrigation au niveau de ces espaces (isthmes, canaux secondaires, ...) pour éliminer les biofilms bactériens présents.

La solution d'irrigation parfaite n'existe pas actuellement. Néanmoins, une combinaison d'hypochlorite de sodium et d'EDTA semble permettre une désinfection performante au niveau du réseau canalaire. (93) Cette efficacité est permise par l'association de l'action solvante et antibactérienne de l'hypochlorite de sodium à l'effet chélatant de l'EDTA, autorisant la suppression de la smear layer.

L'activation des solutions d'irrigation est le seul moyen à notre disposition pour faire circuler ces solutions dans tous les espaces du réseau endodontique. (3) Plusieurs techniques ont été mises sur le marché. Avec le recul scientifique actuel, l'activation ultrasonore semble être la plus efficace, même si de nouvelles méthodes se démarquent et se répandent ces dernières années, telles que le laser Erbium-Yag. (130,145)

Aujourd'hui, en France, les praticiens réalisent en moyenne entre cinq et dix traitements endodontiques par semaine, qui seront pour la plupart suivis par la réalisation de prothèses. La durabilité de ces traitements est donc essentielle à la pérennité des prothèses mises en place. Concernant l'activation des solutions d'irrigation, les techniques les plus employées en France sont l'activation manuelle d'un cône du Gutta Percha et l'activation ultrasonore. Il semble que les principaux critères de choix d'une méthode d'activation sont une efficacité maximum pour une utilisation la plus simple possible.

Cependant, près de 20% des chirurgiens-dentistes sondés ne connaissent pas cette méthode. Parmi ceux la connaissant, encore 30% ne l'utilisent pas.

L'activation des solutions d'irrigation ne semble pas encore totalement ancrée dans les protocoles des traitements endodontiques en France, en dépit des nombreuses études prouvant sa nécessité. Un nombre croissant de formations continues se développent, facilitées par la digitalisation des enseignements. Elles pourraient permettre de faire connaître toutes ces techniques, pas toujours présentes lors de la formation initiale des chirurgiens-dentistes français.

Table des illustrations

<i>Figure 1: 14 jours postopératoires. Spécimen témoin montrant une nécrose pulpaire complète dans les deux racines avec des formations d'abcès apicaux (flèche). Grossissement x40 ; réduit 1/4.....</i>	3
<i>Figure 2 : 14 jours postopératoires. Échantillon exempt de germes présentant nourriture et débris au niveau de l'exposition occlusale. Des détails nucléaires du tissu pulpaire survivant peuvent être observés sous le pont constitué de fragments dentinaires unis.....</i>	4
<i>Figure 3 : Composants anatomiques majeurs du système canalaire</i>	7
<i>Figure 4 : schéma de la région apicale</i>	8
<i>Figure 5 : Coupes axiales de dents mandibulaires.....</i>	8
<i>Figure 6: schéma du réseau canalaire d'une première prémolaire mandibulaire.....</i>	8
<i>Figure 7: Configurations canalaires de Vertucci (1984)</i>	9
<i>Figure 8 : représentations schématiques montrant les canaux accessoires et un delta apical</i>	9
<i>Figure 9: Coupe histologique de l'isthme entre deux canaux dans une molaire mandibulaire.....</i>	10
<i>Figure 10: Exemples de variations des canaux radiculaires</i>	10
<i>Figure 11: Une dent extraite montrant la complexité du système canalaire, accompagnée d'un schéma de la même dent avec la préparation canalaire superposée, illustrant la différence entre l'anatomie non instrumentée et instrumentée.</i>	11
<i>Figure 12: La présence d'une couche de smear layer à la surface d'un canal radiculaire instrumenté. Grossissement d'origine 5000.</i>	12
<i>Figure 13 : Suite à la préparation canalaire radiculaire, la dentine de surface est recouverte de smear layer. Grossissement x3000.....</i>	13
<i>Figure 14: La smear layer est repoussée dans les tubulis dentinaires. Grossissement x8500.....</i>	13
<i>Figure 15: Photographies réalisées par microscope électronique à balayage de la pénétration bactérienne dans les tubules dentinaires.....</i>	14
<i>Figure 16: La présence de plusieurs bactéries dans un tubule dentinaire d'une dent à pulpe nécrosée. Grossissement d'origine x5000.</i>	14
<i>Figure 17 : Caractéristiques d'une solution d'irrigation optimale dans le traitement canalaire.....</i>	17
<i>Figure 18 : photographie immédiatement après un accident d'injection d'hypochlorite de sodium.....</i>	22
<i>Figure 19: mécanisme d'action de la chlorhexidine</i>	24
<i>Figure 20: Micro-tubes contenant différentes concentrations d'hypochlorite de sodium (NaOCl) mélangé à 2% et à la chlorhexidine (CHX).....</i>	28
<i>Figure 21: Paroi du canal après instrumentation en utilisant de l'hypochlorite de sodium à 6% comme irrigant (grossissement d'origine x 2100).....</i>	29

<i>Figure 22: paroi canalaire après instrumentation utilisant REDTA comme irrigant (grossissement d'origine X600)</i>	29
<i>Figure 24: Tiers apical de la paroi du canal radiculaire après le rinçage final avec 5 ml d'EDTA à 17%.</i>	30
<i>Figure 23: Présence d'une forte couche de smear layer sur le tiers apical de la paroi du canal radiculaire après rinçage final avec 10 ml de NaOCl à 1%.....</i>	30
<i>Figure 25: Effet de 17% d'EDTA pendant 10 min, suivi de 5% de NaOCl sur le tiers médian du canal radiculaire.</i>	31
<i>Figure 26: Images MEB représentatives de l'élimination de la smear layer dans les différents groupes</i>	33
<i>Figure 27: Flexion de l'insert sonique avec un mouvement elliptique de son extrémité.....</i>	37
<i>Figure 28: photographie au microscope électronique à balayage de la surface de la dentine avec laquelle la lime 25 ultrasonore a été en contact.....</i>	38
<i>Figure 29 : flux acoustique autour d'une lime dans l'eau (à gauche) et son dessin schématique (à droite).....</i>	39
<i>Figure 30 : RinsEndo (Dürr Dental).....</i>	40
<i>Figure 31 : le laser Erbium-Yag.....</i>	41
<i>Figure 32:.....</i>	43
<i>Figure 33: Age des praticiens de l'échantillon.....</i>	45
<i>Figure 34 : facultés d'origine des praticiens de l'échantillon</i>	45
<i>Figure 35 : type d'exercice des praticiens de l'échantillon</i>	46
<i>Figure 36 : type d'activité des praticiens de l'échantillon</i>	46
<i>Figure 37 : fréquence des traitements endodontiques des praticiens de l'échantillon</i>	46
<i>Figure 38: les techniques mécanisées utilisées par les praticiens de l'échantillon.....</i>	47
<i>Figure 39 : les différents types d'irrigants utilisés par les praticiens de l'échantillon</i>	47
<i>Figure 40 : les différents types d'hypochlorite de sodium utilisés par les praticiens de l'échantillon</i>	48
<i>Figure 41 : Nombre de praticiens utilisant le principe d'activation des solutions d'irrigation, parmi ceux qui le connaissent.....</i>	49
<i>Figure 42 : proportion de praticiens de l'échantillon utilisant un moyen d'activation selon le nombre d'années d'expérience</i>	49
<i>Figure 43: Les différentes méthodes d'activation utilisées par les praticiens de l'échantillon.....</i>	50
<i>Figure 44 : Raisons pour lesquelles les praticiens de l'échantillon utilisent leur technique d'activation</i>	51

<i>Figure 45 : Proportions des raisons d'utilisation des techniques d'activation selon les praticiens de l'échantillon</i>	51
<i>Figure 46 : nombre de praticiens de l'échantillon n'utilisant pas de technique d'activation, ayant prévu ou non, de se former dans l'avenir.....</i>	52
<i>Figure 47: proportion de praticiens de l'échantillon ne connaissant pas le principe d'activation des solutions d'irrigation étant incité à se renseigner suite à ce sondage</i>	52

Bibliographie

1. Kakehashi S, Stanley HR, Fitzgerald RJ. The effects of surgical exposures of dental pulps in germ-free and conventional laboratory rats. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*. sept 1965;20(3):340-9.
2. Haapasalo M, Shen Y, Wang Z, Gao Y. Irrigation in endodontics. *Br Dent J*. mars 2014;216(6):299-303.
3. Simon S, Machtou P, Pertot W-J. *Endodontie*.
4. Gomes BPF de A, Herrera DR. Etiologic role of root canal infection in apical periodontitis and its relationship with clinical symptomatology. *Braz Oral Res* [Internet]. 18 oct 2018 [cité 19 janv 2020];32(suppl 1). Disponible sur: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-83242018000500604&lng=en&tlang=en
5. Orstavik. *Endodontic Microbiology*. John Wiley & Sons; 2017. 470 p.
6. Simon S. *L'endodontie de A à Z Traitement et retraitement*.
7. Simon S, Pertot W-J. *Réussir le traitement endodontique*.
8. European Society of Endodontontology. Quality guidelines for endodontic treatment: consensus report of the European Society of Endodontontology. *Int Endod J*. déc 2006;39(12):921-30.
9. Pinheiro ET, Gomes BPFA, Ferraz CCR, Sousa ELR, Teixeira FB, Souza-Filho FJ. Microorganisms from canals of root-filled teeth with periapical lesions. *Int Endod J*. janv 2003;36(1):1-11.
10. Prada I, Micó-Muñoz P, Giner-Lluesma T, Micó-Martínez P, Collado-Castellano N, Manzano-Saiz A. Influence of microbiology on endodontic failure. Literature review. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal*. mai 2019;24(3):e364-72.
11. Neelakantan P, Romero M, Vera J, Daood U, Khan AU, Yan A, et al. Biofilms in Endodontics—Current Status and Future Directions. *Int J Mol Sci* [Internet]. 11 août 2017 [cité 13 déc 2019];18(8). Disponible sur: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5578138/>
12. Costerton JW. Bacterial Biofilms: A Common Cause of Persistent Infections. *Science*. 21 mai 1999;284(5418):1318-22.
13. Redefining the Persistent Infection in Root Canals: Possible Role of Biofilm Communities - *Journal of Endodontics* [Internet]. [cité 24 mars 2020]. Disponible sur: [https://www.jendodon.com/article/S0099-2399\(06\)01023-5/pdf](https://www.jendodon.com/article/S0099-2399(06)01023-5/pdf)
14. Gomes BPFA, Lilley JD, Drucker DB. Clinical significance of dental root canal microflora. *J Dent*. 1 janv 1996;24(1):47-55.
15. Özok AR, Persoon IF, Huse SM, Keijser BJF, Wesselink PR, Crielaard W, et al. Ecology of the microbiome of the infected root canal system: a comparison between apical and coronal root segments. *Int Endod J*. juin 2012;45(6):530-41.

16. Boisseau J. Les irrigants en endodontie : données actuelles [Thèse d'odontologie]. Université Nancy I; 2010.
17. Delcloy L. Les canaux en « C » : les comprendre, les traiter. [Thèse d'odontologie]. Université de Lille; 2018.
18. Vertucci FJ. Root canal morphology and its relationship to endodontic procedures. [cité 25 mars 2020]; Disponible sur: https://www.academia.edu/4182574/2005_Vertucci_-_Root_canal_morphology_and_its_relationship_to_endodontic_procedures
19. Llopé S. Détermination de la longueur de travail en endodontie: méthode radiographique, localisateur d'apex isolé ou intégré au micromoteur? :73.
20. Weine FS, Pasiewicz RA, Rice RT. Canal configuration of the mandibular second molar using a clinically oriented in vitro method. *J Endod.* janv 1988;14(5):207-13.
21. Versiani PM. The Root Canal Anatomy Project: C-Shaped Mandibular First Premolar [Internet]. The Root Canal Anatomy Project. 2015 [cité 6 avr 2020]. Disponible sur: <http://rootcanalanatomy.blogspot.com/2015/04/c-shaped-mandibular-first-premolar.html>
22. Vertucci FJ. Root canal anatomy of the human permanent teeth. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* nov 1984;58(5):589-99.
23. Ahmed HMA, Neelakantan P, Dummer PMH. A new system for classifying accessory canal morphology. *Int Endod J.* 2018;51(2):164-76.
24. NALLAPATI S. A Review of Root Canal Anatomy & Clinical Management.
25. Wu M-K, Sluis LWM, Wesselink PR. The capability of two hand instrumentation techniques to remove the inner layer of dentine in oval canals. *Int Endod J.* mars 2003;36(3):218-24.
26. ElAyouti A, Chu A-L, Kimionis I, Klein C, Weiger R, Löst C. Efficacy of rotary instruments with greater taper in preparing oval root canals. *Int Endod J.* déc 2008;41(12):1088-92.
27. Peters OA, Schonenberger K, Laib A. Effects of four Ni-Ti preparation techniques on root canal geometry assessed by micro computed tomography. *Int Endod J.* avr 2001;34(3):221-30.
28. GULABIVALA K, PATEL B, EVANS G, NG Y-L. Effects of mechanical and chemical procedures on root canal surfaces.
29. Coldero LG, McHugh S, MacKenzie D, Saunders WP. Reduction in intracanal bacteria during root canal preparation with and without apical enlargement. *Int Endod J.* mai 2002;35(5):437-46.
30. Violich DR, Chandler NP. The smear layer in endodontics - a review. *Int Endod J.* janv 2010;43(1):2-15.
31. Torabinejad M, Handysides R, Khademi AA, Bakland LK. Clinical implications of the smear layer in endodontics: a review. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* déc 2002;94(6):658-66.
32. Mader CL, Baumgartner JC, Peters DD. Scanning electron microscopic investigation of the smeared layer on root canal walls. *J Endod.* oct 1984;10(10):477-83.

33. Hulsmann M, Hahn W. Complications during root canal irrigation - literature review and case reports. *Int Endod J.* mai 2000;33(3):186-93.
34. Siqueira JF, De Uzeda M, Fonseca MEF. A scanning electron microscopic evaluation of in vitro dentinal tubules penetration by selected anaerobic bacteria. *J Endod.* juin 1996;22(6):308-10.
35. Sen BH, Piskin B, Demirci T. Observation of bacteria and fungi in infected root canals and dentinal tubules by SEM. *Dent Traumatol.* févr 1995;11(1):6-9.
36. Sen BH, Wesselink PR, Türkün M. The smear layer: a phenomenon in root canal therapy. *Int Endod J.* mai 1995;28(3):141-8.
37. Bronnec F, Bouillaguet S, Machtou P. Ex vivo assessment of irrigant penetration and renewal during the final irrigation regimen: Irrigant turnover during the final irrigation regimen. *Int Endod J.* 11 mai 2010;43(8):663-72.
38. Senia ES, Marshall FJ, Rosen S. The solvent action of sodium hypochlorite on pulp tissue of extracted teeth. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* janv 1971;31(1):96-103.
39. Chow TW. Mechanical effectiveness of root canal irrigation. *J Endod.* nov 1983;9(11):475-9.
40. Hsieh YD, Gau CH, Kung Wu SF, Shen EC, Hsu PW, Fu E. Dynamic recording of irrigating fluid distribution in root canals using thermal image analysis. *Int Endod J.* janv 2007;40(1):11-7.
41. fiche_butm_traitement_endodontique.pdf [Internet]. [cité 14 avr 2020]. Disponible sur: https://www.has-sante.fr/upload/docs/application/pdf/2009-01/fiche_butm_traitement_endodontique.pdf
42. Haapasalo HK, Siren EK, Waltimo TMT, Orstavik D, Haapasalo MPP. Inactivation of local root canal medicaments by dentine: an in vitro study. *Int Endod J.* mars 2000;33(2):126-31.
43. Kahn FH, Rosenberg PA, Gliksberg J. An in vitro evaluation of the irrigating characteristics of ultrasonic and subsonic handpieces and irrigating needles and probes. *J Endod.* mai 1995;21(5):277-80.
44. Boutsioukis C, Verhaagen B, Versluis M, Kastrinakis E, Wesselink PR, van der Sluis LWM. Evaluation of irrigant flow in the root canal using different needle types by an unsteady computational fluid dynamics model. *J Endod.* mai 2010;36(5):875-9.
45. Huang T-Y, Gulabivala K, Ng Y-L. A bio-molecular film ex-vivo model to evaluate the influence of canal dimensions and irrigation variables on the efficacy of irrigation. *Int Endod J.* 4 oct 2007;0(0):071004025308004-???
46. Prévention du risque chimique - Hypochlorite de sodium [Internet]. [cité 21 avr 2020]. Disponible sur: <https://www.prc.cnrs.fr/spip.php?rubrique18>
47. Haapasalo M, Endal U, Zandi H, Coil JM. Eradication of endodontic infection by instrumentation and irrigation solutions. *Endod Top.* mars 2005;10(1):77-102.
48. McDonnell G, Russell AD. Antiseptics and Disinfectants: Activity, Action, and Resistance. *CLIN MICROBIOL REV.* 1999;12:34.
49. Zehnder M. Root canal irrigants. *J Endod.* mai 2006;32(5):389-98.

50. Pashley EL, Birdsong NL, Bowman K, Pashley DH. Cytotoxic Effects of NaOCl on Vital Tissue Efecto Citotoxico del NaOCl en el Tejido Vital. :4.
51. Waltimo TMT, Orstavik D, Siren EK, Haapasalo MPP. In vitro susceptibility of *Candida albicans* to four disinfectants and their combinations. *Int Endod J.* nov 1999;32(6):421-9.
52. Vianna ME, Gomes BPFA, Berber VB, Zaia AA, Ferraz CCR, de Souza-Filho FJ. In vitro evaluation of the antimicrobial activity of chlorhexidine and sodium hypochlorite. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endodontology.* janv 2004;97(1):79-84.
53. Gomes BPFA, Ferraz CCR, M. E. V, Berber VB, Teixeira FB, Souza-Filho FJ. In vitro antimicrobial activity of several concentrations of sodium hypochlorite and chlorhexidine gluconate in the elimination of *Enterococcus faecalis*. *Int Endod J.* sept 2001;34(6):424-8.
54. Christensen CE, McNeal SF, Eleazer P. Effect of Lowering the pH of Sodium Hypochlorite on Dissolving Tissue in Vitro. *J Endod.* avr 2008;34(4):449-52.
55. Byström A, Sunqvist G. The antibacterial action of sodium hypochlorite and EDTA in 60 cases of endodontic therapy. *Int Endod J.* janv 1985;18(1):35-40.
56. Grossman LI, Meiman BW. Solution of Pulp Tissue by Chemical Agents. *J Am Dent Assoc.* févr 1941;28(2):223-5.
57. Naenni N, Thoma K, Zehnder M. Soft Tissue Dissolution Capacity of Currently Used and Potential Endodontic Irrigants. *J Endod.* nov 2004;30(11):785-7.
58. Okino LA, Siqueira EL, Santos M, Bombana AC, Figueiredo JAP. Dissolution of pulp tissue by aqueous solution of chlorhexidine digluconate and chlorhexidine digluconate gel. *Int Endod J.* janv 2004;37(1):38-41.
59. Dunavant TR, Regan JD, Glickman GN, Solomon ES, Honeyman AL. Comparative Evaluation of Endodontic Irrigants against *Enterococcus faecalis* Biofilms. *J Endod.* juin 2006;32(6):527-31.
60. Clegg MS, Vertucci FJ, Walker C, Belanger M, Britto LR. The Effect of Exposure to Irrigant Solutions on Apical Dentin Biofilms In Vitro. *J Endod.* mai 2006;32(5):434-7.
61. Mohammadi Z, Abbott PV. The properties and applications of chlorhexidine in endodontics. *Int Endod J.* avr 2009;42(4):288-302.
62. Clarkson RM, Moule AJ. Sodium hypochlorite and its use as an endodontic irrigant. *Aust Dent J.* août 1998;43(3):250-6.
63. Guivarc'h M, Ordioni U, Ahmed HMA, Cohen S, Catherine J-H, Bukiet F. Sodium Hypochlorite Accident: A Systematic Review. *J Endod.* janv 2017;43(1):16-24.
64. Hatton J, Walsh S, Wilson A. Management of the sodium hypochlorite accident: a rare but significant complication of root canal treatment. *BMJ Case Rep.* 25 mars 2015;2015.
65. Chaugule VB, Panse AM, Gawali PN. Adverse Reaction of Sodium Hypochlorite during Endodontic Treatment of Primary Teeth. *Int J Clin Pediatr Dent.* 2015;8(2):153-6.
66. Kaufman AY, Keila S. Hypersensitivity to sodium hypochlorite. *J Endod.* mai 1989;15(5):224-6.

67. Tegginmani VS, Chawla VL, Kahate MM, Jain VS. Hypochlorite accident - A case report. :6.
68. Abuhaimed TS, Abou Neel EA. Sodium Hypochlorite Irrigation and Its Effect on Bond Strength to Dentin. *BioMed Res Int* [Internet]. 2017 [cité 13 déc 2019];2017. Disponible sur: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5585644/>
69. Stevens CD. Immediate shear bond strength of resin cements to sodium hypochlorite-treated dentin. *J Endod*. sept 2014;40(9):1459-62.
70. Vongphan N, Senawongse P, Somsiri W, Harnirattisai C. Effects of sodium ascorbate on microtensile bond strength of total-etching adhesive system to NaOCl treated dentine. *J Dent*. sept 2005;33(8):689-95.
71. Gomes BPFA, Vianna ME, Zaia AA, Almeida JFA, Souza-Filho FJ, Ferraz CCR. Chlorhexidine in Endodontics. *Braz Dent J*. avr 2013;24(2):89-102.
72. Kandaswamy D, Venkateshbabu N. Root canal irrigants. *J Conserv Dent JCD*. 2010;13(4):256-64.
73. Russell AD, Day MJ. Antibacterial activity of chlorhexidine. *J Hosp Infect*. déc 1993;25(4):229-38.
74. Siqueira JF, Sen BH. Fungi in endodontic infections. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. mai 2004;97(5):632-41.
75. Waltimo TMT, Haapasalo M, Zehnder M, Meyer J. Clinical aspects related to endodontic yeast infections. *Endod Top*. nov 2004;9(1):66-78.
76. Mohammadi Z, Jafarzadeh H, Shalavi S. Antimicrobial efficacy of chlorhexidine as a root canal irrigant: a literature review. *J Oral Sci*. 2014;56(2):99-103.
77. White RR, Hays GL, Janer LR. Residual antimicrobial activity after canal irrigation with chlorhexidine. *J Endod*. avr 1997;23(4):229-31.
78. Khademi A ali, Mohammadi Z, Havaee A. Evaluation of the antibacterial substantivity of several intra-canal agents. *Aust Endod J*. déc 2006;32(3):112-5.
79. Rosenthal S, Spångberg L, Safavi K. Chlorhexidine substantivity in root canal dentin. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 1 nov 2004;98:488-92.
80. Tatnall FM, Leigh IM, Gibson JR. Comparative Study of Antiseptic Toxicity on Basal Keratinocytes, Transformed Human Keratinocytes and Fibroblasts. *Skin Pharmacol Physiol*. 1990;3(3):157-63.
81. Krautheim AB, Jermann THM, Bircher AJ. Chlorhexidine anaphylaxis: case report and review of the literature. *Contact Dermatitis*. mars 2004;50(3):113-6.
82. Prado M, Santos Júnior HM, Rezende CM, Pinto AC, Faria RB, Simão RA, et al. Interactions between Irrigants Commonly Used in Endodontic Practice: A Chemical Analysis. *J Endod*. avr 2013;39(4):505-10.
83. Rossi-Fedele G, Doğramacı EJ, Guastalli AR, Steier L, Poli de Figueiredo JA. Antagonistic Interactions between Sodium Hypochlorite, Chlorhexidine, EDTA, and Citric Acid. *J Endod*. avr 2012;38(4):426-31.

84. Basrani BR, Manek S, Sodhi RNS, Fillery E, Manzur A. Interaction between Sodium Hypochlorite and Chlorhexidine Gluconate. *J Endod.* août 2007;33(8):966-9.
85. Hülsmann M, Heckendorff M, Lennon Á. Chelating agents in root canal treatment: mode of action and indications for their use. *Int Endod J.* 2003;36(12):810-30.
86. McComb D, Smith DC. A preliminary scanning electron microscopic study of root canals after endodontic procedures. *J Endod.* 1 juill 1975;1(7):238-42.
87. Herrera DR, Santos ZT, Tay LY, Silva EJ, Loguercio AD, Gomes BPFA. Efficacy of different final irrigant activation protocols on smear layer removal by EDTA and citric acid: Activation Protocols On Smear Layer Removal. *Microsc Res Tech.* avr 2013;76(4):364-9.
88. Hottel TL, El-Refai NY, Jones JJ. A comparison of the effects of three chelating agents on the root canals of extracted human teeth. *J Endod.* nov 1999;25(11):716-7.
89. Machado R, Garcia L da FR, da Silva Neto UX, Cruz Filho A de M da, Silva RG, Vansan LP. Evaluation of 17% EDTA and 10% citric acid in smear layer removal and tubular dentin sealer penetration. Perry G, éditeur. *Microsc Res Tech.* mars 2018;81(3):275-82.
90. OConnell M, Morgan L, Beeler W, Baumgartner J. A Comparative Study of Smear Layer Removal Using Different Salts of EDTA. *J Endod.* déc 2000;26(12):739-43.
91. Mello I, Robazza CRC, Antoniazzi JH, Coil J. Influence of different volumes of EDTA for final rinse on smear layer removal. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endodontology.* nov 2008;106(5):e40-3.
92. Zehnder M, Schmidlin P, Sener B, Waltimo T. Chelation in Root Canal Therapy Reconsidered. *J Endod.* nov 2005;31(11):817-20.
93. Baumgartner JC, Mader CL. A scanning electron microscopic evaluation of four root canal irrigation regimens. *J Endod.* 1 avr 1987;13(4):147-57.
94. Chandler N, Chellappa D. Lubrication during root canal treatment. *Aust Endod J.* avr 2019;45(1):106-10.
95. Larrieu RB. Substitut dentinaire: existe-t-il un matériau biomimétique? :83.
96. Patterson SS. In vivo and in vitro studies of the effect of the disodium salt of ethylenediamine tetra-acetate on human dentine and its endodontic implications. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* janv 1963;16(1):83-103.
97. Torabinejad M, Khademi A, Babagoli J, Cho Y, Johnson W, Bozhilov K, et al. A New Solution for the Removal of the Smear Layer. *J Endod.* mars 2003;29(3):170-5.
98. Calt S, Serper A. Time-Dependent Effects of EDTA on Dentin Structures. *J Endod.* janv 2002;28(1):17-9.
99. Grawehr M, Sener B, Waltimo T, Zehnder M. Interactions of ethylenediamine tetraacetic acid with sodium hypochlorite in aqueous solutions. *Int Endod J.* juin 2003;36(6):411-5.
100. Loel DA. Use of acid cleanser in endodontic therapy. *J Am Dent Assoc.* 1 janv 1975;90(1):148-51.

101. Malheiros CF, Marques MM, Gavini G. In vitro evaluation of the cytotoxic effects of acid solutions used as canal irrigants. *J Endod.* oct 2005;31(10):746-8.
102. Yamaguchi M, Yoshida K, Suzuki R, Nakamura H. Root canal irrigation with citric acid solution. *J Endod.* janv 1996;22(1):27-9.
103. Di Lenarda R, Cadenaro M, Sbaizero O. Effectiveness of 1 mol L-1 citric acid and 15% EDTA irrigation on smear layer removal. *Int Endod J.* janv 2000;33(1):46-52.
104. Baumgartner JC, Brown CM, Mader CL, Peters DD, Shulman JD. A scanning electron microscopic evaluation of root canal debridement using saline, sodium hypochlorite, and citric acid. *J Endod.* nov 1984;10(11):525-31.
105. Torabinejad M, Shabahang S, Aprecio RM, Kettering JD. The antimicrobial effect of MTAD: an in vitro investigation. *J Endod.* juin 2003;29(6):400-3.
106. Newberry BM, Shabahang S, Johnson N, Aprecio RM, Torabinejad M. The antimicrobial effect of biopure MTAD on eight strains of *Enterococcus faecalis*: an in vitro investigation. *J Endod.* nov 2007;33(11):1352-4.
107. Kho P, Baumgartner J. A comparison of the antimicrobial efficacy of NaOCl/Biopure MTAD versus NaOCl/EDTA against *Enterococcus faecalis*. *J Endod.* 1 août 2006;32:652-5.
108. Johal S, Baumgartner JC, Marshall JG. Comparison of the antimicrobial efficacy of 1.3% NaOCl/BioPure MTAD to 5.25% NaOCl/15% EDTA for root canal irrigation. *J Endod.* janv 2007;33(1):48-51.
109. Mohammadi Z, Asgary S. A Comparative Study of Antifungal Activity of Endodontic Irrigants. *Iran Endod J.* 2015;10(2):144-7.
110. Baker PJ, Evans RT, Coburn RA, Genco RJ. Tetracycline and its derivatives strongly bind to and are released from the tooth surface in active form. *J Periodontol.* oct 1983;54(10):580-5.
111. Wikesjö UME, Baker PJ, Christlsson LA, Genco RJ, Lyall RM, Hic S, et al. A biochemical approach to periodontal regeneration: Tetracycline treatment conditions dentin surfaces. *J Periodontal Res.* juill 1986;21(4):322-9.
112. Zhang W, Torabinejad M, Li Y. Evaluation of cytotoxicity of MTAD using the MTT-tetrazolium method. *J Endod.* oct 2003;29(10):654-7.
113. Yasuda Y, Tatematsu Y, Fujii S, Maeda H, Akamine A, Torabinejad M, et al. Effect of MTAD on the differentiation of osteoblast-like cells. *J Endod.* févr 2010;36(2):260-3.
114. Torabinejad M, Cho Y, Khademi AA, Bakland LK, Shabahang S. The effect of various concentrations of sodium hypochlorite on the ability of MTAD to remove the smear layer. *J Endod.* avr 2003;29(4):233-9.
115. Andrabi SM-U-N, Kumar A, Zia A, Iftekhar H, Alam S, Siddiqui S. Effect of passive ultrasonic irrigation and manual dynamic irrigation on smear layer removal from root canals in a closed apex in vitro model. *J Investig Clin Dent.* août 2014;5(3):188-93.
116. Caron G, Nham K, Bronnec F, Machtou P. Effectiveness of different final irrigant activation protocols on smear layer removal in curved canals. *J Endod.* août 2010;36(8):1361-6.

117. McGill S, Gulabivala K, Mordan N, Ng Y-L. The efficacy of dynamic irrigation using a commercially available system (RinsEndo[®]) determined by removal of a collagen 'bio-molecular film' from an ex vivo model. *Int Endod J.* juill 2008;41(7):602-8.
118. Moorer WR, Wesselink PR. Factors promoting the tissue dissolving capability of sodium hypochlorite. *Int Endod J.* oct 1982;15(4):187-96.
119. Saber SE-D, Hashem AAR. Efficacy of different final irrigation activation techniques on smear layer removal. *J Endod.* sept 2011;37(9):1272-5.
120. Martin D, Bronnec F. Activation des solutions d'irrigation. 2017;7.
121. Les appareils à ultrasons et les soins dentaires [Internet]. LEFILDENTAIRE magazine dentaire. 2008 [cité 28 août 2020]. Disponible sur: <https://www.lefildentaire.com/articles/pratique/ergonomie-materiel/les-appareils-a-ultrasons-et-les-soins-dentaires/>
122. Shen Y, Stojicic S, Qian W, Olsen I, Haapasalo M. The synergistic antimicrobial effect by mechanical agitation and two chlorhexidine preparations on biofilm bacteria. *J Endod.* janv 2010;36(1):100-4.
123. Desai P, Himel V. Comparative safety of various intracanal irrigation systems. *J Endod.* avr 2009;35(4):545-9.
124. Paragliola R, Franco V, Fabiani C, Mazzoni A, Nato F, Tay FR, et al. Final rinse optimization: influence of different agitation protocols. *J Endod.* févr 2010;36(2):282-5.
125. Jiang L-M, Verhaagen B, Versluis M, van der Sluis LWM. Evaluation of a sonic device designed to activate irrigant in the root canal. *J Endod.* janv 2010;36(1):143-6.
126. Uroz-Torres D, González-Rodríguez MP, Ferrer-Luque CM. Effectiveness of the EndoActivator System in removing the smear layer after root canal instrumentation. *J Endod.* févr 2010;36(2):308-11.
127. Richman M. The use of ultrasonics in root canal therapy and root resection. 1957;
128. Tronstad L, Niemczyk SP. Efficacy and safety tests of six automated devices for root canal instrumentation. *Dent Traumatol.* déc 1986;2(6):270-6.
129. Walmsley AD, Murgel C, Krell KV. Canal markings produced by endosonic instruments. *Dent Traumatol.* avr 1991;7(2):84-9.
130. Jensen SA, Walker TL, Hutter JW, Nicoll BK. Comparison of the cleaning efficacy of passive sonic activation and passive ultrasonic activation after hand instrumentation in molar root canals. *J Endod.* nov 1999;25(11):735-8.
131. van der Sluis LWM, Versluis M, Wu MK, Wesselink PR. Passive ultrasonic irrigation of the root canal: a review of the literature. *Int Endod J.* juin 2007;40(6):415-26.
132. Lee S-J, Wu M-K, Wesselink PR. The effectiveness of syringe irrigation and ultrasonics to remove debris from simulated irregularities within prepared root canal walls. *Int Endod J.* oct 2004;37(10):672-8.

133. Sabins RA, Johnson JD, Hellstein JW. A comparison of the cleaning efficacy of short-term sonic and ultrasonic passive irrigation after hand instrumentation in molar root canals. *J Endod.* oct 2003;29(10):674-8.
134. Alaçam T. Scanning electron microscpe study comparing the effecacy of endodontic irrigating systems. *Int Endod J.* nov 1987;20(6):287-94.
135. Eneide C, Castagnola R, Martini C, Grande NM, Bugli F, Patini R, et al. Antibiofilm Activity of Three Different Irrigation Techniques: An in Vitro Study. *Antibiotics.* sept 2019;8(3):112.
136. Urban K, Donnermeyer D, Schäfer E, Bürklein S. Canal cleanliness using different irrigation activation systems: a SEM evaluation. *Clin Oral Investig.* déc 2017;21(9):2681-7.
137. By AC. Rinsendo-A Unique Instrument for Root Canal Debridement | Inside Dentistry [Internet]. [cité 10 sept 2020]. Disponible sur: <https://www.aegisdentalnetwork.com/id/2007/05/rinsendo-a-unique-instrument-for-root-canal-debridement>
138. Dentrealmarket | Dürr Dental Rinsendo Kök Kanal Yıkama Cihazı [Internet]. [cité 10 sept 2020]. Disponible sur: <https://www.dentrealmarket.com/urun/rinsendo-kok-kanal-yikama-cihazi>
139. Hauser V, Braun A, Frentzen M. Penetration depth of a dye marker into dentine using a novel hydrodynamic system (RinsEndo®). *Int Endod J.* août 2007;40(8):644-52.
140. Rödig T, Sedghi M, Konietzschke F, Lange K, Ziebolz D, Hülsmann M. Efficacy of syringe irrigation, RinsEndo® and passive ultrasonic irrigation in removing debris from irregularities in root canals with different apical sizes: Removal of debris. *Int Endod J.* 8 juin 2010;43(7):581-9.
141. Webmaster. Les deux effets du laser Er-Yag microablatif et photoacoustique – laser-eryag.com [Internet]. [cité 8 nov 2020]. Disponible sur: <https://laser-eryag.com/article-les-deux-effets-du-laser-er-yag-microablatif-photoacoustique/>
142. Baudot F. Le laser Er-Yag [Internet]. LEFILDENTAIRE magazine dentaire. 2014 [cité 8 nov 2020]. Disponible sur: <https://www.lefildentaire.com/articles/clinique/omnipratique/le-laser-er-yag/>
143. Guex D. Irrigation en endodontie : si nous parlions d'Activation ? *Fil Dent.* févr 2014;90:20.
144. Korkut E, Torlak E, Gezgin O, Özer H, Şener Y. Antibacterial and Smear Layer Removal Efficacy of Er:YAG Laser Irradiation by Photon-Induced Photoacoustic Streaming in Primary Molar Root Canals: A Preliminary Study. *Photomed Laser Surg.* 14 juin 2018;36(9):480-6.
145. Akcay M, Arslan H, Mese M, Durmus N, Capar ID. Effect of photon-initiated photoacoustic streaming, passive ultrasonic, and sonic irrigation techniques on dentinal tubule penetration of irrigation solution: a confocal microscopic study. *Clin Oral Investig.* 1 sept 2017;21(7):2205-12.
146. Cheng X, Guan S, Lu H, Zhao C, Chen X, Li N, et al. Evaluation of the bactericidal effect of Nd:YAG, Er:YAG, Er,Cr:YSGG laser radiation, and antimicrobial photodynamic therapy (aPDT) in experimentally infected root canals. *Lasers Surg Med.* déc 2012;44(10):824-31.

147. Leonardi DP, Grande NM, Tomazinho FSF, Marques-da-Silva B, Gonzaga CC, Baratto-Filho F, et al. Influence of activation mode and preheating on intracanal irrigant temperature. *Aust Endod J*. déc 2019;45(3):373-7.
148. Iandolo A, Abdellatif D, Amato M, Pantaleo G, Blasi A, Franco V, et al. Dentinal tubule penetration and root canal cleanliness following ultrasonic activation of intracanal-heated sodium hypochlorite. *Aust Endod J J Aust Soc Endodontology Inc*. août 2020;46(2):204-9.
149. Macedo RG, Verhaagen B, Versluis M, van der Sluis L. Temperature evolution of preheated irrigant injected into a root canal *ex vivo*. *Clin Oral Investig*. déc 2017;21(9):2841-50.
150. de Hemptinne F, Slaus G, Vandendael M, Jacquet W, De Moor RJ, Bottenberg P. In Vivo Intracanal Temperature Evolution during Endodontic Treatment after the Injection of Room Temperature or Preheated Sodium Hypochlorite. *J Endod*. juill 2015;41(7):1112-5.
151. Lee MT, Bird PS, Walsh LJ. Photo-Activated Disinfection Of The Root Canal: A New Role For Lasers In Endodontics. *Aust Endod J*. déc 2004;30(3):93-8.
152. Bergmans L, Moisiadis P, Huybrechts B, Van Meerbeek B, Quirynen M, Lambrechts P. Effect of photo-activated disinfection on endodontic pathogens *ex vivo*. *Int Endod J*. mars 2008;41(3):227-39.
153. Bonsor SJ, Nichol R, Reid TMS, Pearson GJ. Microbiological evaluation of photo-activated disinfection in endodontics (An *in vivo* study). *Br Dent J*. mars 2006;200(6):337-41.
154. Schlafer S, Vaeth M, Hørsted-Bindslev P, Frandsen EVG. Endodontic photoactivated disinfection using a conventional light source: an *in vitro* and *ex vivo* study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. avr 2010;109(4):634-41.
155. Cartographie publique ONCD [Internet]. [cité 15 oct 2020]. Disponible sur: <http://www.ordre-chirurgiens-dentistes.fr/cartographie/>

Annexe

Annexe 1 : copie du questionnaire envoyé aux chirurgiens-dentistes français

L'activation des solutions d'irrigation en endodontie

Bonjour,

En cours de rédaction de thèse, je cherche à connaitre la place de l'activation des solutions d'irrigation dans la pratique des chirurgiens-dentistes français de nos jours.

Je vous remercie de m'accorder un peu de temps pour récolter un maximum de données concernant vos habitudes de pratique en endodontie.

***Obligatoire**

Quel âge avez-vous ? *

Votre réponse

Êtes-vous ? *

Un homme

Une femme

Combien d'années d'expérience avez-vous ? *

Votre réponse

Quelle est votre faculté d'origine ? *

- Lille
- Reims
- Nancy
- Strasbourg
- Paris V
- Paris VII
- Rennes
- Brest
- Nantes
- Bordeaux
- Clermont Ferrand
- Lyon
- Montpellier
- Marseille
- Toulouse
- Nice
- Autre :

Quel est votre département d'exercice ? (en toutes lettres) *

Votre réponse

Avez-vous un exercice : *

- Libéral
- Salarié

Avez- vous une activité : *

- Omnipratique
- Spécialisée

Quelle est la date de votre dernière formation en endodontie ? (année)

Votre réponse

Quelle est la fréquence de réalisation de vos soins endodontiques en cabinet ? *

- Moins de 5 par semaine
- Entre 5 et 10 par semaine
- Plus de 10 par semaine

Quelle technique de préparation utilisez-vous ? *

- Manuelle
- Mécanisée

Si vous utilisez une technique mécanisée, laquelle ?

- La rotation continue
- La réciprocité
- Autre :

Quelle(s) solution(s) d'irrigation utilisez-vous lors de vos traitements endodontiques ? (plusieurs choix possibles) *

- L'hypochlorite de sodium
- L'EDTA
- La chlorhexidine
- Autre :

Quel type d'hypochlorite utilisez-vous ?

- hypochlorite du commerce à 2,5%
- hypochlorite du commerce à 5,25%
- hypochlorite "maison" pour laquelle vous faites la dilution
- Autre :

Si vous réalisez votre hypochlorite "maison", à quelle concentration ?

Votre réponse

Connaissez vous le principe d'activation des solutions d'irrigation ? *

- Oui
- Non

Votre apprentissage de cette pratique a eu lieu lors :

- De votre formation initiale
- D'une formation continue

Utilisez-vous un moyen d'activation des solutions d'irrigation ? *

- Oui
- Non

Si oui, lequel ? (Plusieurs choix possibles)

- Technique manuelle avec un cône de Gutta Percha
- Chauffage de la solution d'irrigation
- Activation sonique
- Activation ultrasonique
- Activation hydrodynamique
- Photo activation
- Laser Er-Yag
- Autre :

Pour quelle(s) raison(s) utilisez vous cette technique ?

Votre réponse

Si non, avez-vous prévu de vous former/d'utiliser dans un futur proche une des techniques d'activation existantes ?

Oui

Non

Si vous ne connaissiez pas l'activation des solutions d'irrigation, ce sondage va-t-il vous inciter à vous renseigner ?

Oui

Non

N° 2021 LYO 1D 004
VIEUX pauline - L'activation des solutions d'irrigation en endodontie : où en est la profession ?
<u>Résumé :</u>
<p>La potentialisation des solutions d'irrigation est une étape clé lors d'un traitement endodontique.</p> <p>La réussite de ces traitements dépend principalement de l'action antibactérienne réalisée grâce à l'utilisation de solutions d'irrigation antiseptiques. La potentialisation de ces solutions va permettre d'accroître leurs effets, assurant une désinfection efficace du réseau canalaire.</p> <p>Aujourd'hui, en France, les praticiens réalisent en moyenne entre cinq et dix traitements endodontiques par semaine. Il est donc intéressant de se pencher sur les pratiques des chirurgiens-dentistes français et leurs protocoles d'irrigation lors des traitements endodontiques.</p>
<u>Mots clés :</u> <ul style="list-style-type: none"> Endodontie Solutions d'irrigation Activation Statistiques
<u>Jury :</u> <p>Président : Monsieur le Professeur Cyril VILLAT</p> <p>Assesseur : Monsieur le Professeur Jean-Christophe MAURIN</p> <p>Monsieur le Docteur Christophe JEANNIN</p> <p>Monsieur le Docteur Julien MACADRE</p>
<u>Adresse de l'auteur :</u> <p>VIEUX Pauline</p> <p>2 Rue Charles Baudelaire</p> <p>69002 LYON</p>