

Année : 2015

Thèse : 2015-TOU3-3011

THESE

POUR LE DIPLOME D'ETAT DE DOCTEUR EN CHIRURGIE DENTAIRE

Présentée et soutenue publiquement par

Amaury BEAUGENDRE

Le 06 Février 2015

**LE NETTOYAGE CANALAIRE.
ETUDES AU MICROSCOPE ELECTRONIQUE A BALAYAGE :
ENDONEEDLE vs CLEANJET ENDO ET U108 vs HEROSHAPER.**

Directeur de thèse : Dr Franck DIEMER

JURY

Président	Professeur Cathy NABET
Assesseur	Docteur Franck DIEMER
Assesseur	Docteur Marie GEORGELIN-GURGEL
Assesseur	Docteur Mélanie DEDIEU



UNIVERSITE TOULOUSE III – PAUL SABATIER
FACULTE DE CHIRURGIE DENTAIRE

Année : 2015

Thèse : 2015-TOU3-3011

THESE

POUR LE DIPLOME D'ETAT DE DOCTEUR EN CHIRURGIE DENTAIRE

Présentée et soutenue publiquement par

Amaury BEAUGENDRE

Le 06 Février 2015

LE NETTOYAGE CANALAIRE.
ETUDES AU MICROSCOPE ELECTRONIQUE A BALAYAGE :
ENDONEEDLE Vs CLEANJET ENDO ET U108 Vs HEROSHAPER.

Directeur de thèse : Dr Franck DIEMER

JURY

Président	Professeur Cathy NABET
Assesseur	Docteur Franck DIEMER
Assesseur	Docteur Marie GEORGELIN-GURGEL
Assesseur	Docteur Mélanie DEDIEU





Faculté de Chirurgie Dentaire



➔ DIRECTION

ADMINISTRATEUR PROVISoire

Mr Hugues CHAP

ASSESSEURS DU DOYEN

• ENSEIGNANTS :

Mr CHAMPION Jean

Mr HAMEL Olivier

Mr POMAR Philippe

• PRÉSIDENTE DU COMITÉ SCIENTIFIQUE

Mme GRIMOUD Anne-Marie

• ÉTUDIANT :

Mr HAURET-CLOS Mathieu

CHARGÉS DE MISSION

Mr PALOUDIER Gérard

Mr AUTHER Alain

RESPONSABLE ADMINISTRATIF

Mme MORICE Marie-Christine

➔ HONORARIAT

DOYENS HONORAIRES

Mr LAGARRIGUE Jean +

Mr LODTER Jean-Philippe

Mr PALOUDIER Gérard

Mr SOULET Henri

➔ ÉMÉRITAT

Mme GRÉGOIRE Geneviève

Mr PALOUDIER Gérard

➔ PERSONNEL ENSEIGNANT

56.01 PÉDODONTIE

Chef de la sous-section :

Professeur d'Université :

Maîtres de Conférences :

Assistants :

Chargés d'Enseignement :

Mr VAYSSE

Mme BAILLEUL-FORESTIER

Mme NOIRRIT-ESCLASSAN, Mr VAYSSE

Mme DARIES, Mr MARTY

Mr DOMINÉ

56.02 ORTHOPÉDIE DENTO-FACIALE

Chef de la sous-section :

Maîtres de Conférences :

Assistants :

Chargés d'Enseignement :

Mr BARON

Mr BARON, Mme LODTER, Mme MARCHAL-SIXOU, Mr ROTENBERG,

Mme ELICEGUI, Mme OBACH-DEJEAN, Mme YAN-VERGNES

Mme MECHRAOUI, Mr MIQUEL

56.03 PRÉVENTION, ÉPIDÉMIOLOGIE, ÉCONOMIE DE LA SANTÉ, ODONTOLOGIE LÉGALE

Chef de la sous-section :

Professeur d'Université :

Maître de Conférences :

Assistant :

Chargés d'Enseignement :

Mr HAMEL

Mme NABET, Mr PALOUDIER, Mr SIXOU

Mr HAMEL, Mr VERGNES

Mlle BARON

Mr DURAND, Mr PARAYRE

57.01 PARODONTOLOGIE***Chef de la sous-section :*** ***Mr BARTHET***

Maîtres de Conférences : Mr BARTHET, Mme DALICIEUX-LAURENCIN

Assistants : Mr MOURGUES, Mme VINEL

Chargés d'Enseignement : Mr CALVO, Mr LAFFORGUE, Mr SANCIER

57.02 CHIRURGIE BUCCALE, PATHOLOGIE ET THÉRAPEUTIQUE, ANESTHÉSIOLOGIE ET RÉANIMATION***Chef de la sous-section :*** ***Mr CAMPAN***

Professeur d'Université : Mr DURAN

Maîtres de Conférences : Mr CAMPAN, Mr COURTOIS, Mme COUSTY

Assistants : Mme BOULANGER, Mme CROS, Mr EL KESRI

Chargés d'Enseignement : Mr FAUXPOINT, Mr L'HOMME, Mme LABADIE

57.03 SCIENCES BIOLOGIQUES (BIOCHIMIE, IMMUNOLOGIE, HISTOLOGIE, EMBRYOLOGIE, GÉNÉTIQUE, ANATOMIE PATHOLOGIQUE, BACTÉRIOLOGIE, PHARMACOLOGIE)***Chef de la sous-section :*** ***Mr KÉMOUN***

Professeurs d'Université : Mme DUFFAUT

Maîtres de Conférences : Mme GRIMOUD, Mr KEMOUN, Mr POULET

Assistants : Mr BARRAGUÉ, Mme DUBOSC, Mme PESUDO, Mme SOUBIELLE

Chargés d'Enseignement : Mr BLASCO-BAQUE, Mr SIGNAT, Mme VALERA

58.01 ODONTOLOGIE CONSERVATRICE, ENDODONTIE***Chef de la sous-section :*** ***Mr GUIGNES***

Maîtres de Conférences : Mr DIEMER, Mr GUIGNES, Mme GURGEL-GEORGELIN, Mme MARET-COMTESSE

Assistants : Mr ARCAUTE, Mr BONIN, Mr BUORO, Mme DEDIEU, Mme DUEYMES, Mr MICHETTI

Chargés d'Enseignement : Mr BALGUERIE, Mr ELBEZE, Mr MALLET

58.02 PROTHÈSES (PROTHÈSE CONJOINTE, PROTHÈSE ADJOINTE PARTIELLE, PROTHÈSE COMPLÈTE, PROTHÈSE MAXILLO-FACIALE)***Chef de la sous-section :*** ***Mr CHAMPION***

Professeurs d'Université : Mr ARMAND, Mr POMAR

Maîtres de Conférences : Mr BLANDIN, Mr CHAMPION, Mr ESCLASSAN, Mme VIGARIOS

Assistants : Mr CHABRERON, Mr GALIBOURG, Mr HOBEILAH, Mr KNAFO, Mme SELVA

Chargés d'Enseignement : Mr BOGHANIM, Mr DESTRUHAUT, Mr FLORENTIN, Mr FOLCH, Mr GHRENASSIA, Mme LACOSTE-FERRE, Mr POGEANT, Mr RAYNALDY, Mr GINESTE

58.03 SCIENCES ANATOMIQUES ET PHYSIOLOGIQUES, OCCLUSODONTIQUES, BIOMATÉRIAUX, BIOPHYSIQUE, RADIOLOGIE***Chef de la sous-section :*** ***Mme JONIOT***

Professeur d'Université : Mme GRÉGOIRE

Maîtres de Conférences : Mme JONIOT, Mr NASR

Assistants : Mr CANIVET, Mme GARNIER, Mr MONSARRAT

Chargés d'Enseignement : Mr AHMED, Mme BAYLE-DELANNÉE, Mr ETIENNE, Mme MAGNE, Mr TREIL, Mr VERGÉ

*L'université Paul Sabatier déclare n'être pas responsable des opinions émises par les candidats.
(Délibération en date du 12 Mai 1891).*

Mise à jour au 1^{er} janvier 2015

Remerciements

A ma famille

A mes parents, pour votre soutien et votre amour sans faille. Je ne saurai vous remercier assez pour tout ce que vous m'avez apporté dans la vie, pour vos valeurs qui me guident et me guideront toujours.

A mes frères, pour votre présence au quotidien malgré la distance. Nos différences nous rendent complémentaires et nous permettent des débats houleux mais passionnants ! Merci à vous !

A mes grands-parents pour votre soutien inconditionnel et votre accompagnement depuis mon plus jeune âge.

A Nield, pour nos belles discussions, nos beaux voyages... Et ce n'est qu'un début !

A Amina, Maeva et Candice.

A mes amis

A Bertille, pour ces magnifiques années depuis notre seconde, nos fous rires, nos échanges sans fin, nos allers retours Toulouse-Bordeaux, nos soirées (du fluo au réveillon)... Merci d'être toujours là pour moi maître Grig'.

A Julien, pour tout ce qu'on a vécu ensemble, et y'en a eu ! Des soirées destruction à la semaine berlinoise, je passe toujours des moments magiques avec toi. Merci mon gros Juju !

A Hadrien, avec qui je partage tant de choses, de nos études à ces forts moments associatifs. Après toutes ces années, tu es toujours là pour nous et même si on ne comprend pas tout, c'est aussi pour ça qu'on t'aime !

A Laure, mon bichon, mon pilier depuis la p1, mes études n'auraient clairement pas été les mêmes sans toi ! Merci pour tout, ne change rien, et surtout pas ton « blond vénitien ».

A Cécile D, pour ces deux années passées ensemble, tu as permis de les rendre moins difficiles, et pour toutes celles à venir.

A Albanie (si si la famille), pour ces expériences incroyables que l'on vit ensemble, merci pour tout ce que tu m'apportes.

A Joffrey, pour nos débats, nos soirées, nos fous rires, nos engueulades, notre relation si particulière et si forte. C'est impossible de décrire tout ça en quelques lignes, alors merci pour tout.

A Gaillou, toujours là pour les copains, pour tous ces moments formidables passés avec toi.

A Arnaud, mon binôme. Je n'oublierais jamais tout ce qu'on a vécu et appris ensemble, merci d'avoir été mon plus grand soutien pendant toutes ces années de clinique.

A Anaïs, pour notre complicité et notre relation privilégiée dans les bons moments comme dans les mauvais.

A VaKoune, pour me faire toujours autant rire.

A Eli, pour tous ces beaux souvenirs, merci Asia !

A mon Cubi, car je serais toujours là pour t'envoyer des signaux de fumée.

A Z, pour tous ces moments enrichissants qu'on a pu partager.

A Anaïk, pour tous ces moments riches en émotions qu'on a vécu.

A Astrid, pour ton énergie et tes expressions mémorables.

A Florian, pour cette belle rencontre, ces histoires sans fin et nos commentaires cinglants.

A la Bouyss, pour ton caractère que j'aime tant.

A tous les copains et copines de promo pour ces six belles années ; Dien, Mélodie (Karl est fier que tu reviennes), Sophia (meeeerci), Kim, Lulu, Raph, Nico, Julie, Fanny, Vince, Clement, Noz, Fabas et tous les autres.

A ma Teuch, pour toutes les confidences que l'on partage, les voyages ratés, les jus de tomate et les debriefs essentiels.

A Gaby, pour tout ce que m'apporte notre grande amitié qui a débuté avant même d'être endentaire.

A tous les anciens ; Maman Elboff pour tout ce que tu m'as appris, Loïc (\$), Laeti, Jojo, Antoine, Fella, Castou, Sacha, Caro, Lucie (je crois que ton portail ne s'ouvre plus).

A tous les copains et copines des autres promos ; Camille (merci de rester désagréable sinon je ne te reconnais plus), Jachon (du pain et de la terrine feront l'affaire), J.B, Gummy Candy, la Gust', Jenny, Mina, Arnaud, Zozo (Toda raba ahi), MHC, Pierre ; et même des autres fac ; Julia, Cyril, Julie

Aux associations étudiantes que j'ai eu la chance de côtoyer ;

A l'AECDT, pour ces années incroyables, enrichissantes et intenses. Merci à tous ceux qui ont pris part à cette aventure (big up Ludo et Sansan).

A la FF47 pour nous avoir si bien aidé et si bien succédé ! Merci à Gomar pour nos après-midi plaid, Medhi, Martin, Poupouss, Verge, Laurent, Teuch (encore et toujours) que j'ai eu plaisir à fréquenter.

A la RF46 évidemment, la family, pour cette expérience que nous n'oublierons jamais ;

A Toinou, notre président, merci d'être toujours là pour nous même 2 ans après, pour tout ce qu'on a vécu ensemble, des congrès jusqu'au crit.

A Marion, sans toi j'aurais bien plus craqué avec cette bande de gosses ! Merci pour ton soutien, nous serons toujours là pour toi même dans les moments les plus douloureux.

A Hadri, n'exagérons pas, une dédicace suffit !

A Roche, mon poulet, merci pour ta présence sans faille, toutes tes blagues pas drôles et tes idées improbables.

A Damien, pour toutes ces paillettes que tu nous as envoyé !

A Grand Mat' pour t'être si bien occupé d'Hadrien (ou pas...)

A Paul, car plus que jamais, tu fais définitivement parti de la famille.

Je vous aime les enfants.

A notre président du jury,

Madame le Professeur CATHY NABET

- Professeur des Universités, Praticien hospitalier d'Odontologie,
- Docteur en Chirurgie Dentaire,
- Diplôme d'Etudes Approfondies de Santé Publique – Epidémiologie
- Docteur de l'Université Paris XI,
- Habilitation à Diriger des Recherches (HDR),
- Lauréate de la Faculté de Médecine,
- Lauréate de l'Université Paul Sabatier,
- Lauréate de l'Académie Nationale de Chirurgie Dentaire.

Nous vous sommes très reconnaissants d'avoir accepté la présidence de notre jury de thèse. Nous souhaitons vous remercier pour votre enseignement pratique et théorique ainsi que votre disponibilité durant l'ensemble de nos études. Soyez assurée de notre plus grand respect et de notre sincère gratitude.

A notre jury de thèse,

Monsieur le docteur FRANCK DIEMER

- Maître de Conférences des Universités, Praticien Hospitalier d'Odontologie,
- Docteur en Chirurgie Dentaire,
- D.E.A. de Pédagogie (Education, Formation et Insertion) Toulouse Le Mirail,
- Docteur de l'Université Paul Sabatier,
- Responsable du Diplôme Inter Universitaire d'Endodontie à Toulouse,
- Habilitation à diriger des recherches (H.D.R.),
- Lauréat de l'Université Paul Sabatier.

Nous souhaitons vous remercier d'avoir accepté de diriger cette thèse. Ce travail impliquant de longues et riches discussions n'aurait pu voir le jour sans votre implication et votre soutien. Ce fut un réel plaisir de travailler avec vous aussi bien sur ce projet que durant nos années d'études. Soyez certain de notre gratitude et de notre estime personnelle et professionnelle.

A notre jury de thèse,

Madame le docteur MARIE GEORGELIN-GURGEL

- Maître de Conférences des Universités, Praticien Hospitalier d'Odontologie,
- Docteur en Chirurgie Dentaire,
- Doctorat d'Université – Université d'Auvergne-Clermont I,
- Ancienne Interne des Hôpitaux,
- D.E.A. MASS Lyon III,
- Maîtrise des Sciences Biologiques et Médicales

Nous vous remercions d'avoir accepté de prendre part à notre jury de thèse. Merci pour votre dynamisme, votre bonne humeur et votre pédagogie qui ont accompagné nos années d'études. Vos connaissances et votre expérience sont pour nous source de respect et d'intérêt. Veuillez trouver dans cette thèse le témoignage de notre sympathie et de notre reconnaissance.

A notre jury de thèse,

Mademoiselle le Docteur MELANIE DEDIEU

- Assistante hospitalo-universitaire d’Odontologie,
- Docteur en Chirurgie Dentaire,
- Master 1 « Biosanté », mention Anthropologie, ethnologie et sociologie de la santé.

Nous sommes très honorés de vous compter parmi notre jury de thèse. Merci d’avoir pris part à ce projet et pour votre aide inestimable pour la réalisation de ce travail. En travaillant à vos cotés, nous avons bénéficié de vos qualités humaines et professionnelles. Que ce travail soit le témoignage de notre plus grande sympathie et de notre respect.

INTRODUCTION.....	14
PARTIE I : L'IRRIGATION EN ENDODONTIE	16
I. Les Moyens D'irrigation.....	17
I.1 Le système seringue-aiguille.....	17
I.1.1 Les seringues.....	17
I.1.1.1 Exemples de seringue Luer	18
I.1.1.2 Exemples de seringues Luer-Lock.....	19
I.1.2 Les aiguilles	20
I.1.2.1 Différents types d'aiguille	20
I.2 Le Système Ultrasonore	23
I.2.1 Principes	23
I.2.2 Dans la pratique endodontique.....	24
I.2.3 Efficacité.....	26
I.3 Les autres systèmes	27
I.3.1 L'Endoactivator (Dentsply)	27
I.3.2 EndoVac (système d'irrigation par pression négative)	28
I.3.3 Le RinsEndo (Dürr Dental)	30
I.3.4 Vibringe (Cavex).....	31
I.3.5 Les lasers	31
I.3.6 Système SAF (Self-Adjusting File).....	32
I.4 Un point sur la littérature.....	34
II. Les solutions d'irrigation.....	35
II.1 Cahier des charges de la solution d'irrigation.....	35
II.2 Rappels de bactériologie endodontique	36
II.2.1 Les infections endodontiques primaires.....	36
II.2.2 Les infections endodontiques secondaires	37
II.2.3 Les infections endodontiques persistantes.....	37
II.2.4 La notion de biofilm bactérien.....	37
II.2.5 La smear layer.....	39
II.3 L'Hypochlorite de sodium (NaOCl).....	39
II.3.1 Mode d'action.....	40
II.3.2 La concentration en chlore.....	40
II.3.3 Avantages.....	41
II.3.3.1 Action antibactérienne	41
II.3.3.2 Action protéolytique.....	42
II.3.3.3 Autres.....	42
II.3.4 Inconvénients.....	42
II.3.4.1 Cytotoxicité.....	42
II.3.4.2 Dommages sur les vêtements	44
II.3.4.3 L'instabilité de la solution	44

II.3.4.5 Absence d'action chélatante.....	44
II.4 La Chlorhexidine (CHX)	45
II.4.1 Mode d'action	45
II.4.2 Avantages.....	46
II.4.2.1 Action antibactérienne	46
II.4.2.2 Action antifongique.....	46
II.4.2.3 Son effet sur le biofilm	46
II.4.2.4 La Rémanence.....	47
II.4.3 Inconvénients.....	48
II.4.3.1 Pas d'action protéolytique	48
II.4.3.2 Allergie.....	48
II.4.3.3 Interaction avec le NaOCl	48
II.5 Les chélateurs	49
II.5.1 Ethylen Diamine Tetraacetic Acid (EDTA)	50
II.5.1.1 Mode d'action	50
II.5.1.2 Avantages	51
II.5.1.3 Inconvénients	52
II.5.2 L'acide citrique	53
II.5.2.1 Mode d'action	54
II.5.2.2 Avantages	54
II.5.2.3 Inconvénients	55
II.5.3 Le MTAD	55
II.5.3.1 Avantages	55
II.5.3.2 Inconvénients	56
II.5.4 Les autres solutions.....	57
II.5.4.1 L'eau et le sérum physiologique	57
II.5.4.2 Le peroxyde d'hydrogène (H ₂ O ₂)	57
II.5.4.3 Les Ammoniums quaternaires	58
II.5.4.4 Les dérivés iodés	59
II.5.4.5 L'ozone (O ₃).....	59
III. Le « gold standard » de l'irrigation à l'heure actuelle	60
III.1 Choix de l'irrigant principal.....	60
III.2 Protocole d'irrigation	61
PARTIE II : EXPERIMENTATION.....	63
I. Introduction.....	64
II. Matériels et méthode	64
II.1 Choix des échantillons.....	64
II.2 Préparation des échantillons.....	65
II.3 Irrigation des échantillons.....	67
II.3.1 CleanJet Endo	67

II.3.2 Système traditionnel seringue-aiguille.....	68
II.4 Acquisition au Microscope Electronique à Balayage (MEB).....	69
II.5 Analyse des acquisitions	70
II.6 Analyse statistique.....	73
III. Résultats	73
III.1 Résultats des témoins	73
III.2 Analyse statistique de l'étude 1 (groupe 1 à 3)	73
III.2.1 Analyse des observateurs.....	73
III.2.2 Analyse descriptive	74
III.2.3 Analyse des niveaux d'observation.....	75
III.2.3.1 Groupe 1 (CleanJet Endo)	75
III.2.3.2 Groupe 2 (Seringue-canule CleanJet Endo).....	76
III.2.3.3 Groupe 3 (Seringue-Endoneedle).....	77
III.3 Analyse statistique de l'étude 2 (groupe 3 et 4).....	78
III.3.1 Analyse des observateurs.....	78
III.3.2 Analyse descriptive	79
III.3.3 Analyse des niveaux d'observation.....	79
III.3.3.1 Groupe 3 (Préparation au U-Solution)	79
III.3.3.2 Groupe 4 (Préparation au Hero Shaper).....	79
IV. Discussion.....	80
IV.1 Discussion de l'étude 1	81
IV.2 Discussion de l'étude 2	82
V. Conclusion.....	82
CONCLUSION	83
BIBLIOGRAPHIE	85
Tables des illustrations.....	92

INTRODUCTION

La mise en forme canalaire est une étape essentielle du traitement endodontique afin d'éliminer le contenu canalaire et préparer les canaux à l'obturation. L'objectif est évidemment d'empêcher l'apparition ou les récurrences des parodontites apicales (59).

La majorité de la flore bactérienne sera éliminée par la préparation mécanique. L'apparition de la rotation continue a certes révolutionné la pratique mais les études ne se sont pas arrêtées là : plusieurs systèmes se sont développés, dont les limes rotatives à profil asymétrique.

Malgré tous ces progrès, la complexité du réseau canalaire radiculaire entraîne la présence de zones non instrumentées et/ou non instrumentales qui nous obligent à utiliser des solutions chimiques en complément (21, 59, 67).

L'irrigation en endodontie assure, au cours du traitement, l'antisepsie pour une utilisation régulière et abondante. On va rechercher par cet acte, en plus de la décontamination bactérienne, la lubrification canalaire et l'évacuation des débris organiques, minérales et de la smear layer (boue dentinaire) (59).

La préparation canalaire doit donc être considérée comme une préparation chimio-mécanique où les limites des instruments mécaniques seront palliées par les solutions d'irrigation (38).

Les laboratoires dentaires ont bien compris l'importance de l'irrigation canalaire et le marché regorge de systèmes d'irrigation différents censés potentialiser encore plus cette étape.

De nombreuses études sont également parties à la recherche de la solution d'irrigation « parfaite » : celle qui répondra à tous les critères d'efficacité et de biocompatibilité (27, 35, 52, 63).

Cette solution existe-t-elle vraiment ? Qu'apportent les nouveaux systèmes d'irrigation à la méthode seringue-aiguille traditionnelle ?

Dans un premier temps, nous aborderons :

- Les différents systèmes d'irrigation existant à ce jour.
- Les différentes solutions d'irrigation que nous pouvons utiliser.

La seconde partie, expérimentale, aura pour but d'évaluer l'efficacité d'un système d'irrigation prototype en spray (le CleanJet Endo) et d'un système de préparation rotative mono-instrumentale et asymétrique (le U-Solution).

PARTIE I :

L'IRRIGATION EN ENDODONTIE

L'irrigation est une étape essentielle du traitement endodontique. C'est elle qui permet l'antisepsie du canal. Elle est donc mise en place dès l'ouverture de la chambre pulpaire et jusqu'à l'obturation canalaire (21).

Les différentes anatomies des réseaux canaux endodontiques peuvent être très complexes, il sera donc impossible de réaliser une préparation mécanique de la totalité du réseau canalaire radiculaire (RCR). Pourtant il sera impératif de nettoyer la totalité de ce RCR dans le but d'avoir un nettoyage efficace et un succès de notre traitement endodontique. Pour cela l'irrigation est le complément nécessaire et obligatoire à la préparation rotative des canaux qui réduit jusqu'à 90% le nombre de bactéries dans les zones instrumentées mais n'a pas d'effet dans les zones non instrumentées et non instrumentales (21).

I. Les Moyens D'irrigation

A ce jour il existe de nombreux systèmes d'irrigation différents. Nous allons décrire dans un premier temps le plus courant, le système seringue-aiguille, avant de détailler des moyens plus récents tels que l'utilisation des ultrasons, des lasers, ou encore le système EndoVac.

I.1 Le système seringue-aiguille

L'irrigation canalaire avec une seringue et une aiguille reste encore à l'heure actuelle la procédure la plus courante (13).

I.1.1 Les seringues

Une seringue est constituée d'au moins deux éléments : un piston et un corps de pompe cylindrique. Le corps est le plus souvent gradué, nous renseignant sur la quantité de liquide qu'il contient, et se termine par un embout (central ou excentré, lisse ou muni d'un pas de vis) pouvant accueillir une aiguille afin d'injecter le liquide dans des tissus, vaisseaux, cavités naturelles...(42)

Il existe plusieurs capacités de seringue selon l'usage que l'on souhaite en faire, généralement de 0,5mL à 60mL. On en trouve en verre pouvant être réutilisée ou en plastique (polypropylène, polycarbonate,...) à usage unique (12, 42).

La seringue est dite « 2 pièces » lorsque le piston se termine en plateau. Le piston et la tête sont ainsi d'un seul tenant. Elle est dite « 3 pièces » lorsqu'un joint en élastomère lubrifié par de l'huile de silicone est rajouté. Le piston présente alors une tête rapportée (6).

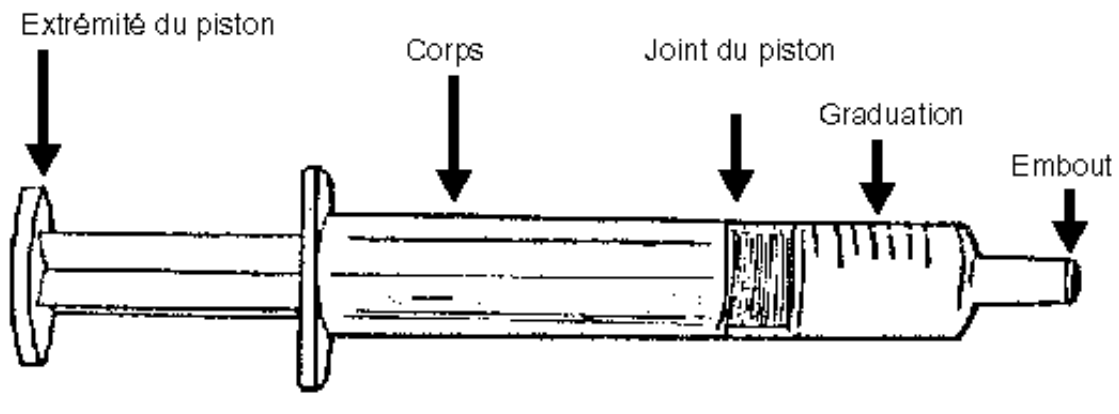


Figure 1 : Schéma légendé d'une seringue

On classe généralement les seringues en fonction du type d'embout :

- Les seringues Luer (ou non Luer-Lock) ont un embout conique avec une pente à 6° mais ne disposent pas de système de verrouillage. Les aiguilles doivent être pressées à la pointe de la seringue.
- Les seringues Luer-Lock présentent la même spécificité de conicité mais disposent, elles, d'un système de verrouillage des aiguilles. L'aiguille ne peut donc pas glisser accidentellement hors de la seringue (6, 32).

I.1.1.1 Exemples de seringue Luer

La seringue Terumo est constituée de 3 pièces. Elle répond au besoin d'étanchéité et à une injection sans à-coups. On peut également trouver un modèle Luer-Lock (22).

La seringue BD Discardit II 2 est constituée de 2 pièces. Elle présente un embout excentré et des forces de glissement du piston réduites pour une injection plus régulière (26).

La seringue BD Plastipak est constituée de 3 pièces. Comme les deux précédentes elle est graduée et disponible en plusieurs contenances. On peut également trouver un modèle Luer-Lock (74).



Figure 2 : Seringues BD Plastipak Luer



Figure 3 : Seringue Terumo (gauche) et BD Discardit II 2 (droite)

Ces seringues ne présentant pas de système de verrouillage, le risque de déconnexion prématurée existe. Ainsi l'ANSM a édité un rapport en 2007 sur les seringues BD Plastipak à embout Luer suite à une série de déconnexion prématurée. Ce rapport invite les utilisateurs à attacher fermement les dispositifs connectés à ces seringues (5).

L'utilisation de seringue Luer-Lock permet d'éviter ces désagréments.

I.1.1.2 Exemples de seringues Luer-Lock

Elles présentent les mêmes caractéristiques et diversités que les seringues Luer en présentant un système de verrouillage évitant les déconnexions.

On retrouve des seringues Terumo Luer-Lock et BD Plastipak Luer-Lock. On peut également citer les seringues Monoject Luer-Lock très utilisées pour l'irrigation endodontique (46).



Figure 4 : Seringue Monoject Luer-Lock

I.1.2 Les aiguilles

Une aiguille est une tige creuse, à la pointe aiguisée, permettant d'injecter un liquide, le plus souvent un médicament en solution. Elles sont constituées d'un embout afin de les adapter sur une seringue (43). La longueur et l'épaisseur de l'aiguille peuvent beaucoup varier en fonction de l'acte réalisé. Son diamètre est caractérisé par le terme de gauge, il varie de 8 à 30 ce qui correspond respectivement à 4,57mm et 0,31mm. Il faut retenir que plus la gauge est élevée, plus le diamètre de l'aiguille est petit. On peut ainsi trouver deux aiguilles ayant la même longueur mais des diamètres différents (32).

La canule, en acier inoxydable ou en nickel, est associée à l'embase en matière plastique d'une conicité de 6% s'adaptant à l'embout de la seringue (en Luer ou Luer-Lock). Un code couleur permet de différencier les diamètres (6). L'aiguille peut se terminer en biseau, en ouverture latérale, par plusieurs ouvertures... L'étude de ces différentes aiguilles nous intéressera particulièrement en endodontie.

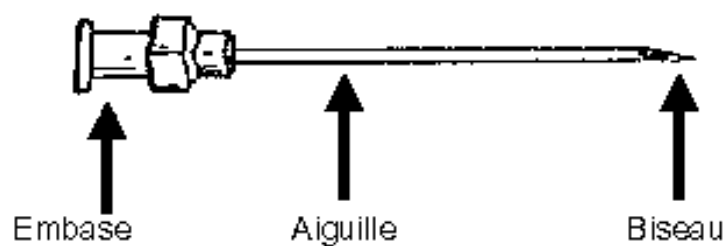


Figure 5 : Schéma d'une aiguille

I.1.2.1 Différents types d'aiguille

On retrouve sur le marché deux grands types d'aiguille : celle à bout ouvert et celle à bout fermé.

Pour la pratique endodontique, dans le but de ne pas réaliser de dépassement de solution d'irrigation au niveau du peri-apex, il a été démontré la nécessité d'utiliser des aiguilles à bout fermé (D,E et F sur *figure 7*), notamment grâce à la visualisation et à l'étude des trajectoires des particules de la solution d'irrigation au niveau du canal dentaire (*figure 8*) (13).

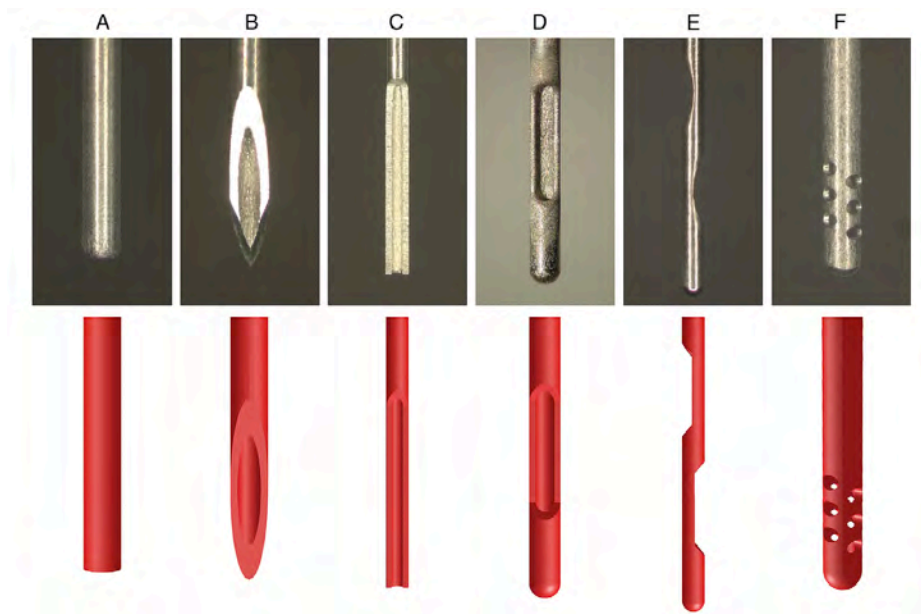


Figure 6 : 6 aiguilles différentes à bout ouvert (A, B et C) et à bout fermé (D, E et F)

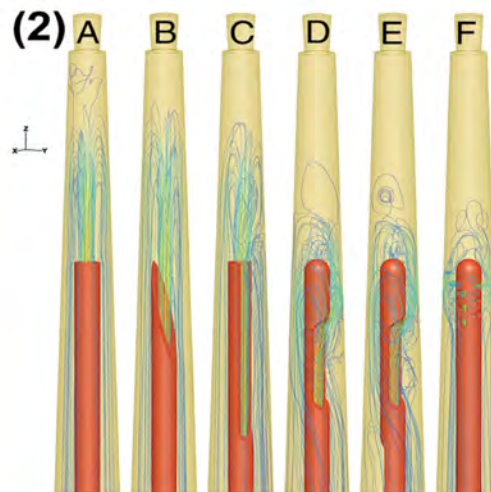


Figure 7 : Visualisation de la trajectoire des particules de la solution d'irrigation en 3D

Nous allons voir plus en détails 3 types d'aiguilles à bout fermé, intéressantes dans la pratique endodontique.

- Endoneedle (Elsodent) : Canules d'irrigation endocanalaire à bout mousse et ouverture latérale, elles présentent l'avantage d'éviter que le liquide d'irrigation sous pression irrite le desmodonte par effet « canon à eau ». Le diamètre de l'ouverture de l'aiguille est assez réduit afin d'avoir une pression suffisante pour faire remonter les débris dentinaires et pulpaire présents (9).
L'extrémité arrondie et l'ouverture latérale permettent aussi un emploi de ces aiguilles pour l'irrigation des poches parodontales de manière atraumatique.

Ces canules existent en trois diamètres : gauge 30 (couleur mauve), gauge 27 (couleur jaune) et gauge 23 (couleur bleue) pour s'adapter à tous types de canaux. Elles sont flexibles afin de s'adapter à la morphologie canalaire et présentent une longueur utile de 33mm (9, 24).

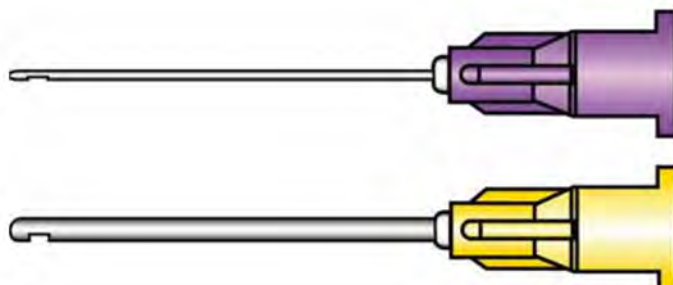


Figure 8 : Endoneedle (Elsodent) gauge 30 et 27

- Irrigation probe (Kerr Hawe) : Canules d'irrigation à bout mousse et ouverture latérale permettant une irrigation non traumatisante des canaux dentaires, sans risque de perforation apicale. Elles existent, elles aussi, en divers diamètres (gauge 21, 23, 25 et 30), et ont une longueur utile de 25mm (40).

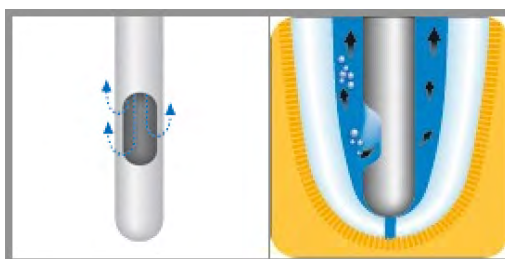


Figure 9 : Schéma fonctionnement Irrigation probe de Kerr Hawe

- Endo Irrigation Needle (Transcodent) : Aiguille avec deux sorties latérales et un bout mousse. Elles permettent un nettoyage efficace de la totalité du canal toujours de manière atraumatique. Comme les autres elles sont disponibles en plusieurs diamètres selon la largeur du canal rencontré (25).



Figure 10 : Endo Irrigation Needle par Transcodent

Les aiguilles à uni ou double ouverture latérale diminuent les risques de projection dans le peri-apex avec des conséquences douloureuses pour le patient (13).

Le système seringue-aiguille est donc encore à l'heure actuelle la méthode la plus utilisée, la plus simple et la moins onéreuse. On retiendra l'utilisation d'une seringue Luer-Lock à usage unique d'une contenance de 3 à 5mL, accompagnée d'une aiguille de 23 à 30 gauges. Dans la majorité des cas un calibre de 27 gauges répond à la nécessité d'avoir une aiguille assez fine pour atteindre la partie supérieure du tiers apical mais suffisamment rigide pour ne pas se fracturer ou se tordre. L'extrémité de l'aiguille ne doit pas être biseautée, on évite la projection peri-apicale par des aiguilles à bout mousse et à fenêtre latérale (59).

L'aiguille sera avancée dans le canal jusqu'à avoir un contact avec les parois canalaire et retirée de 1 à 2mm pour obtenir une zone de flux et de reflux et ainsi éviter la propulsion de liquide. Afin d'éviter le dépassement, la pression exercée doit également être faible (avec un débit de l'ordre de $0,1 \text{ mLs}^{-1}$) (59).

La limite principale de cette méthode d'irrigation très répandue est l'irrigation du tiers apical : la solution d'irrigation ne peut progresser au delà de 1mm de l'extrémité de l'aiguille (61). Ainsi, afin d'accroître l'efficacité de l'irrigation, la mise en mouvement de la solution par des différents systèmes présente de bons résultats (59).

I.2 Le Système Ultrasonore

I.2.1 Principes

Les ultrasons (US) sont des vibrations ou des ondes acoustiques de même nature que le son mais à des fréquences bien plus hautes que les plus hautes fréquences audibles par l'Homme (au alentour de 20kHz). On différencie deux méthodes pour produire des US :

- Par magnétostriction qui traduit de l'énergie électromagnétique en énergie mécanique et donc en vibrations.
- Par piézoélectricité en utilisant un cristal qui va changer de taille suite à l'application d'une charge électrique. Cette déformation du cristal se traduit par une oscillation mécanique.

La piézoélectricité présente certains avantages par rapport à la magnétostriction, notamment de produire plus de cycles par seconde (40 au lieu de 24kHz) (56).

Malgré tout, les deux systèmes sont employés dans la pratique dentaire qui demande une fréquence d'oscillation de l'ordre de 30kHz (69).

I.2.2 Dans la pratique endodontique

Les US ont été introduits dans la pratique endodontique en 1957 par Richman, et leurs utilisations sont variées : l'accès aux canaux radiculaires, le nettoyage canalaire, la distribution du ciment d'obturation, l'élimination d'obstruction canalaire, la dépose de tenons ou d'instruments fracturés, ... (56).

Nous allons détailler ce qui nous intéresse ici, à savoir l'irrigation ultrasonique.

On retrouve deux types d'irrigation ultrasonique : une qui combine irrigation et instrumentation et l'autre qui n'agit que sur l'irrigation. La première couple donc l'irrigation à une mise en forme ultrasonique, mais a été écartée de la pratique clinique à cause de la difficulté de contrôler la coupe de la dentine pendant la préparation. Le risque de perforations apicales et de formes canalaire irrégulières est accru. On peut également rajouter à cela une efficacité moindre pour l'élimination simultanée de tissus pulpaire ou de smear layer, due à une réduction du courant acoustique et de la cavitation. On se basera donc sur le deuxième type dit irrigation ultrasonique passive (PUI) qui correspond à une irrigation utilisant un insert non coupant réduisant ainsi le risque de création de formes canalaire aberrantes (56).

La PUI se traduit par le transfert d'énergie de la lime ultrasonique au fluide d'irrigation dans le canal. Cette énergie va créer un micro-courant acoustique et un effet de cavitation.

Le courant acoustique correspond à un mouvement rapide de fluide en cercles ou en tourbillons autour de la lime en vibration. On parle en endodontie de micro-courant car le courant arrive près de petits obstacles placés dans le champ sonore. La PUI permet une vibration nette de la lime avec l'apparition de nœuds et anti-nœuds visibles. Pour avoir un micro-courant efficace il faut que la lime puisse vibrer « librement » dans le canal, c'est à dire sans contrainte. Ainsi la résultante des forces du micro-courant acoustique est inversement proportionnelle à la surface canalaire touchée par la lime. Pour les canaux courbes, on obtiendra donc de meilleurs résultats en pré-courbant les limes ultrasoniques (69).

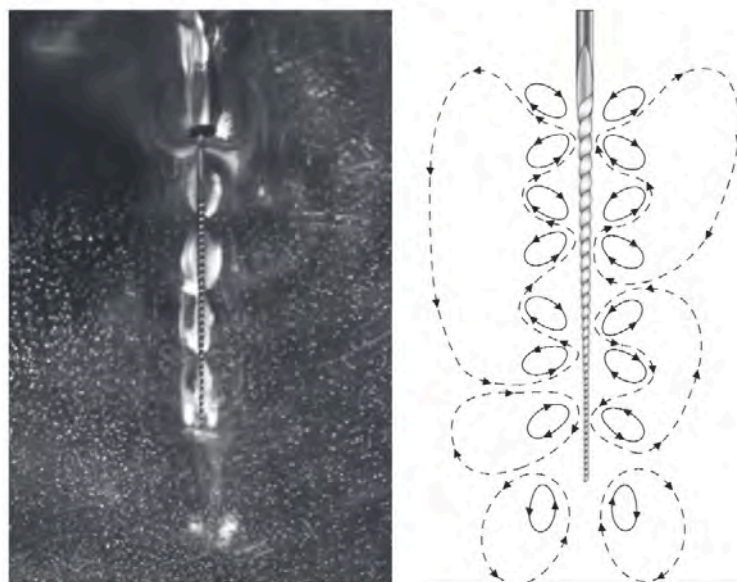


Figure 11 : Photo (à gauche) et schéma (à droite) d'un micro-courant acoustique autour d'une lime

La cavitation se traduit par la formation de petites bulles gazeuses en mouvement au sein même du liquide d'irrigation soumis aux ultrasons. Schématiquement, ces bulles vont osciller, grossir et imploser libérant ainsi leur énergie en ondes de choc. Si ces bulles de cavitation implosent suite au contact avec une surface solide, on assiste à l'émission d'un jet de liquide à très grande vitesse (estimée à 400km/h) qui jouera un rôle très important dans le nettoyage radiculaire que l'on cherche (56, 69).

Deux types de cavitation existent dans le cas de la PUI : la cavitation stable qui se définit par une vibration linéaire des bulles gazeuses au niveau d'un champ ultrasonore de faible amplitude, et la cavitation éphémère qui se produit lors d'un fort bouillonnement des bulles de cavitation qui implosent très rapidement et provoquent un micro-courant acoustique très violent. Cette cavitation éphémère permet ainsi un nettoyage canalaire impressionnant (69).

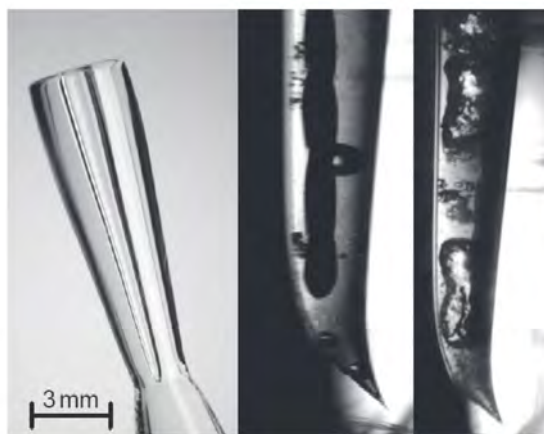


Figure 12 : Gauche: modèle de canal radiculaire en verre. Milieu: Lime en vibration créant un phénomène de cavitation. Droite: Visualisation d'un micro-courant acoustique et de l'implosion de bulles de cavitation.

Deux méthodes d'irrigation sont possibles durant la PUI, une irrigation en continue par un apport ininterrompu de solution d'irrigation grâce à la pièce à main ultrasonique ou une irrigation par intermittence par l'apport de solution d'irrigation grâce à une seringue. Dans ce cas l'activation de la solution par US se fait une fois le canal rempli de solution et se répète plusieurs fois. Les études ont montré une efficacité équivalente des deux méthodes, la première permettant un gain de temps, la seconde permettant un contrôle de la quantité de solution injectée (56).

Les inserts ultrasoniques peuvent être non spécifiques (lime K) ou spécifiques (Irrisafe par exemple) (59).

I.2.3 Efficacité

D'après *Mozo et al (2014)* qui ont comparé l'élimination des débris canaux et l'ouverture des tubulis dentinaires de différentes techniques de PUI, des différences significatives existent entre l'irrigation traditionnelle (seringue-aiguille) et l'irrigation ultrasonore. L'élimination des débris est totale ou majoritaire dans 63% des échantillons de canaux irrigués par le système seringue-aiguille contre 80 à 93% des échantillons par PUI. Au sein des échantillons nettoyés par PUI, les meilleurs résultats sont obtenus par l'utilisation des limes Irrisafe (Acteon). Des résultats comparables sont retrouvés lors de l'analyse des tubulis ouverts mettant en avant l'efficacité du système Irrisafe. L'efficacité de ces limes est, d'après l'étude, supérieure à l'utilisation de la PUI avec des limes K traditionnelles (55).



Figure 13 : Lime Irrisafe (Acteon)

A l'heure actuelle, nous savons que la PUI est plus efficace que l'irrigation seringue-aiguille sur l'élimination des restes de tissus pulpaire et des débris dentinaires mais permet également une réduction plus significative du taux de bactéries canaux (2, 69).

Les études sur l'élimination de la smear layer ne sont pas concluantes à ce jour même si elles tendent vers une efficacité supérieure de la PUI.

Effectivement les différentes études qui ont été menées sont difficilement comparables notamment par l'utilisation de concentration différente de NaOCl (69).

La PUI permet de coupler une action physique (US) à une action chimique (solution d'irrigation). En activant la solution, les US permettent un nettoyage plus complet et plus efficace du réseau canalaire radiculaire que le système seringue-aiguille (69).

I.3 Les autres systèmes

I.3.1 L'Endoactivator (Dentsply)

L'Endoactivator est un dispositif d'activation de la solution d'irrigation grâce à une pièce à main sonique sans fil, possédant trois puissances de vibration, couplée à des embouts en polymère médical lisse et non coupant. Il génère un fluide hydrodynamique grâce à la vibration de l'insert dans le canal (20).

Cette technologie a été développée dans le but d'obtenir une méthode d'irrigation plus sûre, plus efficace et plus rapide. Des études ont démontré que l'Endoactivator était capable d'un nettoyage profond, de l'élimination de la smear layer et de déloger le biofilm (64).



Figure 14 : Endoactivator (Dentsply)

La pièce à main comporte trois vitesses soniques : 2000, 6000 et 10000 couples/min. La vitesse de 10000 cpm est recommandée pour une efficacité optimale, les autres permettent de s'adapter aux différents cas cliniques.

Trois inserts à usage unique sont à notre disposition en fonction du diamètre apical obtenu à la fin de la mise en forme : jaune (20), rouge (25) et bleu (30).

Tous les inserts présentent une conicité de 2% et une longueur de 22mm. De plus, ils possèdent tous des traits de graduation à 18, 19 et 20mm.

Il est conseillé d'utiliser l'Endoactivator par mouvement de va et vient vertical (64).

Uroz-Torres et al (2010) ont relativisé l'efficacité de l'Endoactivator sur la suppression de la smear layer après une mise en forme rotative. Leur étude a comparé plusieurs types d'irrigation : NaOCl seule vs NaOCl/Endoactivator et NaOCl/EDTA vs NaOCl/Endoactivator/EDTA. Les résultats n'ont montré aucune différence significative dans les deux groupes et ce pour les deux comparaisons (71).

I.3.2 EndoVac (système d'irrigation par pression négative)

Les systèmes d'irrigation vus jusqu'à présent reposent sur un principe de pression positive : La solution d'irrigation est amenée jusqu'à LT-1/2mm afin d'éviter la projection apicale. EndoVac, lui, utilise la « suction » pour « attirer » la solution d'irrigation vers le bas et ainsi nettoyer de façon efficace le tiers apical, avant de l'aspirer pour la faire ressortir du canal. C'est le principe de l'irrigation par pression négative, on n'injecte pas la solution, on utilise un phénomène de succion pour l'amener à l'apex. Cette technique se veut donc plus sûre en empêchant tout dépassement de solution qui provoquerait des douleurs importantes pour le patient et plus efficace en nettoyant la région apicale plus difficile d'accès par la pression positive (70).

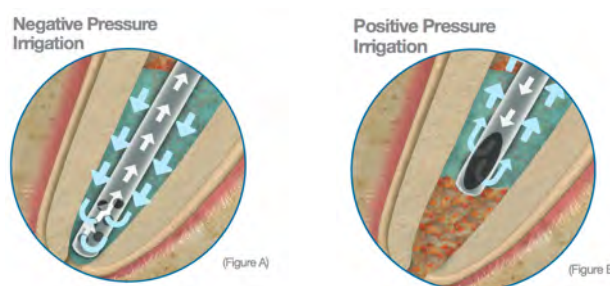


Figure 15 : Schémas des principes de pression négative (A) et positive (B).

L'EndoVac se compose de quatre éléments (70) :

- L'adaptateur multi-port (MPA) qui se branche sur le système d'aspiration de l'unité et permet de réaliser les branchements nécessaires des autres composants.
- Le « master delivery tip » (MDT) qui se branche directement sur le MPA et permet un flux constant de solution d'irrigation sans risque de débordement. Le MDT est utilisé dès l'ouverture de la chambre pulpaire et après chaque instrument de mise en forme.

- La macro-canule est utilisée pour éliminer les plus gros débris canaux. Elle s'utilise en même temps que le MDT, il convient donc d'avoir l'aide d'une assistante dentaire qui pourra injecter la solution d'irrigation avec le MDT pendant que le praticien utilisera la macro-canule dans le canal par des mouvements verticaux de va et vient.
- La micro-canule est une aiguille de 28 gauge se terminant par 12 orifices de moins de 100 microns. Elle permet, par pression négative, d'amener la solution d'irrigation jusqu'à la zone apicale.



Figure 16 : Composants de l'EndoVac avec le MDT (gauche), la macro-canule (centre) et la micro-canule (droite)

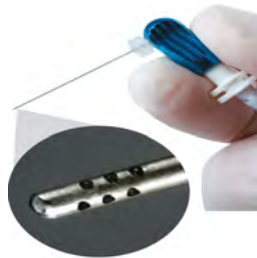


Figure 17 : Extrémité de la micro-canule

L'EndoVac permet donc un nettoyage aisé et sans risque de projection des canaux radiculaires. Pour permettre à la micro-canule d'atteindre la LT, il faut assurer au préalable une mise en forme optimale de la région apicale. Effectivement la micro-canule correspondant à une aiguille de 28 gauge (soit un diamètre de 0,32mm), le diamètre de la préparation apicale doit être d'au moins 35/100 mm avec une conicité de 4%. Au dessous, la micro-canule n'atteindrait pas la LT et on perdrait donc tout le bienfait de l'EndoVac. Atteindre cette largeur peut être s'avérer complexe dans certain cas, et a tendance à freiner les praticiens dans l'emploi de cette technique. Certaines études ont montré que 10% des cas endodontiques nous empêchaient d'atteindre cette largeur de préparation apicale. Il faudra donc amener la micro-canule le plus près possible de la LT (65).

Ce système ne permet pas l'activation de la solution d'irrigation, il doit donc être couplé à une méthode sonique ou ultrasonique pour potentialiser les effets de l'irriguant.

On retiendra aussi l'efficacité de ce système dans les cas d'apex ouvert, ou les risques de projection en technique de pression positive sont importants (65).

I.3.3 Le RinsEndo (Dürr Dental)

Le RinsEndo est un instrument d'irrigation canalaire basé sur l'activation hydrodynamique de la solution. Un transmetteur d'impulsion localisé dans la pièce à main déclenche l'injection de 65 microlitres d'une solution d'irrigation dans le canal radiculaire, via une canule, à une fréquence de 1,6Hz. La solution atteint l'apex grâce à la canule à une pression beaucoup plus faible qu'une irrigation manuelle (0,3 à 0,5 bar contre 2 à 3 bar) limitant ainsi les risques de projection peri-apicale (4).

La canule, à usage unique, d'une longueur de 28mm et d'une largeur de 0,45mm possède une ouverture latérale sur 7mm.

La pièce à main, en titane, est conçue pour recevoir une seringue et une canule. Une cupule de protection qui coulisse sur la canule d'irrigation permet également de placer la pompe à salive afin d'avoir une aspiration optimale de la solution d'irrigation (23).

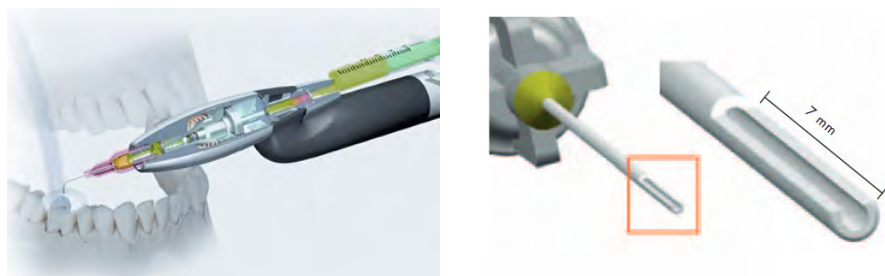


Figure 18 : Pièce à main RinsEndo avec mécanisme hydrodynamique et canule à ouverture latérale

RinsEndo est décrit comme une solution efficace et sûre à l'irrigation endodontique qui permet une action en profondeur jusqu'à l'apex et ce même en cas de condition anatomique défavorable (canaux courbes par exemple). L'activité hydrodynamique permettrait un meilleur nettoyage apical dans les conditions de courbure radiculaire qu'une activation ultrasonique. Effectivement, les US ne peuvent garantir un effet nettoyant nécessaire qu'en cas d'oscillation libre impossible dans les courbures (23).

Plusieurs études ont démontré l'efficacité de RinsEndo par rapport à l'irrigation manuelle, mais chacune d'elles utilisait des solutions d'irrigation possédant une activité chimique contre la smear layer et les débris (EDTA/NaOCl).

Une confusion peut donc régner : le système est-il réellement efficace, ou l'utilisation de ces produits biaise l'étude ? D'après *Vivian et al (2010)*, qui ont comparé RinsEndo et une irrigation manuelle classique avec, dans les deux cas, une solution saline sans pouvoir chimique, il n'y a pas de différence significative sur l'efficacité du nettoyage (73).

I.3.4 Vibringe (Cavex)

Il s'agit d'un système d'irrigation permettant la livraison manuelle de la solution d'irrigation couplé avec la technologie sonique d'écoulement : on a donc une activation de la solution. Vibringe est une pièce à main sans fil qui s'adapte aux seringues manuelles classiques de 10mL. Il permet donc de délivrer l'irriguant à l'aide de pulsions envoyées dans le canal radiculaire via une aiguille standard. On peut choisir, dans ce système, l'aiguille de notre choix(15).



Figure 19 : Pièce à main Vibringe seule (gauche) et couplée à une seringue et aiguille (droite)

L'utilisation de l'activation sonique permet à la solution d'atteindre et de désinfecter toutes les parois du canal. Il est présenté comme rapide, peu encombrant et laisse une liberté dans le choix de la seringue et de l'aiguille (15).

Il n'y a pas à l'heure actuelle de consensus dans la littérature sur le Vibringe, malgré tout certains articles lui reconnaissent une efficacité supérieure à l'irrigation manuelle standard par sa capacité à activer la solution (62).

I.3.5 Les lasers

Le laser est un dispositif qui transforme la lumière de différentes fréquences en une radiation chromatique dans le visible, l'infra-rouge et l'ultra-violet. Ce procédé peut mobiliser un pouvoir et une chaleur très importants (41).

Depuis les premières utilisations des lasers en endodontie en 1971 par Weichman, de nombreuses études ont été publiées afin d'élargir leur pratique. Ainsi nous savons à l'heure actuelle que les lasers (41) :

- Sont capables de détruire la smear layer et les débris canaux mais il semble compliqué de l'élargir aux canaux latéraux car ils agissent de manière rectiligne. Le développement de pointe laser pour tir radial permet d'émettre l'énergie du laser en un cône large et ainsi d'atteindre les tubulis dentinaires.
- Possèdent une activité bactéricide dont l'efficacité, dépendante du type de laser, peut être importante. La désinfection d'un canal est donc possible mais il existe des risques de dissémination bactérienne par la fumée causée par le laser et de dommages au niveau du tissu parodontal.

En sachant la chaleur importante provoquée par les lasers, des études se sont intéressées à l'augmentation de température de la dentine. Il a donc été établi que pour éviter une température trop élevée, il fallait utiliser le laser couplé avec une solution d'irrigation et donc de l'utiliser pour activer la solution. Le procédé ressemble aux US. On utilise un laser Erbium, Chrome : Yttrium-Scandium-Gallium-Grenat (Er, Cr : YSGG) avec une solution d'irrigation afin de créer une micro-impulsion qui produit des ondes acoustiques assez fortes pour perturber et tuer les bactéries intratubulaires. On retrouve le phénomène de cavitation avec la création de bulles de vapeur qui grossissent et implosent pour libérer leur énergie (10).

L'étude de *Gentil De Moor et al (2009)* a montré des meilleurs résultats de l'utilisation de Er, Cr : YSGG et des US sur l'irrigation conventionnelle mais également de Er, Cr : YSGG par rapport aux US. On peut temporiser ce résultat en notant une durée d'action des US trop faible (20sec) dans cette étude (54).

I.3.6 Système SAF (Self-Adjusting File)

La lime SAF est un instrument en NiTi, creux, fait d'un maillage souple et très résistant (inspiré des stents cardiaques). Elle est faite pour prendre la forme anatomique du canal en étant compressible, flexible et déformable. Le but de ce système est de repousser les limites de la rotation continue conventionnelle qui ne peut s'adapter pleinement à l'anatomie canalaire et va créer de la smear layer.

La structure de la lime SAF lui permet d'être toujours en contact avec les parois canalaire en se déformant dans tous les plans de l'espace sans élargir la préparation d'origine. Son utilisation fait donc suite à une mise en forme manuelle ou rotative (37).

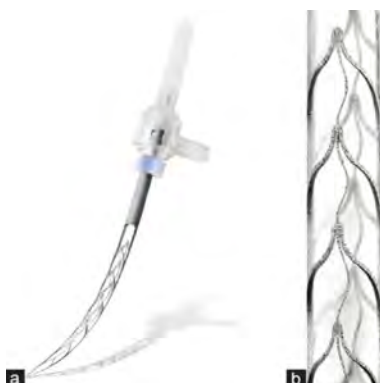


Figure 20 : La lime SAF (a) et un grossissement sur la structure en treillis (b)

Son passage est donc dans un réel but de nettoyage canalaire : la lime se positionne sur une pièce à main RDT (5000 tr/min, blocage automatique si contact trop important avec les parois canalaire) couplée au système d'irrigation VATEA qui délivre l'irrigant passivement dans le maillage en un débit de 1 à 10mL/min (réglable à 4mL/min). Cette irrigation ne se fait pas sous pression. Une fois la solution dans le canal, toute pression existante disparaît grâce à la structure en treillis de la lime. La vibration de la lime couplée avec les mouvements verticaux de l'opérateur permet un mélange continu de la solution d'irrigation (48).

D'après *Melo Ribeiro et al (2013)*, l'utilisation du système SAF présente de meilleurs résultats au niveau du tiers apical sur l'élimination des débris et de la smear layer qu'une irrigation conventionnelle succédant à une mise en forme rotative en NiTi (47).

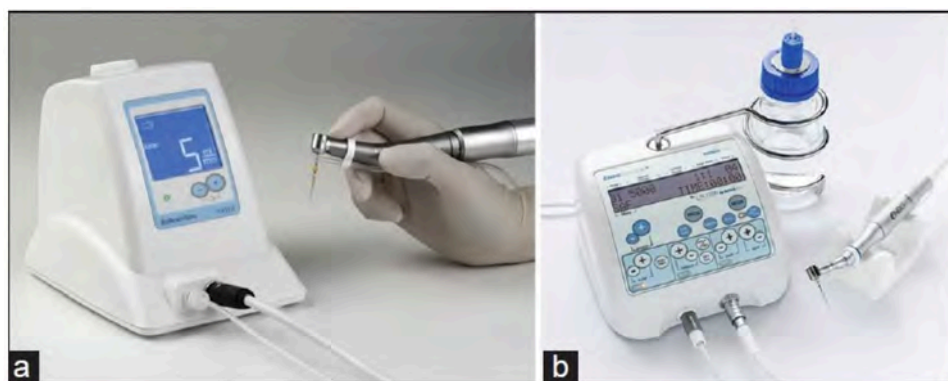


Figure 21 : Système VATEA et pièce à main RDT (a), l'Endostation (de ReDent ou Acteon) (b)

I.4 Un point sur la littérature

L'étude de *Rödig et al (2010)* a voulu comparer différents types d'irrigation sur l'élimination des débris canalaire aussi bien en coronaire qu'en apical (PUI, Vibringe et seringue-aiguille). La PUI apparaît de bien meilleure qualité que les systèmes Vibringe et seringue-aiguille en coronaire et en apical (62).

Le système Vibringe présente de meilleur résultat que la simple seringue-aiguille sur l'élimination des débris canalaire en apical, mais il existe une belle différence d'efficacité entre le système sonique et ultra-sonique : plusieurs études montrent des pourcentages d'élimination complète de débris aux alentours de 5% pour Vibringe et 90% pour PUI (39, 62). Il y est aussi montré une efficacité similaire de Vibringe et du système seringue-aiguille en coronaire, l'activation sonique ne jouerait donc qu'en apical (62).

L'efficacité accrue du RinsEndo sur l'élimination des débris au tiers apical par rapport à l'EndoVac ou à la seringue-aiguille à été montré par *Kabalan et al (2013)* mais l'extrusion apicale importante du RinsEndo dans cette étude (80%) amène les auteurs à freiner son utilisation clinique (38).

L'extrusion apicale des débris canalaire et de la solution d'irrigation à fait l'objet de nombreuses études au vue des suites opératoires importantes pour le patient (douleur, cicatrisation...). *Karatas et al (2014)* ont montré que tous les systèmes d'irrigation à ce jour sont associés à des extrusions apicales de débris. Ils n'ont pu établir de différence probante entre les systèmes Vibringe, PUI, EndoVac et seringue-aiguille. Seul le système SAF sort du lot et présente de meilleur résultat sur l'extrusion apicale (39).

Au sujet de l'élimination de la smear layer, *Ahmetoglu et al (2014)* concluent sur l'importance de l'utilisation de l'EDTA plus que sur le système d'irrigation utilisé (l'étude compare l'EndoVac, la PUI et le système seringue-aiguille). Ces trois systèmes couplés avec l'utilisation de l'EDTA ne montrent pas de différence significative sur l'élimination de la smear layer (3).

La finalité de notre traitement endodontique reposera sur une bonne obturation canalaire. *Bolles et al (2013)* ont montré l'importance de l'irrigation canalaire sur la pénétration du ciment d'obturation. Les trois systèmes employés (Vibringe, Endoactivator, seringue-aiguille) ont montré de meilleur résultat que les groupes tests avec une solution saline.

Les systèmes soniques ont montré un pourcentage légèrement supérieur sur la pénétration du ciment par rapport à l'irrigation conventionnelle (11).

Plusieurs études récentes montrent de meilleur résultat de l'utilisation de la PUI sur l'élimination des débris canalaire, la dynamique des fluides et la suppression d'enduit canalaire (16, 29, 62).

II. Les solutions d'irrigation

Nous avons vu différentes méthodes pour amener l'irrigant dans le canal et potentialiser son action. Mais la réussite du nettoyage canalaire repose également sur la solution d'irrigation utilisée. Il convient d'utiliser un produit répondant à plusieurs critères essentiels afin d'assurer l'asepsie et l'antisepsie du canal avant l'obturation.

II.1 Cahier des charges de la solution d'irrigation

Une solution d'irrigation idéale devrait répondre à tous ces critères (21, 27, 59) :

- Posséder une activité antimicrobienne et ainsi permettre de désinfecter le réseau canalaire par une action bactéricide à large spectre.
- Dissoudre tous les tissus organiques et minéraux (action protéolytique) pour un nettoyage efficace.
- Être biocompatible (c'est à dire non toxique pour les tissus péri-apicaux)
- Posséder un pouvoir mouillant afin d'assurer la lubrification des instruments qui travaillent dans le canal. Cela permet, en diminuant les forces de frottements des instruments, de limiter l'encrassement des spires et ainsi les risques de création de butée, de bouchon dentinaire et de fracture d'instrument. Ce pouvoir mouillant augmente également la pénétration de la solution sur les parois et dans les tubulis.
- Assurer l'évacuation des débris formés par la préparation mécanique. Elle doit donc provoquer leur reflux dans la cavité d'accès.
- Supprimer l'enduit pariétal par une action chélatante. Cette smear layer peut protéger des bactéries (en leur servant de substrat) qui peuvent alors proliférer après l'obturation. De plus elle bloque l'accès au tubulis pour le ciment d'obturation.

- Être disponible sur le marché et peu onéreuse au vue de son utilisation fréquente.
- Être facile d'utilisation et de bonne conservation.
- Être la moins désagréable possible pour le patient : sans odeur et sans saveur.
- Posséder un pouvoir éclaircissant afin d'empêcher ou de préserver la coloration de la racine après le traitement.

Il n'existe à l'heure actuelle aucune solution d'irrigation présentant tous ces critères. Il faut donc faire des compromis et coupler certaines solutions pour augmenter notre efficacité.

II.2 Rappels de bactériologie endodontique

Pour bien comprendre l'efficacité d'une solution d'irrigation, il faut connaître les bases de la bactériologie endodontique et avoir à l'esprit que la colonisation bactérienne du système endocanalaire est différente selon la pathologie pulpaire rencontrée.

On considère le milieu buccal comme un écosystème complexe comprenant environ 10^{10} bactéries appartenant à différentes espèces. Dans les canaux, on quantifie à 450 le nombre de taxons que l'on peut retrouver en sachant qu'un canal ne contient en général pas plus de 5 à 30 espèces simultanément (59).

La composition de la flore bactérienne ainsi que la localisation des micro-organismes dans le canal dépendent de plusieurs facteurs : la quantité d'oxygène, la présence et l'accès aux nutriments bactériens, les défenses de l'hôte, le pH... (30)

Nous allons rapidement décrire trois types d'infections endodontiques caractérisées par une flore bactérienne propre afin de pouvoir sélectionner par la suite la solution d'irrigation la plus adéquate (1, 30, 59, 67).

II.2.1 Les infections endodontiques primaires

Ce sont les infections provoquées par la colonisation microbienne de la pulpe. Elles peuvent entraîner des parodontites apicales aiguës ou chroniques.

La flore bactérienne ne se limite pas à une ou deux espèces, on parle d'infection polymicrobienne. Malgré tout, dans les infections endodontiques primaires, les bactéries anaérobies prédominent avec 10 à 30 espèces anaérobies strictes (80%) à Gram + et – lorsque la chambre est fermée, et des bactéries micro-aérophiles et anaérobies facultatives essentiellement à Gram + lorsque la chambre est ouverte (59).

Parmi les Gram négatifs, on retrouve entre autre les espèces de *Fusobacterium* (notamment *Fusobacterium nucleatum*), de *Tannerella*, de *Dialisters* et de *Camphylobacter*. Pour les Gram positifs, on retrouve principalement *Pseudoramibacter alactolyticus* et les *peptostreptocoques* et *streptocoques* comme cocci. On peut noter qu'on ne retrouve que très rarement *Enterococcus faecalis* dans ces infections primaires (30, 67).

II.2.2 Les infections endodontiques secondaires

La colonisation bactérienne sera ici secondaire à l'infection initiale. Ce sont des infections qui vont donc se déclarer pendant ou à la suite d'un traitement endodontique.

On va retrouver ici un nombre beaucoup plus faible d'espèces bactériennes et surtout *Enterococcus faecalis*, *Pseudomonas aeruginosa* et *Candida albicans*.

Des études ont pu démontrer que ces espèces bactériennes (et surtout *Enterococcus faecalis*) étaient résistantes aux solutions d'irrigation généralement utilisées. Il apparaît donc essentiel de tout mettre en œuvre pour éviter l'apparition de ces infections secondaires pendant le traitement endodontique (en évitant les contaminations des instruments ou de la solution d'irrigation, en utilisant la digue, en éliminant complètement les lésions carieuses avant le début du traitement...), entre les rendez-vous (obturation temporaire étanche et résistante) et après le traitement (obturation définitive en adéquation avec la cavité, contrôle pour éviter la récurrence carieuse) (30, 59).

II.2.3 Les infections endodontiques persistantes

Elles sont provoquées par les bactéries résistantes aux antiseptiques et qui ont survécu aux différents traitements mis en place suite aux infections primaires et/ou secondaires. On retrouve principalement *Enterococcus faecalis* ou certains champignons. Ce sont des bactéries capables de survivre à de longues périodes de privation nutritionnelle, ce qui explique leur caractère résistant. C'est sur ces bactéries et leur mode d'action que les études se penchent à l'heure actuelle car elles sont responsables d'une grande partie des échecs rencontrés en endodontie (59, 67).

II.2.4 La notion de biofilm bactérien

Véritable « plaque dentaire endodontique », les biofilms bactériens sont considérés comme la cause principale des échecs thérapeutiques. Leur étude est donc essentielle.

Les biofilms sont un réel « mode de vie » pour les bactéries, il ne faut donc pas se cantonner à leur forme isolée (planctonique). D'après Costerton (1978), un biofilm est « une communauté de bactéries agrégées en microcolonies, enrobées dans une gangue qu'elles ont sécrété et adhérant sur une surface inerte ou biologique ».

De façon schématique, une première étape d'adhésion bactérienne sur la paroi dentinaire à lieu, puis elle se poursuit par une étape d'attachement irréversible par la formation de ligands. Il faut noter que toutes les bactéries ne sont pas capables de créer un biofilm. L'étape suivante est la phase de maturation, de microcolonies bactériennes se forment et on assiste à la sécrétion de molécules polysaccharidiques constituant la matrice extracellulaire. Débute alors la croissance du biofilm qui peut devenir macroscopique avant l'ultime étape de dispersion qui a lieu suite au vieillissement de la plaque (phase planctonique).

L'étude des biofilms est essentielle, car, dans ce mode de regroupement, les espèces bactériennes apparaissent plus résistantes aux agents de désinfection canalaire que leurs homologues sous forme planctonique. La solution d'irrigation devra donc avoir une efficacité sur les bactéries isolées mais également regroupées en biofilm (28).

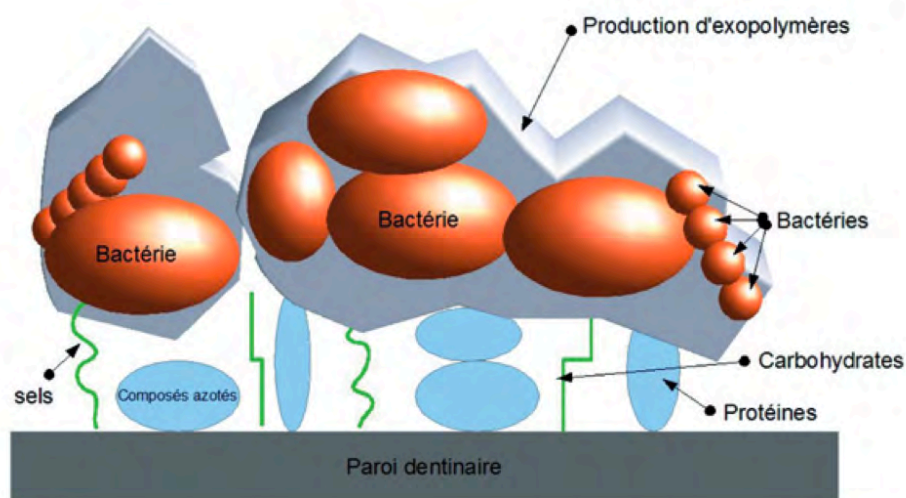


Figure 22 : Schématisation d'un biofilm d'après l'IFREMER

Devant un traitement endodontique, il faut donc toujours garder à l'esprit qu'un des objectifs majeurs est la réduction de la charge bactérienne présente pour éviter l'apparition d'infections secondaires et/ou persistantes (28).

II.2.5 La smear layer

La smear layer, ou boue dentinaire, est un enduit crée par les instruments de mise en forme. C'est un film superficiel recouvrant la surface des parois canalaire pouvant atteindre une épaisseur de 5µm et une profondeur de 40µm dans les tubulis dentinaires.

Il est composé de substances organiques et inorganiques (débris dentinaires, pulpaire, micro-organismes...) (72).

Cette smear layer peut nuire au succès du traitement endodontique (72) :

- En abritant des bactéries responsables d'infections secondaires ou persistantes.
- En bouchant l'entrée des tubulis dentinaires aux irrigants provoquant une persistance bactérienne profonde.
- En gênant la bonne obturation finale, en empêchant une bonne pénétration du ciment d'obturation dans les tubulis.

Il apparaît donc essentiel d'éliminer la smear layer à la fin de la mise en forme, avant l'étape d'obturation.



Figure 23 : Smear layer recouvrant complètement les tubulis dentinaires (x750)

II.3 L'Hypochlorite de sodium (NaOCl)

La première solution de chlorite (hypochlorite de potassium) fut créée par Berthollet en France à la fin du 18^{ème} siècle. Elle se développa rapidement, comme agent blanchissant, dans l'ancien village de Javel près de Paris. C'est le chirurgien Percy qui amena l'eau de Javel dans le milieu hospitalier aux vues de ses caractéristiques antiseptiques. Les études sur cette solution se sont succédées, mettant à jour de nombreuses applications médicales, notamment en endodontie où elle est utilisée depuis les années 1920 (75).

II.3.1 Mode d'action

On forme l'hypochlorite de sodium en portant à ébullition du chlore gazeux (Cl_2) dans une solution d'hydroxyde de sodium (NaOH) selon cette équation (75) :



En plus du NaOCl , on retrouve donc de l'eau et du chlorure de sodium.

Le NaOCl dans l'eau va s'ioniser, on va donc avoir la formation des ions Na^+ et OCl^- qui établissent un équilibre avec l'acide hypochloreux (HClO), et c'est cet HClO qui va définir l'action de l'hypochlorite de sodium. Effectivement, plus la proportion de HClO est grande, plus l'activité de la solution est grande (30).

On note qu'un excès de chlore mènera à une solution acide et instable. Pour la pratique endodontique il faut donc se cantonner à des solutions concentrées à moins de 6% (53). La recherche de la concentration idéale a amené un vrai débat dans la littérature.

II.3.2 La concentration en chlore

L'efficacité solvante du NaOCl dépend de sa quantité de chlore disponible, dépendante, elle même, de la concentration initiale et du volume de la solution. Cette efficacité apparaît maximale à 5%. Plus le temps passe, plus le chlore va être consommé et donc plus l'efficacité va diminuer. Il faut donc avoir soit une solution présentant du chlore en excès par rapport à la quantité de matière à dissoudre, soit une quantité de chlore maintenue à un niveau d'efficacité (17).

Quand le pH de la solution se rapproche de la neutralité, l'action oxydante est importante. En contrepartie, la solution apparaît plus instable et toxique. La cytotoxicité est donc dépendante elle aussi de la concentration. Il nous faut une concentration minimale, non toxique, qui préserve les besoins de pouvoir solvant et d'action antiseptique. C'est un vrai dilemme où les études ont du mal à se mettre d'accord (17).

Les solutions endodontiques présentes en France sont comprises entre 0,5% et 5,25%, ce qui semble être un bon compromis. Les solutions à 0,5% (comme l'eau de Dakin) n'ont pas de pouvoir solvant sur les matières organiques, on recommandera donc d'utiliser des concentrations supérieures à 1% (17, 21, 30).

Presque toutes les études in vitro montrent une meilleure efficacité des solutions concentrées à 5,25%, mais les études in vivo peinent plus à obtenir les mêmes résultats,

peut être à cause de la présence d'autres matériaux ou de volume de principes actifs différents. Même la réduction du taux microbien à l'intérieur du canal ne semble pas meilleure à 5,25% qu'à 0,5% (17, 30, 68, 75).

De plus, de sévères irritations ont été rapportées par les patients à l'utilisation de ces hautes concentrations. Les conséquences d'extrusions péri-apicales avec des concentrations élevées peuvent être très douloureuses et handicapantes pour le patient. Il apparaît donc plus judicieux et prudent d'utiliser des concentrations plus faibles (entre 2,5% et 3,5%) mais de manière répétée durant la mise en forme (75).

L'augmentation de la quantité de chlore disponible peut aussi avoir lieu par chauffage de la solution. Effectivement, augmenter la température d'une solution à 1% à 45°C durant 60mins lui confère un pouvoir solvant équivalent à celui d'une solution à 5,25% non chauffée. De plus, pour chaque augmentation de 5°C, l'activité bactéricide d'une solution de NaOCl va plus que doubler de 5°C à 60°C. Cette augmentation de température doit être extemporanée car cette activation va libérer rapidement les principes actifs qui doivent agir immédiatement (17, 21, 75).

II.3.3 Avantages

Le but est de repérer en quoi les solutions de NaOCl répondent au cahier des charges d'une bonne solution d'irrigation.

II.3.3.1 Action antibactérienne

L'hypochlorite de sodium est un puissant antiseptique, un agent antibactérien à large spectre efficace contre les bactéries, les virus, les levures et les spores. Il agit rapidement même à de faibles concentrations (53).

In vitro, *Candida albicans* (microorganisme résistant) est détruit en 30 secondes par des solutions à 5%, en 15 secondes dans d'autres études. De même pour *E.faecalis*, détruit en moins de 30 secondes à 5,25% et en 10mins à 2,5% (30). *E.faecalis* étant l'une des bactéries les plus résistantes des infections secondaires/persistantes, son élimination est primordiale et semble efficace avec le NaOCl (44).

Bien sûr, toutes ces études sont in vitro, et comme vu précédemment, les études in vivo n'obtiennent pas d'aussi bons résultats.

Dans tous les cas, le pouvoir antibactérien du NaOCl n'est plus à prouver. Ces solutions ont le pouvoir d'oxyder et d'hydrolyser les protéines cellulaires et le chlore est un élément bactéricide très actif. Ainsi, le NaOCl est un antibactérien qui a besoin, pour garder toute son efficacité, d'avoir un contact direct avec les bactéries (au moins 10mins) et d'être renouvelé fréquemment. Plusieurs études ont même montré que seul l'hypochlorite de sodium (à partir de 2,25%) serait capable de perturber et de détruire les biofilms dentinaires (17).

II.3.3.2 Action protéolytique

L'hypochlorite de sodium possède une vraie action solvante sur les matières organiques, ce qui lui donne une place de choix dans les solutions d'irrigation. On obtient donc grâce à lui une dissolution rapide (dès les premières minutes) des protéines, des résidus pulpaire, des composants organiques dentinaires et de la trame organique de la smear layer (17).

La supériorité de ce pouvoir solvant sur les acides, les bases fortes et les dérivés oxygénés a pu être démontrée (27).

II.3.3.3 Autres

C'est une solution ancienne, très développée par ses nombreux champs d'applications : c'est donc un produit à faible coût, très bon marché. Il faudra quand même faire attention aux solutions commercialisées qui peuvent contenir surfactants, acides gras, ... (75).

C'est une solution de manipulation simple, à action éclaircissante évitant ainsi les dyschromies post-opératoires (17).

II.3.4 Inconvénients

II.3.4.1 Cytotoxicité

Comme on a pu le voir précédemment, une réelle toxicité existe avec cette solution, d'autant plus forte que la concentration en chlore est importante. Il est donc nécessaire de prendre toutes les précautions d'usage pour éviter l'extrusion apicale du produit, le contact avec les tissus de la cavité buccale du patient...

Malgré tout, des complications ont été répertoriées dans la littérature, il est bon de les connaître pour pouvoir mieux les appréhender (34) :

- Contact oculaire : un contact de la solution avec les yeux du patient, ou du praticien (lors de l'activation de la solution par exemple) se traduit immédiatement par une douleur accompagnée d'intenses brûlures et d'un érythème. On peut même observer la perte de cellules épithéliales de la cornée. Il faudra rapidement rincer l'œil avec des solutions salines et consulter un ophtalmologiste.
- Extrusion apicale du produit : c'est le risque le plus craint par le praticien. Elle survient souvent pour des dents avec des apex ouverts ou des constructions apicales involontairement détruites. Il faut également faire attention à la méthode d'irrigation, l'aiguille et la force d'injection. Immédiatement après l'extrusion, le patient va ressentir de violentes douleurs, des sensations de brûlure et développer après quelques secondes un hématome et une ecchymose en regard de la dent traitée. La situation peut perdurer et mettre un mois à redevenir normale. On retrouve dans la littérature certains cas de trismus et d'œdèmes importants. La prise en charge se fait avec des antalgiques puissants et des compresses froides pour réduire le gonflement. L'utilisation d'AIS est assez controversée dans la littérature.
- Réactions allergiques : ces réactions sont rares.



Figure 24 : Dépassement de NaOCl provoquant Gonflement (à droite) et ecchymose (à gauche) extra-orale



Figure 25 : Large ecchymose intra-orale suite à une extrusion apicale de NaOCl

II.3.4.2 Dommages sur les vêtements

C'est l'incident le plus courant. On a vu que l'hypochlorite de sodium est utilisé comme agent blanchisseur, ainsi même de petites gouttes vont décolorer les vêtements du patient pouvant entraîner un litige. Il faudra toujours protéger le patient pendant les soins (34).

Il faut également prendre toutes les précautions possibles concernant le goût et l'odeur désagréable de la solution pour le patient.

II.3.4.3 L'instabilité de la solution

L'hypochlorite de sodium ne présente pas une grande stabilité dans le temps. Même si sa demi-vie est raisonnable, plusieurs facteurs peuvent entraîner sa détérioration : le temps, la température, l'exposition à la lumière, la contamination par des ions métalliques (18).

Les solutions commercialisées (comme Prolabo, Parcan Septodont, Abel Biodica (21)) sont dites « stabilisées » mais leurs stockages et leurs conservations doivent être vigilants. Le flacon doit être teinté ou opaque, hermétique et stocké dans un endroit sombre et frais. Les récipients en métal sont proscrits du fait de la réaction du NaOCl avec les métaux (50).

II.3.4.5 Absence d'action chélatante

Le NaOCl ne présente qu'une action négligeable sur les débris minéraux et les calcosphérites. Ainsi, il n'a pas d'action solvante sur la matière minérale. Il ne parvient donc pas à dissoudre la smear layer et doit être couplé avec un produit à action chélatante comme l'EDTA (17).

Le NaOCl répond à de nombreux critères du cahier des charges de la solution d'irrigation. Il fait l'unanimité comme irrigant de choix dans la littérature et les institutions compétentes. Il faut tout de même prendre en compte ses inconvénients pour y pallier.

Une controverse existe au sujet de la concentration idéale entre efficacité et cytotoxicité, on retiendra que l'HAS préconise une solution concentrée à 2,5% (31).

L'hypochlorite de sodium semble donc essentiel au traitement endodontique, mais son action doit être couplée avec un chélateur pour la suppression de la smear layer.

II.4 La Chlorhexidine (CHX)

A cause des effets indésirables du NaOCl, les auteurs ont proposé la chlorhexidine (CHX) comme irrigant endodontique et médication intra-canaire.

II.4.1 Mode d'action

La CHX ($C_{22}H_{30}Cl_2N_{10}$) est une molécule synthétique, développée dans les années 1940 en Angleterre, composée de deux groupes biguanides et deux anneaux symétriques de 4-chlorophenyl connectés par une chaîne d'hexaméthylène. Elle appartient donc à la famille des bis-guanines (52).

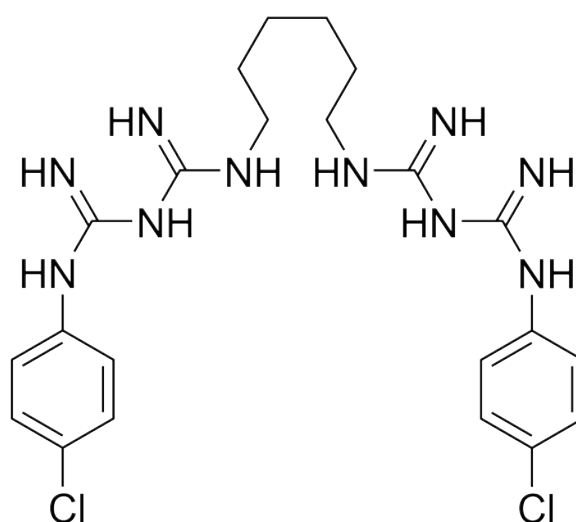


Figure 26 : Structure moléculaire de la chlorhexidine

La CHX est une molécule hydrophile et lipophile qui interagit avec les lipopolysaccharides et les phospholipides de la membrane cellulaire bactérienne. Elle est chargée positivement et réagit avec la charge négative des phosphates de la cellule bactérienne, ce qui va altérer l'équilibre osmolaire de la cellule. Cette augmentation de la perméabilité membranaire va permettre à la CHX de pénétrer dans la bactérie (51, 52).

Pour des hautes concentrations (au dessus de 2%) la CHX est bactéricide et permet la précipitation du contenu cytoplasmique, tandis que pour des concentrations plus faibles (aux alentours de 0,2%), elle crée la fuite extracellulaire du phosphore et du potassium (52).

Dans la pratique dentaire, la CHX se retrouve sous la forme de molécule de digluconate de chlorhexidine dans des concentrations de 0,2% à 2%. En parodontologie, on la retrouve

pour sa capacité à lutter contre la plaque bactérienne entre 0,12 et 0,2%, alors qu'en endodontie, pour une réelle efficacité, on se tournera vers une concentration de 2% (21).

II.4.2 Avantages

II.4.2.1 Action antibactérienne

Le spectre antibactérien de la CHX est intéressant car assez large avec une prédominance pour les Gram +. De nombreuses études ont été menées sur l'efficacité de cette solution, on peut en conclure que la CHX est efficace contre les bactéries endodontiques et notamment *E.faecalis* (qu'elle élimine en quelques secondes ou quelques minutes selon les études). Il a été prouvé qu'une irrigation à la CHX pendant un traitement endodontique réduit significativement la charge bactérienne canalaire. Elle peut être également combinée à de l'hydroxyde de calcium pour augmenter encore plus son efficacité même si certaines études ne parviennent pas à des résultats concluants (52).

La CHX et le NaOCl semblent être aussi efficaces aux mêmes concentrations, par contre la CHX ne doit pas être considérée comme un antiviral efficace car son activité se limite à l'enveloppe lipidique des virus (17, 27, 52).

II.4.2.2 Action antifongique

Les champignons sont présents dans 1 à 17% des canaux infectés, et l'espèce *Candida* est la plus connue. Ainsi il est important d'avoir un irrigant avec une action antifongique importante pour éviter l'apparition d'infections secondaires et/ou persistantes. Plusieurs études ont démontrées l'efficacité de la CHX sur *C.albicans* en quelques minutes d'action(52). Mais en conclusion à toutes ces études, l'action antifongique de la CHX reste significativement moins importante que celle de l'hypochlorite de sodium (51).

II.4.2.3 Son effet sur le biofilm

Même si la CHX agit sur les biofilms, elle ne peut pas les détruire complètement. Seul son association avec des antibiotiques permet une réelle destruction du biofilm endodontique. Il a donc été démontré que son efficacité était moins importante que le NaOCl, notamment sur les biofilms d'*E.faecalis* (qu'elle ne peut éradiquer à n'importe quelle concentration) (14, 51).

II.4.2.4 La Rémanence

La dentine traitée par la CHX, acquiert une rémanence antibactérienne. Effectivement, la CHX relâche des ions chargés positivement qui vont être absorbés par la dentine et ainsi prévenir la colonisation bactérienne pendant un certain temps.

Les études diffèrent sur ce temps de rémanence. En synthétisant les résultats, on peut admettre que la rémanence de la CHX perdure jusqu'à 12 semaines. En réalité, cet effet rémanent dépend du nombre de molécules de CHX disponible pour interagir avec la dentine. Donc, si le traitement se fait avec des concentrations plus importantes, la résistance à la colonisation bactérienne devrait augmenter (51).

La CHX présente donc des avantages certains lors du traitement endodontique que l'on peut résumer par : un large spectre antibactérien, une activité fongique et son effet de rémanence. Même si elle a une action sur le biofilm, le fait qu'elle ne parvienne pas à le détruire complètement ne nous permet pas de le mettre en avant comme un réel avantage. On doit relativiser ces propriétés en rappelant que, d'après les études, l'hypochlorite de sodium semble quand même plus efficace.

Un autre avantage de la CHX qui peut justifier son action par rapport au NaOCl est sa biocompatibilité acceptable. Elle est considérée comme l'agent antiseptique le moins toxique. Elle trouvera donc sa place lors de foramen apicaux très ouverts (51). Il a été démontré que la douleur post-opératoire était moins importante avec une irrigation à la CHX qu'à l'hypochlorite de sodium (7). De plus, ni son odeur, ni son goût ne devrait gêner le patient, à la différence du NaOCl.

Ses propriétés antibactériennes et son effet de rémanence font de la CHX une médication intra-canalair très intéressante si le traitement endodontique ne peut pas être réalisé en une séance. Les études n'ont pas utilisé la CHX dans les mêmes concentrations. A une concentration de 2%, comme recommandée en endodontie, il semblerait que la CHX en gel serait plus efficace que l'hydroxyde de calcium grâce à son action sur *E.faecalis* (52).

II.4.3 Inconvénients

II.4.3.1 Pas d'action protéolytique

On a vu qu'il était essentiel que la solution d'irrigation possède une action solvante sur les tissus organiques et minéraux du canal à traiter pour éviter les infections secondaires. Or, les études ont montré que la CHX n'avait aucune action solvante sur les tissus, elle n'a donc pas d'action sur la smear layer (comme le NaOCl, que l'on peut supplanter par un passage de produit chélatant) mais elle n'a pas non plus d'action de dissolution du tissu pulpaire. C'est l'un de ses inconvénients majeurs à l'inverse de l'hypochlorite de sodium (51).

II.4.3.2 Allergie

Comme pour l'hypochlorite de sodium, ces réactions sont rares et des études ont montré un taux de sensibilité de seulement 2%. Malgré tout, certains symptômes ont été répertoriés comme des desquamations gingivales, des colorations dentaires ou linguales et l'apparition de dysgueusie. Ces effets n'apparaissent généralement qu'après un contact prolongé et répété du produit. Ainsi, même si les réactions sont rares, il est bon de garder en tête la possibilité de leur apparition lors de l'usage de CHX (51).

II.4.3.3 Interaction avec le NaOCl

On a vu que la CHX possédait un spectre antibactérien intéressant et une cytotoxicité moindre par rapport au NaOCl, mais ne possédait pas d'action protéolytique. Certaines études ont alors proposé l'idée de coupler l'action de la CHX, du NaOCl et d'un chélatant (EDTA) afin d'augmenter le spectre d'action de l'irrigation. On a dû alors se pencher sur les interactions entre ces produits (75).

Plusieurs études ont démontré un changement de couleur ainsi que la formation d'un précipité lorsque l'on combine la CHX avec le NaOCl. Ce changement de couleur apparaît même au plus basse concentration en NaOCl. Si l'on augmente cette concentration, la coloration évolue de « orange-pêche » à « brun » avec un précipité de plus en plus important et épais (8, 60, 63).

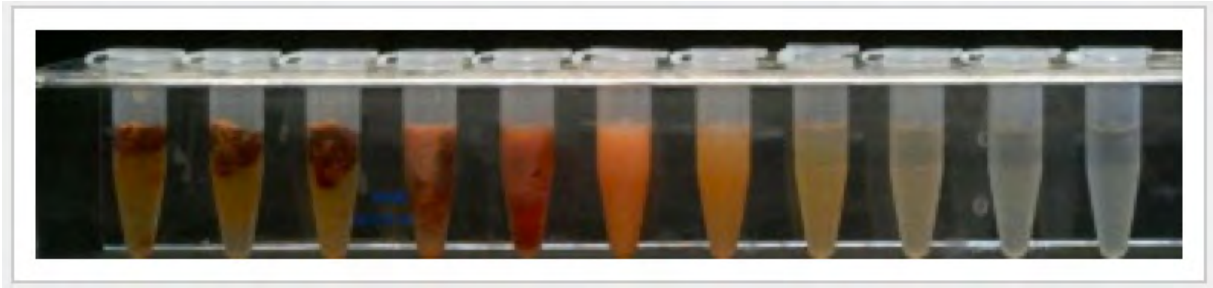


Figure 27 : Tubes contenant des concentrations décroissantes de NaOCl de gauche à droite (6%, 3%, 1,5%, 0,75%, 0,38%, 0,19%, 0,094%, 0,047% et 0,023%) mélangées à de la CHX à 2%. Les deux derniers tubes sont respectivement du NaOCl seul à 6% et de la CHX seule à 2

Cliniquement, ce changement de couleur peut entraîner des colorations dentaires et le précipité a un effet sur la perméabilité dentinaire, obstrue les tubulis et gêne la pénétration du ciment rendant l'obturation finale de mauvaise qualité (8).

On retiendra que la CHX a été proposée comme irrigant afin de lutter contre les effets toxiques de l'hypochlorite de sodium. Malgré ses avantages indéniables, l'absence d'action protéolytique et une efficacité inférieure au NaOCl ne permet pas de l'utiliser seule. Elle peut être utilisée comme irrigation terminale mais il est essentiel de bien sécher les canaux entre l'utilisation du NaOCl et de la CHX pour éviter toutes interactions entre les deux produits.

II.5 Les chélateurs

On a pu voir que l'hypochlorite de sodium apparaît comme la solution d'irrigation répondant le mieux au cahier des charges d'un bon irrigant. Mais le NaOCl n'a pas d'action sur la matière inorganique et la smear layer créée par les instruments de mise en forme (75).

Les agents chélatants sont des complexes particulièrement stables d'ions métalliques couplés à des substances organiques. Ils ont été introduits en endodontie comme une aide à l'irrigation canalaire grâce à leur réaction avec la partie minérale des parois dentinaires permettant un phénomène de déminéralisation (17, 35).

On retrouve plusieurs agents de déminéralisation en endodontie comme l'EDTA, l'acide citrique ou encore le MTAD.

II.5.1 Ethylen Diamine Tetraacetic Acid (EDTA)

C'est en 1951 que Hahn et Reygadas montrent l'effet déminéralisant de l'EDTA sur les tissus dentaires pour la première fois. C'est le composé principal des chélateurs qui reste à l'heure d'aujourd'hui le plus utilisé (35).

II.5.1.1 Mode d'action

La chélation est une réaction physico-chimique aboutissant à un complexe entre l'EDTA et un ion métallique. Cliniquement, l'EDTA va se lier avec les ions calcium constituant les tissus minéralisés dentaires et ainsi désorganiser la structure minérale dentaire (35).

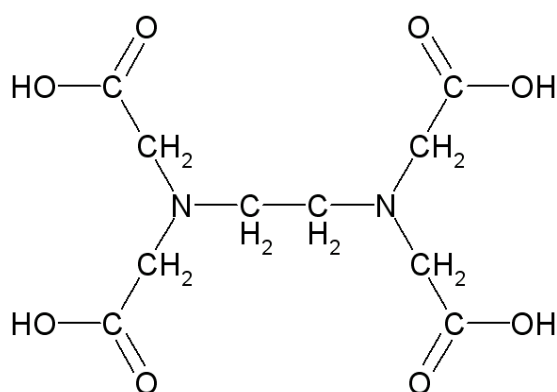


Figure 28 : Structure moléculaire de l'EDTA

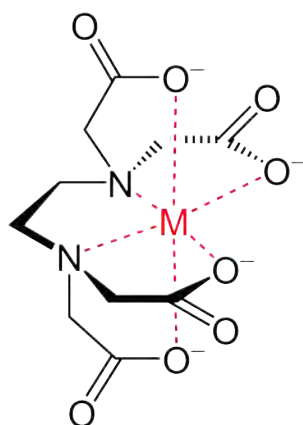


Figure 29 : Formation du complexe EDTA-Cation (M)

On retrouve deux commercialisations possibles de l'EDTA d'usage dentaire : en liquide (avec un EDTA concentré entre 15 et 17% et un pH au alentour de 7,3) ou en gel (émulsion visqueuse formée de 15 à 20% d'EDTA) (75).

II.5.1.2 Avantages

Elimination de la smear layer

On a pu voir dans les rappels de bactériologie endodontique que l'élimination de la smear layer était essentielle pour la réussite du traitement. L'EDTA, étant une substance acide, est active sur la smear layer. Il a une action chélatante sur les composants inorganiques de la smear layer et de nombreuses études ont montré qu'une irrigation avec une solution à 17% d'EDTA nettoie de manière efficace les parois dentinaires. On obtient alors des parois canalaire propres et les tubulis dentinaires sont clairement reconnaissables (35).

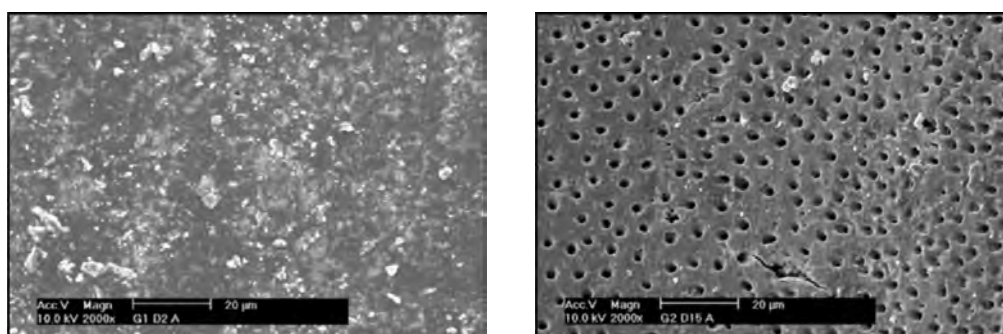


Figure 30 : Image classique de smear layer recouvrant les parois canalaire à gauche et aspect après irrigation par de l'EDTA à 17% à droite

Au sujet des tubulis dentinaires, les orifices sont élargis par la dissolution de la dentine péri-tubulaire. Certaines études montrent même l'érosion de ces tubulis. A cela se rajoute donc une augmentation de la perméabilité dentinaire qui va permettre d'améliorer l'action de la solution d'irrigation qui est couplée à l'EDTA. Effectivement, la trame organique de la smear layer peut subsister après le passage du chélateur, il est donc préconisé de coupler l'EDTA et l'hypochlorite de sodium qui, lui, possède ce pouvoir protéolytique sur les matières organiques (35).

Biocompatibilité

Des études se sont penchées sur l'effet de l'extrusion d'une solution d'EDTA à 15% au delà de l'apex. Aucun dommage péri-apical n'a pu être détecté sur une période de 14 mois. Les examens histologiques ont révélé une régénération de l'os alvéolaire et un ligament parodontal sain. Bien sûr ces résultats sont contrastés par d'autres études, il faut donc, dans

un souci de sécurité, prendre toutes les précautions d'usage pour éviter l'extrusion apicale du produit (35).

Action antibactérienne

Elle est certes très limitée, mais certaines bactéries peuvent posséder sur leur membrane des ions métalliques. L'EDTA peut alors réagir avec ces cations et entraîner la destruction de la paroi bactérienne. Des études ont pu démontrer que son utilisation couplée à celle du NaOCl augmente l'effet antibactérien de 5% par rapport au NaOCl seul (35).

Autres

Les gels d'EDTA présentent souvent des substances tensioactives, effervescentes ou éclaircissantes. Ainsi, leur pénétration dans les canaux est plus facile et permet une remontée des débris. Un éclaircissement est utile pour lutter contre les dyschromies post-traitement (17).

De plus ces gels ramollissent la dentine pariétale et lubrifient les canaux favorisant la coupe et la progression des instruments de mise en forme. Il sont alors très utiles lors de la première phase du passage des instruments canaux en favorisant la perméabilité et en évitant la formation de bouchons (17).

L'action lubrifiante a d'abord été avancée lors de la commercialisation du gel RC-Prep, puis l'action effervescente et blanchissante quand l'EDTA est couplé au peroxyde de carbamide comme pour le Glyde File Prep de Dentsply-Maillefer.

II.5.1.3 Inconvénients

Action néfaste sur la dentine

La dentine possède une certaine dureté (dureté Vickers exprimée en Kg/mm^2) qui diffère selon la section radiculaire et la proximité de la lumière canalaire. L'EDTA diminue fortement la valeur de cette dureté dentinaire, surtout dans les zones en contact direct avec l'irrigant. On va alors parler d'altération de la dentine et de déminéralisation excessive fragilisant la structure interne de la dent.

Interaction avec le NaOCl

L'EDTA a le pouvoir de réduire la concentration en chlore d'une solution de NaOCl. Un mélange des deux solutions produit immédiatement une réduction d'une concentration de base de 0,5% à une concentration finale de 0,06%. Or c'est cette concentration en chlore qui caractérise l'efficacité de la solution. Elle apparaît donc inefficace sur les résidus pulpaire ou les bactéries quand elle est directement mélangée avec le chélateur. Il faut donc prendre plusieurs précautions lors de l'emploi synergique de ces deux produits : Les solutions sont utilisées séparément et les canaux doivent être séchés avec des pointes de papier avant d'irriguer avec une autre solution (35).

Autres

On sait déjà que l'EDTA n'a pas d'action solvante sur les tissus organiques, et une trop faible action bactérienne. Il ne peut donc pas être utilisé seul et doit venir accompagner une solution comme l'hypochlorite de sodium.

Ces solutions ne sont pas bon marché comme le NaOCl, et sont très souvent commercialisées dans des petits conditionnements n'incitant pas une utilisation abondante et régulière (59).

L'EDTA peut donc être retrouvé sous forme de gel ou de solution. La première forme sera utile lors de la pénétration des instruments de mise en forme tandis que la deuxième permettra une réelle irrigation efficace contre la matière inorganique et l'élimination de la smear layer. Son action est complémentaire de la solution d'irrigation principale (le plus souvent l'hypochlorite de sodium) et non indépendante.

II.5.2 L'acide citrique

L'acide citrique est présent en endodontie depuis les années 1970, sous la forme d'un liquide transparent de concentration variable de 6 à 40%. Plus sa concentration augmente, plus la solution sera visqueuse (17).

II.5.2.1 Mode d'action

C'est un acide organique faible présent dans l'alimentation (agrumes) et donc non toxique pour l'homme. C'est un chélateur des ions calcium dont le mécanisme d'action est similaire à celui de l'EDTA (17).

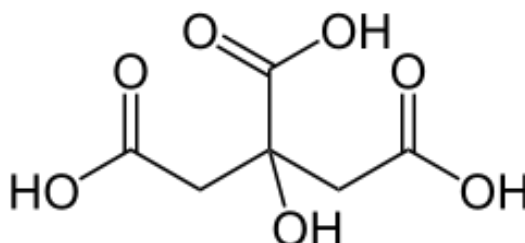


Figure 31 : Structure moléculaire de l'acide citrique

II.5.2.2 Avantages

Biocompatibilité

Comme on a pu le voir, l'acide citrique est beaucoup moins toxique que les autres chélatants et notamment l'EDTA et est en plus biodégradable (17).

Élimination de la smear layer

C'est ce que l'on recherche chez un chélateur. Si on synthétise les différentes études à ce sujet, on peut dire que l'acide citrique est aussi efficace que l'EDTA à concentration équivalente pour dissoudre la trame minérale et ainsi libérer les tubulis dentinaires (17, 30, 75).

Action antibactérienne

Elle est plus importante que l'EDTA. L'acide citrique apparaît même assez efficace contre les bactéries anaérobies. Mais cette efficacité reste mineure par rapport à ce qui est nécessaire et ne suppléante en rien celle du NaOCl. L'acide citrique ne peut donc pas être utilisé seul et, comme l'EDTA, il doit agir en synergie avec la solution d'irrigation principale (30).

II.5.2.3 Inconvénients

Les inconvénients ne sont pas flagrants, dans la littérature, notamment, car peu d'études se sont intéressées à l'acide citrique. On peut néanmoins remarquer qu'il a tendance à se cristalliser lors de son action de déminéralisation et qu'il sera plus érosif sur les parois dentinaires que l'EDTA. Il faudra donc mettre en place un bon protocole de rinçage après son utilisation. De plus, au contact des débris organiques, il va se désactiver très rapidement (17).

II.5.3 Le MTAD

Le MTAD (Mixture of Tetracycline isomer, Acid and Detergent) est une solution associant de l'acide citrique avec de la doxycycline et un détergent (le Tween 80). Le but étant, en couplant plusieurs molécules, d'obtenir une solution « idéale » répondant à tous les critères essentiels de l'irrigation canalaire. Ici on souhaite donc désinfecter les surfaces dentinaires, supprimer la smear layer et ouvrir les tubulis (30, 66).

Au vue de la flore bactérienne endodontique, le choix de la doxycycline semble judicieux. Pour supprimer la smear layer, l'acide citrique a été choisi car il ne présente pas d'interaction avec l'antibiotique. Enfin, pour augmenter la pénétration de la doxycycline dans les parois dentinaires, un abaisseur de la tension superficielle a été rajouté : le Tween 80 (66).

II.5.3.1 Avantages

Action antibactérienne

La doxycycline, de part son spectre d'action, est clairement adaptée à la flore endodontique. Le MTAD apparaît plus efficace que le NaOCl sur *E.faecalis*. L'efficacité est encore plus accrue quand on fait agir en synergie le MTAD et le NaOCl (30).

Elimination de la smear layer

On a vu que l'acide citrique possédait de bonnes propriétés chélatantes sur la trame inorganique et permettait une élimination efficace de la smear layer. Mais la présence de la doxycycline rend cette solution encore plus intéressante. Effectivement, les tétracyclines

ont un pH assez bas, ce qui peut provoquer une action chélatante sur le calcium et ainsi, comme les chélateurs, déminéraliser les surfaces dentinaires. Le MTAD, en irrigation finale, apparaît ainsi encore plus efficace que l'EDTA sur l'élimination de la smear layer, surtout au niveau du tiers apical en étant moins érosif pour la dentine (30, 66).

Effet de rémanence

Comme la CHX, le MTAD (grâce à la présence de la doxycycline) nous permet d'avoir une action antibactérienne rémanente. La solution, qui a pénétré dans la dentine, continue de libérer son contenu dans le temps et ainsi augmente son efficacité contre les infections secondaires (66).

II.5.3.2 Inconvénients

Non indépendant

Comme tous les chélateurs cités jusqu'ici, le MTAD ne peut être utilisé seul. Même si son activité antibactérienne peut, dans certaines études, apparaître plus efficace que celle du NaOCl pour *E.faecalis*, l'activité antimicrobienne du NaOCl reste de meilleure qualité dans sa globalité. Or le but premier de cette solution est de coupler plusieurs molécules afin d'offrir une réelle alternative à la combinaison NaOCl-EDTA. Cela semble malheureusement impossible à l'heure actuelle... (30)

Allergies-intolérances

La présence de la doxycycline n'est pas anodine et doit être prise en compte dans l'utilisation du MTAD. Effectivement elle peut entraîner des allergies, des intolérances, des interactions et des dyschromies dentaires. Elle empêche également l'utilisation de ce produit chez tous les patients (66).

Disponibilité

Le MTAD n'a pas encore, à l'heure actuelle, obtenu son autorisation de mise sur le marché en France. S'il obtient son autorisation, son coût devrait être largement supérieur au NaOCl, ce qui risque de grandement freiner son utilisation dans la pratique courante (17).

II.5.4 Les autres solutions

II.5.4.1 L'eau et le sérum physiologique

Ces solutions sont évidemment les plus biocompatibles. Elles ne présentent aucun effet toxique et n'entraînent pas d'effets secondaires. En contre partie, ce sont des solutions sans aucune propriété antibactérienne ou solvante. Elle n'ont pas d'action antiseptique et n'agissent pas sur la smear layer.

Leur seule action est purement mécanique en créant un flux de liquide avec mise en suspension et évacuation des débris (17).

II.5.4.2 Le peroxyde d'hydrogène (H_2O_2)

C'est un liquide incolore utilisé, en dentisterie, à des concentrations de 1 à 30%. L'eau oxygénée est un composé oxydant grâce à sa production de radicaux libres ($\bullet OH$) qui vont attaquer des composants cellulaires essentiels : les protéines, les lipides et les chaînes d'ADN (30).

Son activité est accrue à pH acide mais resterait brève et limitée par la présence de matière organique. La concentration à usage antiseptique majoritairement utilisée en endodontie est de 3%, c'est à dire que la solution contient 3% en poids de peroxyde d'hydrogène et dégage 10 fois son volume en oxygène gazeux (17).

Cette solution présente certains avantages dans la pratique endodontique (17, 30) :

- Action antimicrobienne : elle est efficace contre les virus, les levures, les spores et certaines bactéries. Son spectre antibactérien n'est pas négligeable notamment sur les bactéries anaérobies par libération d'oxygène. H_2O_2 est plus efficace sur les bactéries à Gram – que sur les Gram +. Cette activité doit être relativisée. Effectivement, de nombreuses études montrent qu'une association NaOCl- H_2O_2 et NaOCl seul ne présentent pas de différences significatives sur l'efficacité antiseptique. De plus, la CHX et l'hypochlorite de sodium ont une activité antimicrobienne plus importante que l'eau oxygénée, rendant donc son utilisation obsolète.
- Interaction avec NaOCl : le mélange entre ces deux solutions produit du NaCl, de l'eau et de l'oxygène. La formation du gaz O_2 est intéressante car responsable d'un phénomène d'effervescence qui facilite l'évacuation des débris canaux.

- Action blanchissante : c'est une des grandes propriétés de l'eau oxygénée. Le peroxyde d'hydrogène est souvent utilisé comme agent blanchissant dans plusieurs domaines et notamment en dentisterie pour l'éclaircissement dentaire. On pourra donc, grâce à lui, traiter ou prévenir les dyschromies.

A ces avantages se rajoute un inconvénient majeur : son caractère irritant pour le péri-apex. Le peroxyde d'hydrogène crée des inflammations ligamentaires et même des résorptions externes. Il peut entraîner des douleurs et des emphysèmes gazeux post-opératoires, il est donc essentiel de bien rincer le canal à l'eau distillée avant son obturation (17).

A l'heure actuelle, l'utilisation du peroxyde d'hydrogène n'est plus recommandée car son action antibactérienne est moins efficace que les solutions vu précédemment et il ne possède aucun pouvoir solvant (17, 30).

II.5.4.3 Les Ammoniums quaternaires

Ce sont des cations polyatomiques de structure générale NR_4^+ , R pouvant être un groupe alkyle ou aryle. Ils sont caractérisés par leur bipolarité et leur caractère tensioactif. En endodontie, on utilise le chlorure de benzalkonium et le cétridine. Ils seront toujours associés à d'autres composants (comme l'EDTA) pour ajuster le pH à 7,4 (17).

Ils créent des lésions irréversibles des membranes cellulaires des micro-organismes et ainsi être bactéricides et bactériostatiques selon leur concentration (surtout sur les Gram +). Ils sont également fongicides (17).

Par contre, leur spectre antibactérien reste étroit et ils vont être à l'origine de résistance, surtout sur les Gram – et les staphylocoques. En présence de matière organique leur efficacité est inhibée, ce qui rend leur utilisation complexe en endodontie. Ils ne sont pas sporicides et leur activité est faible sur les virus.

Leur toxicité est également à prendre en compte, ils sont responsables de sensibilisation et leur pouvoir détergent peut être à l'origine de nécroses épithéliales (17).

En résumé, malgré quelques points positifs, leur utilisation ne semble pas justifiée dans la pratique endodontique en comparaison aux solutions déjà présentées.

II.5.4.4 Les dérivés iodés

Ils sont utilisés depuis des décennies pour la désinfection des surfaces, de la peau et des champs opératoires. Ces solutions sont actives rapidement sur les bactéries, les spores, les champignons et les virus même à faible concentration. Mais les solutions aqueuses d'iode sont plutôt instables d'où le développement d'iodophores (« transporteurs d'iodes »). Ce sont des complexes de molécules d'iode (I_2) et d'agents de solubilisation, comme la povidone iodée (30).

En endodontie, on utilise l'iodure de potassium qui présente de bon résultat antibactérien mais ne semble pas apporter un plus par rapport aux dérivés chlorés. Le risque allergique et le phénomène de coloration brune inhérent à l'utilisation d'iode n'encourage pas l'utilisation de ces solutions (53).

II.5.4.5 L'ozone (O_3)

L'ozone est une forme gazeuse de l'oxygène, énergique et instable, qui se dissocie en oxygène (O_2) et en oxygène singulet très réactif (O_1). L'oxygène singulet a un pouvoir oxydant important sur les cellules, ce qui donne à ces solutions leur pouvoir antimicrobien. Malheureusement, les résultats des études qui se sont penchées sur l'ozone en endodontie, et surtout sur son efficacité contre les bactéries endodontiques, sont assez incohérents. Cette incohérence est en partie due au manque d'information sur la concentration et le temps d'action efficace de l'ozone dans les canaux. On retiendra que la concentration de l'ozone utilisé en endodontie est généralement au alentour de $4g/m^3$ pour être le moins cytotoxique possible (moins que le NaOCl à 2,5%) (53).

En synthétisant les études réalisées, on peut dire que l'ozone possède un effet antibactérien important sur les bactéries sous forme planctonique (notamment *E.faecalis*) mais l'effet est grandement diminué quand on l'étudie sur le biofilm. Dans tous les cas cette activité antibactérienne n'est pas comparable au NaOCl, l'ozone ne peut donc pas être considéré comme une alternative à l'irrigation à l'hypochlorite de sodium (33, 53).

Le praticien est donc confronté à un large choix de produits pour réaliser l'irrigation de ses traitements endodontiques. Pour plus de clarté, nous pouvons présenter les principales solutions sur le tableau suivant.

Solutions (Concentration recommandée)	Action sur le Biofilm	Capacité de dissolution Des tissus pulpaire	Action sur la Smear layer	Cytotoxicité	Potentiel Allergique
<i>Hypochlorite de sodium</i> (2,5%-3,5%)	★★	★★★	★★ (uniquement sur composés organiques)	★★	★
<i>Chlorhexidine</i> (2%)	★★	★	★	★	★
<i>EDTA</i> (15%-17%)	★	★	★★★ (uniquement sur composés inorganiques)	★	★
<i>Acide citrique</i> (6%-40%)	★	★	★★★ uniquement sur composés inorganiques)	★	★

Figure 32 : Tableau récapitulatif des principales solutions d'irrigation.

★ Absent ou mineur ★★ Clairement présent ★★★ Fort

III. Le « gold standard » de l'irrigation à l'heure actuelle

III.1 Choix de l'irrigant principal

De toutes les solutions que l'on a pu présenter, l'hypochlorite de sodium (NaOCl) apparaît comme la plus proche de la « solution idéale ». C'est celle qui couvre le plus de propriétés nécessaires pour une bonne solution d'irrigation. Elle possède la capacité unique de dissoudre de manière extrêmement efficace les composés organiques de la smear layer et les restes pulpaire nécrotiques. Son activité antibactérienne est convenable, surtout lorsque les bactéries sont organisées en biofilm. Il est bon de rappeler que cette solution doit être utilisée en suivant un protocole précis pour éviter ou diminuer le risque cytotoxique (75).

La chlorhexidine n'est pas à bannir, elle peut s'avérer utile dans certains cas, comme pour la présence de foramen ouvert (l'utilisation du NaOCl sera alors trop dangereux pour le péri-apex), la chirurgie endodontique, la médication temporaire (en gel) ou encore pour lutter contre une flore bactérienne résistante au NaOCl (21).

Les gels chélatants ont leur importance par leur action lubrifiante pour faciliter l'insertion des instruments endodontiques et limiter les risques de fractures.

Les solutions chélatantes quand à elles (EDTA et acide citrique) sont essentielles de par leur action sur la trame minérale et ainsi l'élimination de la smear layer créée lors de la mise en forme canalaire.

III.2 Protocole d'irrigation

L'irrigation doit débiter dès l'ouverture de la chambre pulpaire par une solution d'hypochlorite de sodium à 2,5% (31).

Le cathétérisme peut être aidé par les gels chélatants d'EDTA (Glyde par exemple) afin de faciliter le travail des premiers instruments. Par la suite, l'irrigation au NaOCl à 2,5% doit être abondante (1mL selon l'HAS, jusqu'à 4mL par canal dans la littérature) et renouvelée entre chaque passage d'instrument. Certaines études disent même que les canaux devraient toujours être remplis de solution afin d'augmenter leur temps d'action sur les parois dentinaires (31, 59, 75).

Les solutions peuvent être amenées dans le canal par différentes méthodes, on retiendra la nécessité d'une aiguille dont l'extrémité présente un méplat ou une sortie latérale (comme l'Endoneedle) pour obtenir un reflux de la solution et limiter les risques d'extrusion. Dans le même but, l'aiguille ne doit pas se bloquer dans le canal (la préparation doit être suffisante), l'éjection se fait à faible pression, lentement et à 2mm de la longueur de travail. Comme on a pu le voir lors de l'étude des différents moyens d'irrigation, l'activation de la solution d'hypochlorite de sodium (à l'aide des US par exemple) est essentielle pour potentialiser son action antibactérienne et lui permettre d'accéder à l'ensemble du réseau canalaire radiculaire.

Une fois la préparation canalaire terminée, et avant de passer à l'obturation, il est nécessaire d'éliminer la smear layer créée par les instruments. Pour cela, on utilise une solution d'EDTA à 17% (ou acide citrique à 5%) pendant 2 minutes à raison de 2mL par canaux. Il faut éviter de trop prolonger l'action de l'EDTA pour empêcher l'apparition d'effets néfastes comme la déminéralisation trop importante de la dentine. Une fois la boue dentinaire éliminée, il faut réaliser un rinçage final et abondant au NaOCl à 2,5% (2 minutes pour environ 3 à 5mL par canal) afin d'obtenir un complément de désinfection et de compléter l'ouverture des canalicules dentinaires. Si l'obturation n'a pas lieu immédiatement et que l'on souhaite passer par une médication temporaire avec un gel à la

chlorhexidine il est plus judicieux de réaliser ce rinçage final à la chlorhexidine pour obtenir un effet de rémanence qu'il n'est pas possible d'obtenir avec le NaOCl. On utilise alors une solution de CHX à 2%. Dans ce cas précis, il faut bien faire attention de bien éliminer tout le NaOCl présent dans le canal pour éviter une réaction des deux produits qui entrainerait une coloration et un précipité (17, 21, 59, 75).

PARTIE II :
EXPERIMENTATION

I. Introduction

Le traitement endodontique recherche l'élimination de tous les microorganismes présents dans l'intégralité du réseau canalaire radiculaire. La préparation mécanique et l'irrigation agissent en synergie pour atteindre cet objectif. Un grand panel de méthodes d'irrigation endodontique existe sur le marché mais les laboratoires poursuivent leurs recherches afin d'améliorer constamment notre pratique quotidienne et parvenir à une méthode efficace et simple.

Nous nous sommes intéressés à un nouveau prototype d'irrigation du laboratoire suisse Produit Dentaire SA : le CleanJet Endo. Il s'agit d'un spray endodontique assurant une meilleure conservation de l'hypochlorite de sodium par rapport aux méthodes actuelles (58).

Le but de cette étude est d'évaluer :

- L'efficacité de ce prototype d'irrigation sur l'élimination des débris canaux et de la smear layer suite à une préparation mécanique avec le prototype U-Solution U108 de MicroMéga : il s'agit de l'étude 1.
- L'efficacité de la préparation entre le U-Solution et le Hero-Shaper. Pour cette deuxième expérimentation on utilisera le même système d'irrigation seringue-aiguille classique : il s'agit de l'étude 2.

II. Matériels et méthode

II.1 Choix des échantillons

Cette expérimentation est réalisée par un seul opérateur au sein de la faculté de chirurgie dentaire de Toulouse.

Il a été sélectionné 52 racines monocanales à partir de la banque dentaire de la sous section d'OCE d'après les critères d'inclusion suivants :

- Les dents peuvent être mono ou pluri-radiculées, mais ne doivent contenir qu'un seul canal pour la ou les racines exploitables.
- L'apex doit être mature.
- La racine doit être droite, ou avec une courbure faible (inférieure à 10°).
- Le canal doit être facilement accessible et assez large pour être cathétérisé par une lime de 10/100 de mm.

Les critères d'exclusion sont :

- La présence de fêlures radiculaires.
- La présence de caries radiculaires.
- Les racines à plusieurs canaux.
- Les apex ouverts ou immatures.
- Les racines présentant déjà un traitement endodontique.
- Les racines courbes.
- Les canaux minéralisés.

Les 52 racines monocanalaire répondant à ces critères sont divisées en 5 groupes homogènes :

- Groupe 1 (12 racines) : Mise en forme avec le prototype « U-Solution », U108 (MicroMéga, Besançon, France) qui est un système de rotation continue asymétrique et mono-instrumental et irrigation avec le CleanJet Endo et son aiguille.
- Groupe 2 (12 racines) : Mise en forme avec le U-Solution et irrigation avec l'aiguille du système CleanJet Endo montée sur une seringue Monoject Luer-Lock.
- Groupe 3 (12 racines) : Mise en forme avec le U-Solution et irrigation avec une seringue Monoject Luer-Lock et une aiguille 27G (Endoneedle, Elsodent, G-Pharma, Cergy Pontoise, France).
- Groupe 4 (12 racines) : Mise en forme avec le système Hero Shaper (MicroMéga, Besançon, France) et irrigation avec une seringue Monoject Luer-Lock et une aiguille Endoneedle de 27G.
- Groupe 5 (4 racines) : Groupe témoin, comprenant 2 racines irriguées avec le CleanJet Endo et son aiguille mais non préparées (ISP) et 2 racines préparées avec le U-Solution mais non irriguées (PSI).

II.2 Préparation des échantillons

Les dents sélectionnées sont nettoyées grâce à un matériel ultra-sonique (P5 Newtron LED, Satelec, Groupe Acteon, France). Elles sont ensuite étudiées sous le microscope binoculaire WILD M3B de la sous section d'OCE (Leica Microsystems, Wetzlar, Allemagne) afin d'affirmer l'absence de fêlures.

La couronne dentaire est supprimée afin de n'obtenir que la racine à l'aide d'une turbine et de fraises congées et sulcus (Stoner, Brent, Suisse). Si la cavité d'accès ainsi créée n'est pas suffisante, une fraise endo-Z est utilisée.

La pénétration initiale est réalisée à l'aide de limes K 10 et 15 (MicroMega, Besançon, France). La détermination de la longueur de travail (LT) est visuelle.

La lime est amenée jusqu'à l'effleurement du foramen apical, sous microscope binoculaire, et 1 mm est retiré à cette longueur pour obtenir la LT. Les mesures s'effectuent grâce à une jauge endodontique classique sans gouttière.



Figure 33 : Limes K MicroMega et jauge conventionnelle utilisée pour l'expérimentation.

La mise en forme est réalisée par :

- le système Hero Shaper pour le groupe 4, en utilisant la séquence bleu pour la majorité des racines car les canaux étaient assez larges et à faible courbure. Il a donc été utilisé deux instruments rotatifs de diamètre 30. Le premier d'une conicité de 6% jusqu'au 2/3 de la LT et le deuxième d'une conicité de 4% jusqu'à la LT. Pour les canaux plus complexes, la séquence rouge a été utilisée (49).
- le prototype « U-Solution » de MicroMega (unique et asymétrique) pour les autres racines. Un seul instrument a donc été utilisé en trois étapes successives : préparation du 1/3 coronaire, puis du 1/3 médian et enfin la préparation du 1/3 apical jusqu'à la LT.

Cette préparation canalaire a été effectuée à une vitesse de 350 trs/min et un torque de 5 N.cm grâce à un moteur endodontique X-Smart (Dentsply, Konstanz, Allemagne).

II.3 Irrigation des échantillons

II.3.1 CleanJet Endo

Le CleanJet Endo est un prototype d'irrigation en spray (récipient de NaOCl à 3% sous pression de 100mL) développé par le laboratoire Produit Dentaire et que l'on souhaite expérimenter dans cette étude. Il est décrit comme facile et rapide d'utilisation, et permettant une meilleure stabilité du NaOCl dans le temps (58).

L'aiguille de ce système est une canule souple présentant 3 ouvertures latérales situées de 1 à 2mm de son extrémité. Elle présente un diamètre d'approximativement 30G. Il s'agit également d'un prototype.



Figure 34 : Visualisation 3D du laboratoire (gauche) et spray fournis pour l'étude (droite).

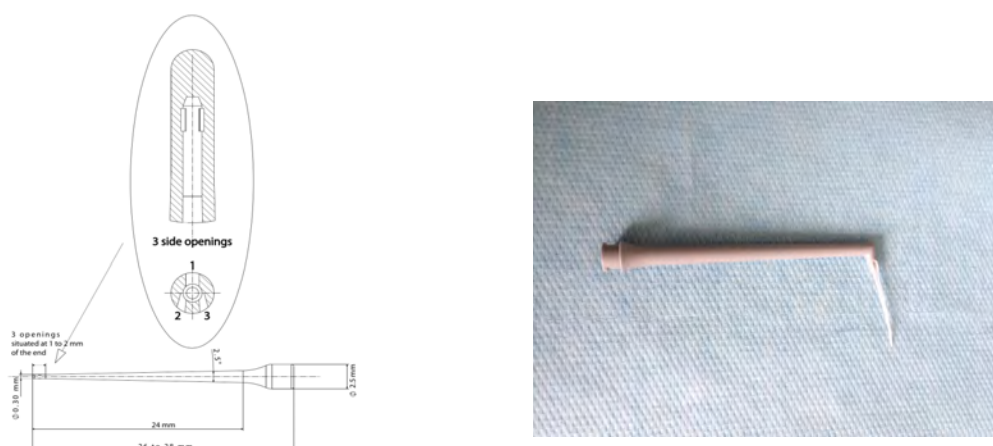


Figure 35 : Schéma du prototype de canule (gauche) et canule (montée sur le raccord) fournis pour l'étude (droite)



Figure 36 : Illustration des 3 ouvertures latérales, créant 3 jets distincts de produit.

L'irrigation avec le spray a été réalisée en amenant la canule à LT-1mm et en appliquant une pression pendant 3 secondes. Elle a été renouvelée entre chaque passage d'instrument ou chaque 1/3 radiculaire pour le U-Solution.

II.3.2 Système traditionnel seringue-aiguille

Pour l'irrigation conventionnelle, il a été choisi une seringue Monoject Luer-Lock et une aiguille Endoneedle de 27G. L'irriguant utilisé est le même NaOCl à 3% que celui contenu dans le spray, également fourni par le laboratoire. L'irrigation a lieu entre chaque passage d'instrument où entre chaque 1/3 radiculaire pour le U-Solution. Chaque irrigation correspond à un volume de 2mL de NaOCl.



Figure 37 : Seringue Monoject Luer-Lock et aiguille Endoneedle 27G utilisées pour l'étude

II.4 Acquisition au Microscope Electronique à Balayage (MEB)

Une fois les racines préparées et irriguées, le MEB nous a permis d'analyser la qualité du nettoyage canalaire.

Pour cela, on réalise, grâce à un disque monté sur pièce à main, une rainure verticale et une rainure horizontale (au milieu de la racine) sur l'ensemble du contour radiculaire.

L'application d'une force sur un bistouri placé dans ces rainures a permis de fracturer la dent, aux endroits voulus, en 2 puis 4 morceaux distincts exposant l'intérieur du canal endodontique. Cette méthode a été préférée à celle, plus simple, de séparer les racines directement avec le disque afin de ne pas contaminer l'intérieur des canaux par la poussière générée par le disque. On obtient donc, par racine, 4 fragments : 2 fragments coronaires et 2 fragments apicaux.

Ces fragments ont été positionnés sur un chariot du MEB grâce à du scotch carbone afin d'être observés sans préparation au MEB LowVacuum.

Pour chaque fragment, 6 images ont été enregistrées : 2 grossissements x100 (coronaire et apical du fragment) et 4 grossissements x750 (2 au sein de l'image x100 coronaire du fragment et 2 au sein de l'image x100 apical du fragment).



Figure 38 : Groupe 1 séparé en fragment (gauche) et chariot du MEB avec les fragments sur scotch carbone (droite)

Cette étude s'est déroulée en collaboration avec le service de génie physique de l'INSA.

II.5 Analyse des acquisitions

Les images recueillies pour chaque groupe ont été analysées par deux opérateurs en aveugle.

La présence de débris (sur les grossissements x100 et x750) et de smear layer (sur les grossissements x750) a été scorée selon la classification suivante reposant sur une synthèse des études de *Hülsmann et al (1997)* et *Mayer et al (2002)* (36, 45):

Pour la smear layer :

- Score 1 : Tous les tubulis sont ouverts, il y a pas ou très peu de smear layer.
- Score 2 : Quelques tubulis sont ouverts, tandis que d'autres sont recouverts d'une fine couche de smear layer.
- Score 3 : Peu de tubulis sont ouverts, le reste est recouvert d'une fine couche homogène de smear layer.
- Score 4 : Tous les tubulis sont recouverts d'une couche homogène de smear layer, aucun tubulis n'est visible.
- Score 5 : Une couche inhomogène et épaisse recouvre complètement les parois canalaire.

Pour les débris :

- Score 1 : Le canal est propre, il n'y a pas de débris ou de particules (ou quelques traces).
- Score 2 : Présence minimale de débris en petit amas.
- Score 3 : Des amas de débris recouvrent moins de 50% de la paroi canalaire.
- Score 4 : Des amas de débris recouvrent plus de 50% de la paroi canalaire.
- Score 5 : Des amas de débris recouvrent la totalité de la paroi canalaire.

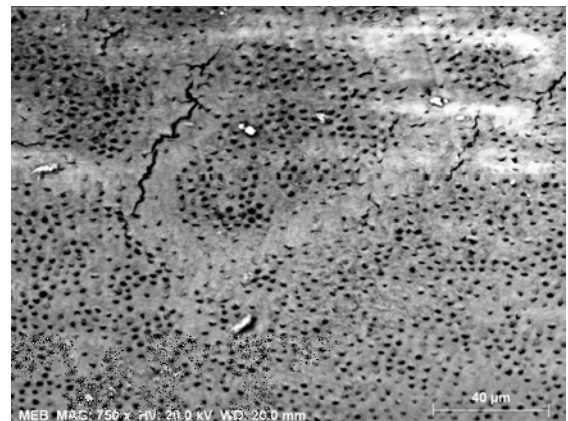
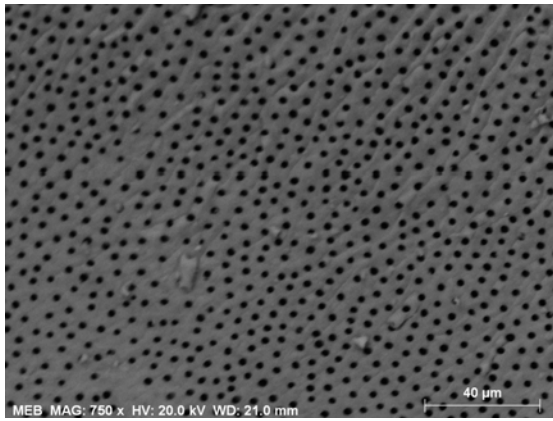


Figure 39 : Score 1 smear layer (gauche), Score 2 smear layer (droite).

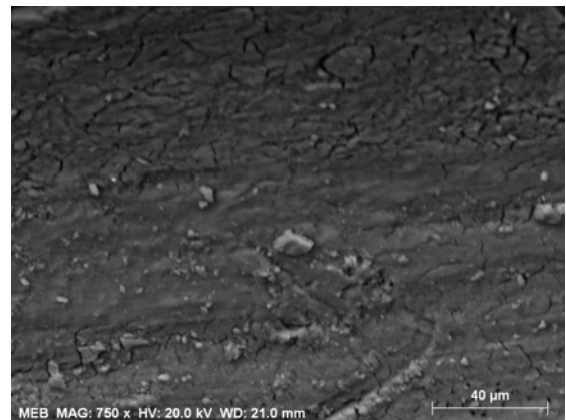
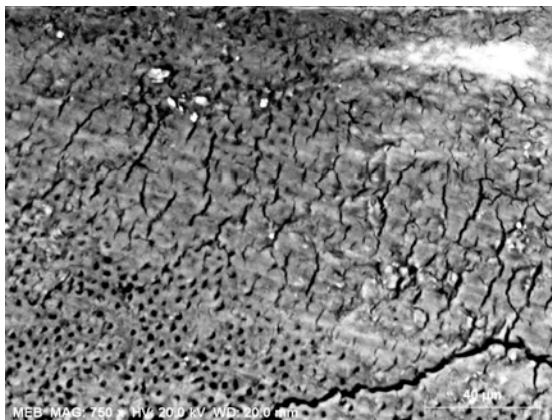


Figure 40 : Score 3 smear layer (gauche), score 4 smear layer (droite).

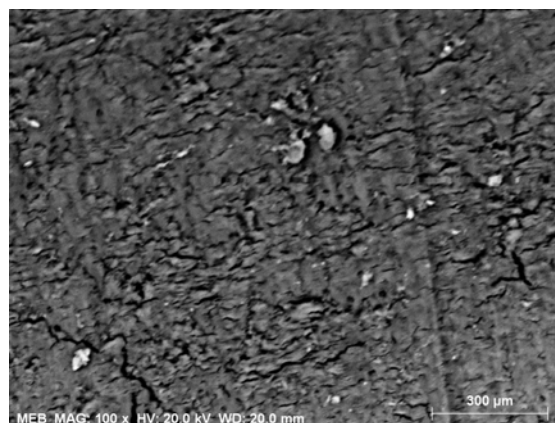


Figure 41 : Score 5 smear layer.

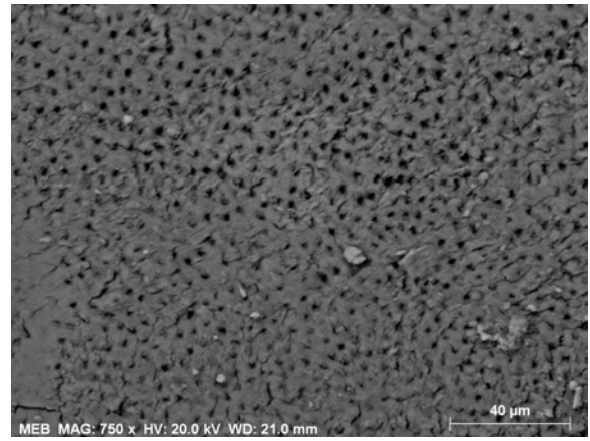
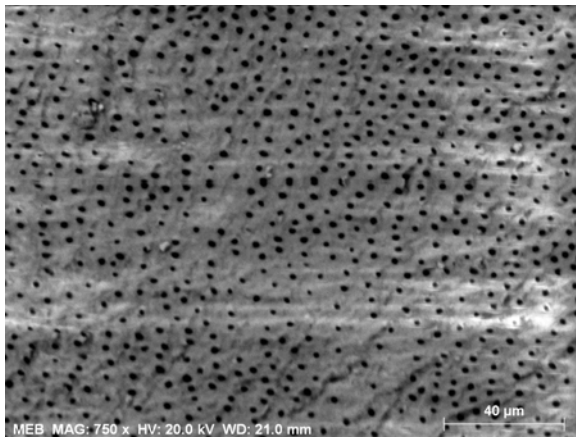


Figure 42 : Score 1 débris (gauche), score 2 débris (droite).

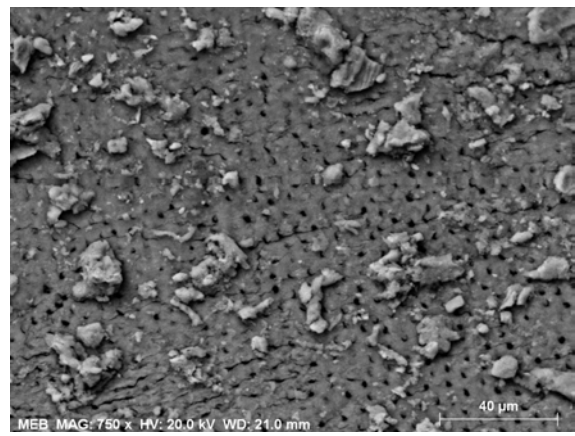
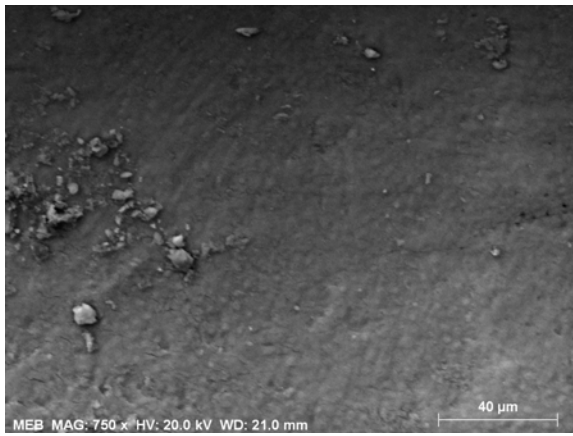


Figure 43 : Score 3 débris (gauche), score 4 débris (droite)

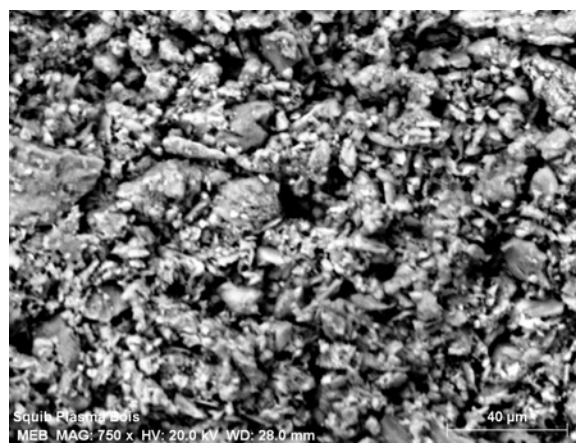


Figure 44 : Score 5 débris

II.6 Analyse statistique

Le recueil des scores se fait dans un tableur Excel (Microsoft Excel pour Mac 2011) et sont soumis au test d'égalité de la variance pour déterminer les variations inter observateur. Une analyse de la variance est ensuite effectuée sur les quantités de débris, quantités de smear layer et niveau d'observation. Cette analyse est complétée par un test a posteriori de Fisher. Tous ces tests sont réalisés avec un risque α de 5%.

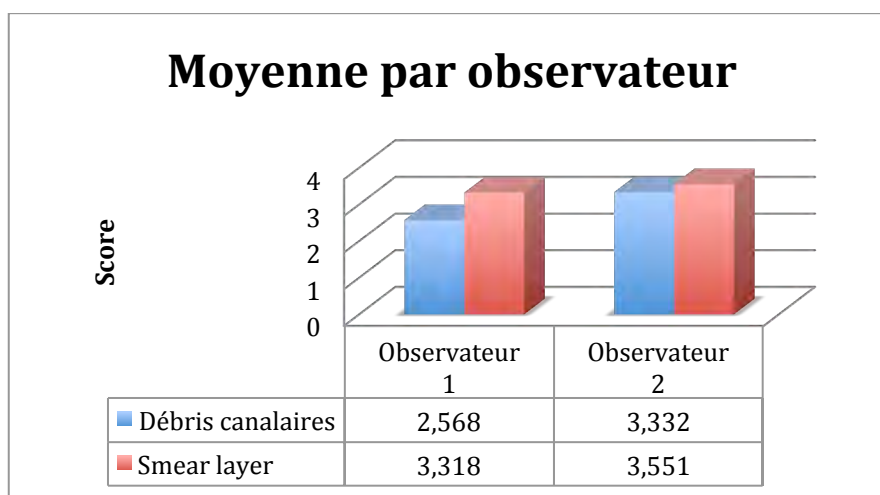
III. Résultats

III.1 Résultats des témoins

	Moyenne score Débris canalaires	Moyenne score smear layer
Irrigation sans préparation	3,859	4,1
Préparation sans irrigation	4,62	4,281

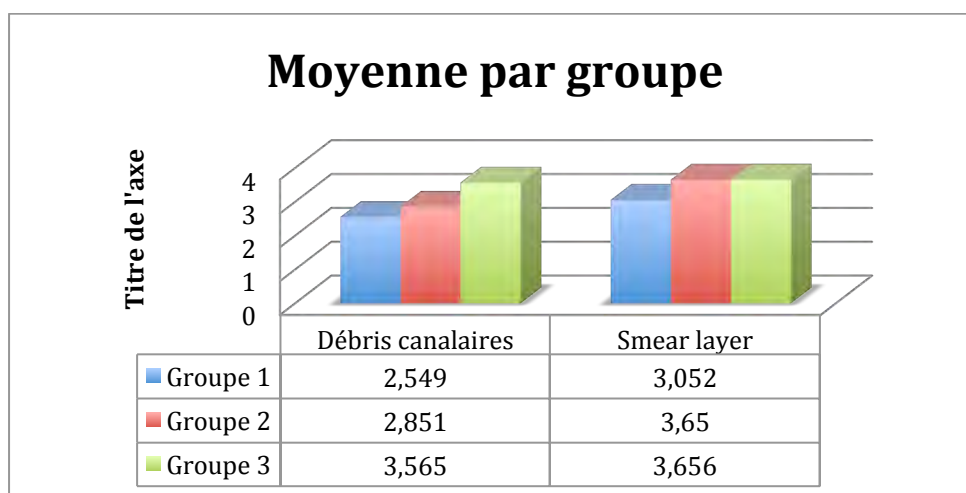
III.2 Analyse statistique de l'étude 1 (groupe 1 à 3)

III.2.1 Analyse des observateurs



L'analyse de la variance inter-observateur est statistiquement significative pour les débris canalaires ($p < 0,0001$) et la smear layer ($p = 0,0027$). Les deux observateurs n'ont pas analysé les acquisitions de la même manière.

III.2.2 Analyse descriptive



L'analyse de la variance nous confirme une différence entre les groupes aussi bien pour les débris canalaires ($p < 0,0001$) que pour la smear layer ($p < 0,0001$).

Le groupe 1 présente le nettoyage le plus efficace pour les deux paramètres. Le groupe 2 est plus efficace que le groupe 3 pour le nettoyage des débris canalaires.

Le test à posteriori de Fisher permet de mettre en évidence les différences en comparant les groupe deux par deux.

	Différence Moy.	Valeur de P	Significativité
Groupe 1 vs Groupe 2	-0,302	0,0006	S
Groupe 1 vs Groupe 3	-1,016	<0,0001	S
Groupe 2 vs Groupe 3	-0,714	<0,0001	S

Figure 45 : Test à posteriori de Fisher pour l'étude 1 sur les débris canalaires.

Pour les débris canalaires, on note donc une différence significative entre les 3 groupes.

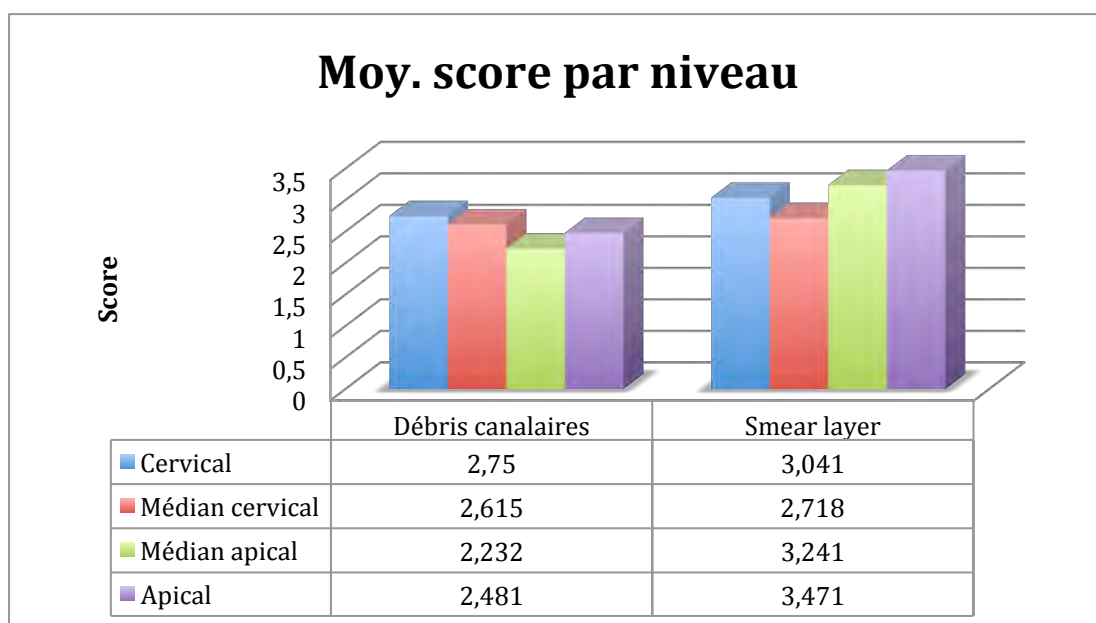
	Différence Moy.	Valeur de P	Significativité
Groupe 1 vs Groupe 2	-0,598	<0,0001	S
Groupe 1 vs Groupe 3	-0,605	<0,0001	S
Groupe 2 vs Groupe 3	-0,006	0,9506	NS

Figure 46 : Test à posteriori de Fischer pour l'étude 1 sur la smear layer

Pour la smear layer on note une différence significative entre le groupe 1 et le groupe 2 et entre le groupe 1 et le groupe 3. Par contre la différence n'est pas statistiquement significative entre le groupe 2 et le groupe 3.

III.2.3 Analyse des niveaux d'observation

III.2.3.1 Groupe 1 (CleanJet Endo)



L'analyse de la variance nous confirme des différences significatives de résultats selon le niveau d'observation pour les débris canaux ($p=0,0101$) et la smear layer ($p=0,0041$).

Le test à posteriori de Fisher nous permet de savoir où se trouvent ces différences en comparant les niveaux d'observation deux à deux.

	Différence Moy.	Valeur de P	Significativité
Cervical Vs Médian cerv.	0,135	0,3541	NS
Cervical Vs Médian api.	0,518	0,0011	S
Cervical Vs Apical	0,269	0,1397	NS
Médian cerv. Vs Médian api.	0,383	0,0162	S
Médian cerv. Vs Apical	0,134	0,4640	NS
Médian api. Vs Apical	-0,249	0,1958	NS

Figure 47 : Résultat du test à posteriori de Fisher pour le groupe 1 sur les débris canaux.

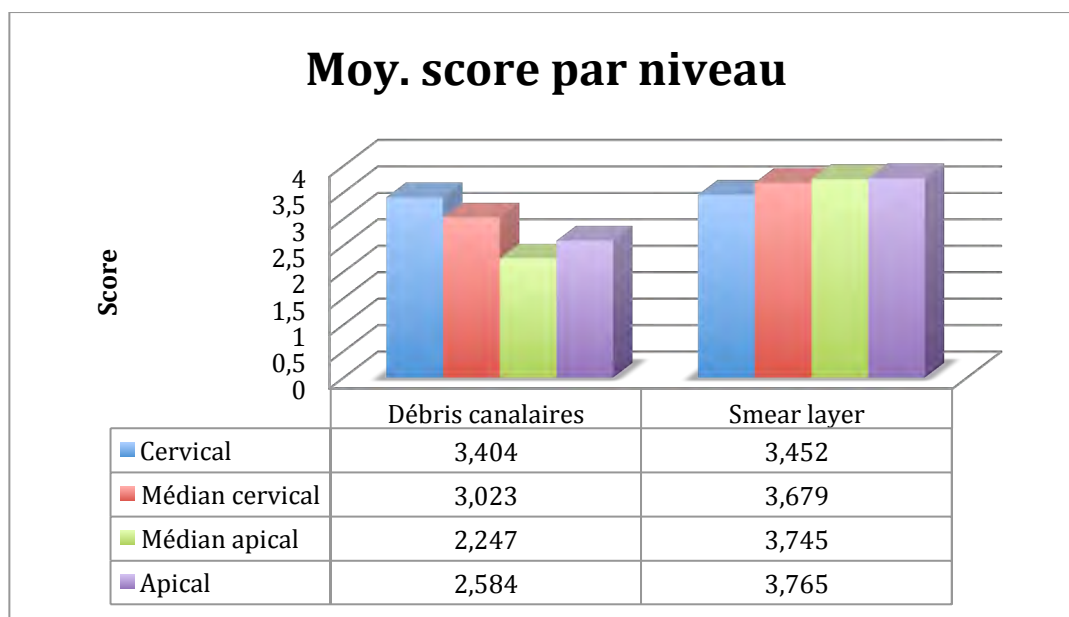
Pour les débris canaux, seuls les différences entre le niveau cervical et médian apical et le niveau médian cervical et médian apical sont statistiquement significatives.

	Différence Moy.	Valeur de P	Significativité
Cervical Vs Médian cerv.	0,322	0,0730	NS
Cervical Vs Médian api.	-0,200	0,3000	NS
Cervical Vs Apical	-0,430	0,0552	NS
Médian cerv. Vs Médian api.	-0,522	0,0077	S
Médian cerv. Vs Apical	-0,752	0,0009	S
Médian api. Vs Apical	-0,230	0,3306	NS

Figure 48 : Résultats du test à posteriori de Fisher pour le groupe 1 sur la smear layer

Pour la smear layer, seuls les différences entre les niveaux médian cervical et médian apical d'une part, et médian cervical et apical d'autre part sont significatives.

III.2.3.2 Groupe 2 (Seringue-canule CleanJet Endo)



L'analyse de la variance nous confirme une différence significative pour les débris canaux en fonction du niveau d'observation ($p < 0,0001$). Par contre, les différences ne sont pas significatives pour la smear layer ($p = 0,2755$).

On réalise le test a posteriori de Fisher pour les débris canaux afin de repérer où se situent les différences.

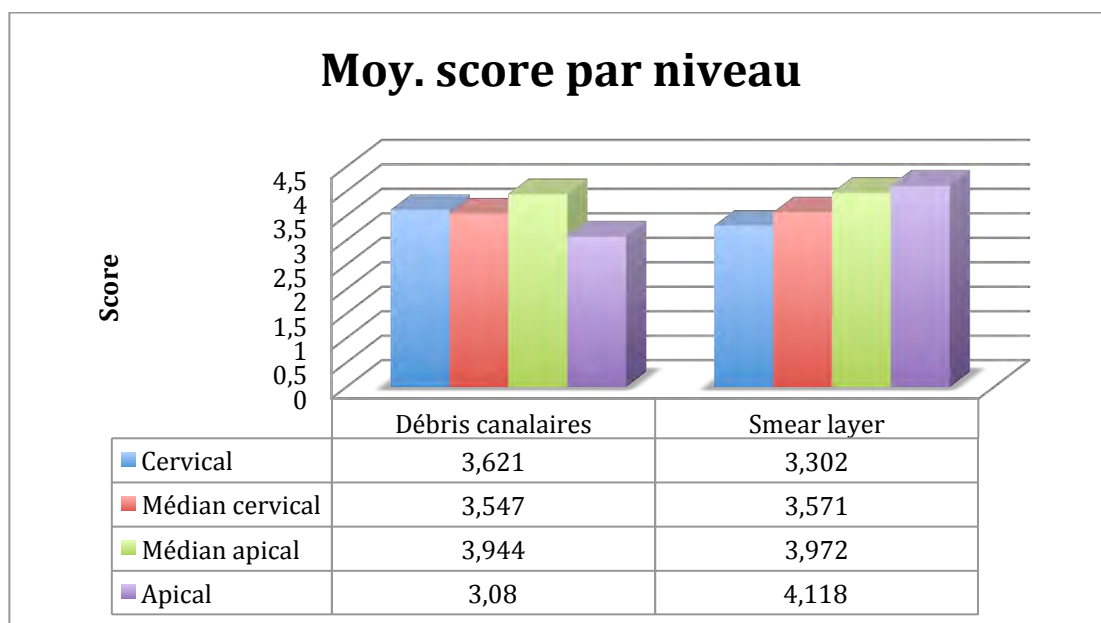
	Différence Moy.	Valeur de P	Significativité
Cervical Vs Médian cerv.	0,382	0,0261	S
Cervical Vs Médian api.	1,158	<0,0001	S
Cervical Vs Apical	0,820	<0,0001	S
Médian cerv. Vs Médian api.	0,776	<0,0001	S
Médian cerv. Vs Apical	0,438	0,0152	S
Médian api. Vs Apical	-0,338	0,0695	NS

Figure 49 : Résultats du test à posteriori de Fisher pour le groupe 2 sur les débris canalaires.

Seuls les différences entre le niveau médian apical et le niveau apical ne sont pas statistiquement significatives.

Pour la smear layer, le test à posteriori de Fisher a confirmé qu'aucune différence n'était significative entre tous les groupes.

III.2.3.3 Groupe 3 (Seringue-Endoneedle)



L'analyse de la variance nous montre des différences significatives aussi bien pour les débris canalaires ($p=0,0009$) que pour la smear layer ($p<0,0001$).

Le test à posteriori de Fisher nous permet de situer ces différences entre les niveaux d'observation. Les résultats apparaissent statistiquement significatives pour de nombreux niveau d'observation.

	Différence Moy.	Valeur de P	Significativité
Cervical Vs Médian cerv.	0,075	0,6444	NS
Cervical Vs Médian api.	-0,323	0,0811	NS
Cervical Vs Apical	0,541	0,0046	S
Médian cerv. Vs Médian api.	-0,398	0,0354	S
Médian cerv. Vs Apical	0,467	0,0162	S
Médian api. Vs Apical	-0,864	<0,0001	S

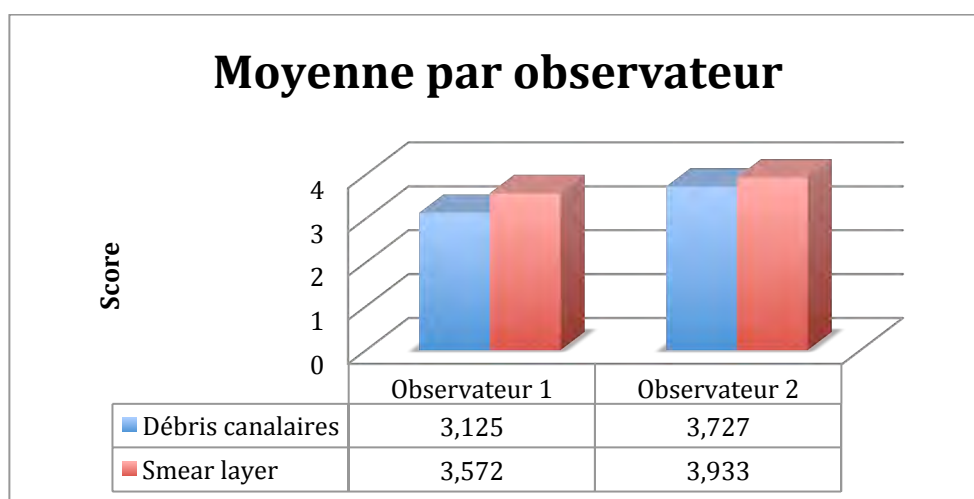
Figure 50 : Résultats du test a posteriori de Fisher pour le groupe 3 sur les débris canaux.

	Différence Moy.	Valeur de P	Significativité
Cervical Vs Médian cerv.	-0,270	0,0714	NS
Cervical Vs Médian api.	-0,671	0,0001	S
Cervical Vs Apical	-0,816	<0,0001	S
Médian cerv. Vs Médian api.	-0,401	0,0217	S
Médian cerv. Vs Apical	-0,546	0,0022	S
Médian api. Vs Apical	-0,145	0,4540	NS

Figure 51 : Résultats du test a posteriori de Fisher pour le groupe 3 sur la smear layer

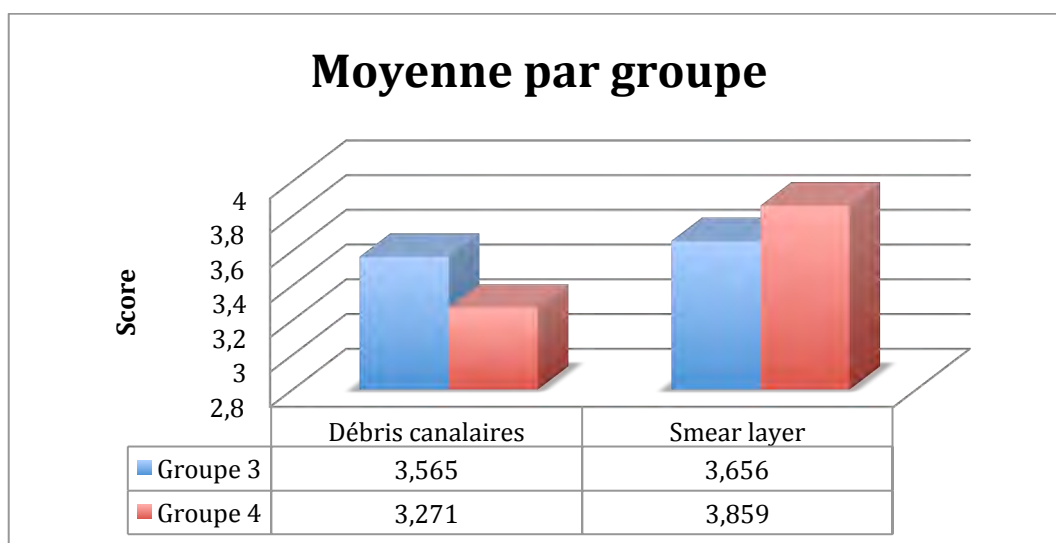
III.3 Analyse statistique de l'étude 2 (groupe 3 et 4)

III.3.1 Analyse des observateurs



L'analyse de la variance montre une différence significative inter-observateur pour les débris canaux ($p=0,0047$) mais pas pour la smear layer ($p=0,3793$).

III.3.2 Analyse descriptive



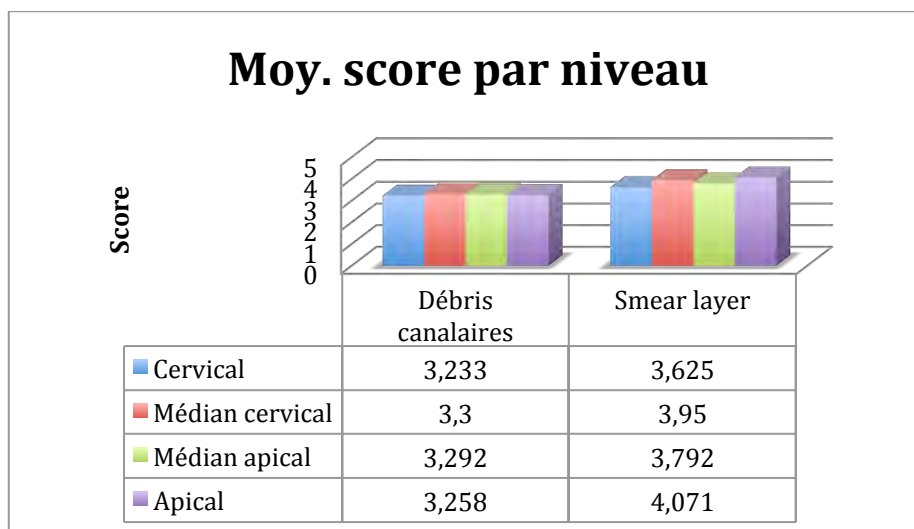
L'analyse de la variance confirme une différence significative au niveau des débris canaux ($p=0,0033$) mais pas au niveau de la smear layer ($p=0,0506$). Ces valeurs sont les mêmes pour le test à posteriori de Fisher vu que l'on ne compare que deux groupes.

III.3.3 Analyse des niveaux d'observation

III.3.3.1 Groupe 3 (Préparation au U-Solution)

Idem que III.2.3.3

III.3.3.2 Groupe 4 (Préparation au Hero Shaper)



L'analyse de la variance ne montre pas de différence statistiquement significative entre les niveaux d'observation aussi bien au sujet des débris canaux (p=0,9892) qu'au sujet de la smear layer (p=0,2734).

Le test à posteriori de Fisher confirme cette analyse en donnant des résultats non significatifs pour toutes les comparaisons des niveaux d'observation deux à deux.

IV. Discussion

Ces deux études montrent que le système de préparation et d'irrigation canalaire a une influence sur le nettoyage canalaire.

Le choix des échantillons est important. Nous avons porté notre attention sur des dents naturelles afin de rester proche de la réalité clinique. Mais, pour simplifier l'étude, ce ne sont que des racines à canaux larges et faible courbure. Nous pouvons donc penser que les résultats auraient été différents dans d'autre cas d'anatomie canalaire.

La répartition homogène des dents dans les groupes (en fonction de la longueur, largeur...) permet d'obtenir une comparaison plus évidente lors des résultats.

Le nombre de 12 racines par groupe peut sembler trop faible mais il permet quand même d'amener une puissance statistique suffisante pour prendre en compte les variabilités d'analyse. Mais le nombre de perte de fragments lors de la préparation canalaire et de la découpe des racines est lui aussi important. Sur les 1152 clichés au MEB que l'on aurait dû obtenir, seul 746 ont été utilisables. Cette perte est non négligeable.

Le système de découpe des racines pour obtenir les fragments ne semble pas optimal au vu des pertes rencontrées. Il faudrait donc réfléchir à un système plus conservateur sans contaminer les fragments avec des systèmes rotatifs.

Les acquisitions au MEB nous ont permis d'avoir une vue d'ensemble acceptable des différents fragments grâce à deux grossissements x100 et x750. Mais l'utilisation en Low Vacuum a provoqué une fragilisation des fragments. Le passage sous vide a créé des fractures radiculaires gênant l'observation et rendant les acquisitions de moins bonnes qualités.

Les différences inter-observateur sont statistiquement significatives aussi bien pour l'étude 1 que pour l'étude 2. Cela nous montre que la grille de score n'était pas assez précise

laissant trop de place à l'interprétation personnelle, mais également un manque de calibrage entre les observateurs.

IV.1 Discussion de l'étude 1

Pour les irrigations de chaque groupe, la même solution d'hypochlorite de sodium a été utilisée. Les résultats obtenus ne dépendent donc que du système d'irrigation et non de la solution.

Pour cette étude nous sommes partis du calcul de *Nouioua et al* qu'une pression de 3 secondes sur le CleanJet Endo équivalait à une irrigation de 2mL de solution d'irrigation avec une seringue (57).

Nous ne sommes pas en mesure de confirmer qu'au fil de l'utilisation du spray, une pression de 3 secondes reste équivalente à 2mL de solution. Il est possible que le volume de solution injectée par une même pression du CleanJet Endo diminue au fil du temps.

Dans cette étude, le respect de la constriction apicale par la solution d'irrigation n'a pas été étudié. Avant l'utilisation du système CleanJet Endo in vivo, il sera essentiel de compléter cette étude afin de s'assurer de l'absence d'extrusion apicale du produit engendrant les conséquences que l'on a présenté.

Malgré les différences inter-observateur, cette étude montre une efficacité supérieure du système CleanJet Endo sur le système seringue-aiguille du CleanJet Endo et le système seringue-Endoneedle classique aussi bien pour le nettoyage des débris canaux que de la smear layer. Le système seringue-aiguille de la pompe est lui plus efficace que le système seringue-aiguille classique pour les débris canaux, mais la différence pour le nettoyage de la smear layer n'est pas significative.

La canule du CleanJet Endo apporterait donc un réel intérêt lors de l'irrigation canalaire. On pourrait expliquer cela par son caractère flexible lui permettant d'accéder plus facilement au réseau canalaire radiculaire sans casser mais également par la présence de trois sorties latérales (au lieu d'une avec l'Endoneedle). Ces trois sorties lui donnent un accès plus important à l'ensemble du canal.

L'efficacité du CleanJet Endo pourrait s'expliquer par l'action de l'irrigant sous forme de spray et non à l'état liquide comme avec une seringue. Il est possible que la pression du spray entraîne une activation de la solution d'irrigation potentialisant son action.

Il serait intéressant de compléter cette étude en comparant l'efficacité du CleanJet Endo par rapport à un système d'irrigation ultrasonique comme l'Irrisafe.

Les résultats par niveau d'observation sont peu concluants. On retrouve souvent des scores plus élevés pour les niveaux cervicaux que pour les niveaux apicaux, ce qui va à l'encontre des données actuelles (19, 36, 59).

On peut expliquer ces résultats par le manque de fragments apicaux, trop fragile pour le protocole de séparation radiculaire avant le passage au MEB. La puissance statistique est donc diminuée pour l'analyse par niveau d'observation, rendant ces résultats non significatifs.

IV.2 Discussion de l'étude 2

Cette étude ne montre une différence significative des résultats que pour le nettoyage des débris canaux.

Le groupe 4, dont les canaux ont été préparés par le système Hero Shaper, semble plus efficace pour ce paramètre que le groupe 3 (U-Solution).

Pour cette étude, le système mono instrumental et asymétrique s'est donc avéré plus faible que le Hero Shaper pour le nettoyage des débris canaux. Aucune conclusion ne peut être portée sur le nettoyage de la smear layer.

Comme pour l'étude 1, il y a eu trop de perte de fragments apicaux et une diminution trop importante de la puissance statistique ne nous permettant pas d'émettre une conclusion sur l'analyse par niveau d'observation.

V. Conclusion

Nos deux études ont montré que le nettoyage canalair varie en fonction de la préparation canalair et du système d'irrigation employé. Il apparaît que le prototype d'irrigation CleanJet Endo du laboratoire Produit Dentaire présente une efficacité de nettoyage plus importante que le système classique seringue-aiguille. La canule développée pour le CleanJet Endo apporte également un accroissement de l'efficacité dans le nettoyage canalair.

A contrario, le système de préparation asymétrique ne semble pas améliorer l'efficacité du nettoyage des débris canaux. Il apparaît même moins efficace que le Hero Shaper.

CONCLUSION

Un traitement endodontique fait appel à des systèmes de préparation canalaire agissant en synergie avec une solution d'irrigation. Effectivement, la complexité du réseau canalaire radiculaire empêche un nettoyage suffisant par la seule préparation mécanique. Il sera donc essentiel de faire appel à des agents chimiques.

Plusieurs solutions d'irrigation existent mais malheureusement aucune ne possède, à l'heure actuelle, toutes les propriétés requises. On retiendra que le « gold standard » se traduit par une utilisation répétée d'hypochlorite de sodium à 2,5% couplée avec une action finale d'agent chélatant (EDTA à 17% ou acide citrique à 5%).

Il faudra potentialiser l'action de la solution en l'activant (par les ultrasons par exemple).

Nos études nous démontrent une fois de plus que la méthode de préparation et d'irrigation influent sur l'efficacité du nettoyage canalaire.

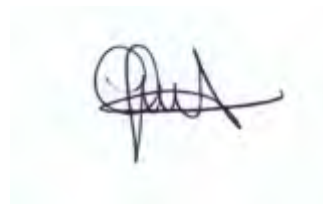
Le CleanJet Endo apparaît comme un système prometteur, nous montrant des résultats supérieurs à la méthode classique seringue-aiguille. Cette étude doit être complétée sur d'autres paramètres avant une utilisation in vitro.

Le prototype U-Solution doit encore être étudié, mais notre étude montre une efficacité moindre sur le nettoyage canalaire d'un instrument unique par rapport à un système ou une séquence instrumentale.

Vu le directeur de thèse
Franck DIEMER

A black ink signature, likely of Franck Diemer, consisting of a large, stylized 'F' followed by a smaller, more complex mark.

Vu le président du jury
Cathy NABET

A black ink signature, likely of Cathy Nabet, featuring a large, stylized 'C' followed by a smaller, more complex mark.

BIBLIOGRAPHIE

1. **Abbott PV, Yu C.** A clinical classification of the status of the pulp and the root canal system. *Aust Dent J* 52: S17–31, 2007.
2. **Ahmad M, Pitt Ford TR, Crum LA.** Ultrasonic debridement of root canals: An insight into the mechanisms involved. *J Endod* 13: 93–101, 1987.
3. **Ahmetoglu F, Keles A, Yalcin M, Simsek N.** Effectiveness of different irrigation systems on smear layer removal: A scanning electron microscopic study. *Eur J Dent* 8: 53, 2014.
4. **Air Techniques Inc.** Manuel RinsEndo.
http://www.airtechniques.com/userfiles/files/Rinsendo_Manual [29 Sep. 2014].
5. **ANSM.** Information concernant certaines références de seringues BD Plastipak de la société Becton Dickinson - ANSM : Agence nationale de sécurité du médicament et des produits de santé. <http://ansm.sante.fr/S-informer/Informations-de-securite-Autres-mesures-de-securite/Information-concernant-certaines-references-de-seringues-BD-Plastipak-de-la-societe-Becton-Dickinson> [5 Oct. 2014].
6. **Aulagner G, Demoré B.** Dispositifs médicaux stériles. <http://www.pharmclin.uhp-nancy.fr/demorecours> [5 Oct. 2014].
7. **Bashetty K, Hegde J.** Comparison of 2% chlorhexidine and 5.25% sodium hypochlorite irrigating solutions on postoperative pain: A randomized clinical trial. *Indian J Dent Res* 21: 523, 2010.
8. **Basrani BR, Manek S, Sodhi RNS, Fillery E, Manzur A.** Interaction between Sodium Hypochlorite and Chlorhexidine Gluconate. *J Endod* 33: 966–969, 2007.
9. **BD Products.** Endoneedle Bertran dental products. <http://www.soin-dentaire.com/endoneedle.pdf> [5 Oct. 2014].
10. **Blanken J, Moor D, Gentil RJ, Meire M, Verdaasdonk R.** Laser induced explosive vapor and cavitation resulting in effective irrigation of the root canal. Part 1: A visualization study. *Lasers Surg Med* 41: 514–519, 2009.
11. **Bolles JA, He J, Svoboda KKH, Schneiderman E, Glickman GN.** Comparison of Vibringe, EndoActivator, and Needle Irrigation on Sealer Penetration in Extracted Human Teeth. *J Endod* 39: 708–711, 2013.
12. **Bouchoud L.** Différents types de seringues. http://files.chuv.ch/internet-docs/pha/enseignement/pha_seminaire_mas_2012_bouchoud.pdf [23 Sep. 2014].
13. **Boutsioukis C, Verhaagen B, Versluis M.** Evaluation of Irrigant Flow in the Root Canal Using Different Needle Types by an Unsteady Computational Fluid Dynamics Model. *J Endod.* .

14. **Del Carpio-Perochena A, Bramante CM, Hungaro Duarte MA, de Andrade FB, Cavenago BC, Villas-Boas MH, Ordinola-Zapata R, Amoroso-Silva P.**

Application of laser scanning microscopy for the analysis of oral biofilm dissolution by different endodontic irrigants. *Dent Res J* 11: 442–447, 2014.

15. **Cavex.** Guide utilisation vibringe. <http://www.vibringe.com/fileLib/manual-fra.pdf> [29 Sep. 2014].

16. **Chen JE, Nurbakhsh B, Layton G, Bussmann M, Kishen A.** Irrigation dynamics associated with positive pressure, apical negative pressure and passive ultrasonic irrigations: A computational fluid dynamics analysis: Fluid Dynamics in Root Canal Irrigation. *Aust Endod J* 40: 54–60, 2014.

17. **Claissse-Crinquette. A.** Pharmacologie endodontique. Les irrigants. *EMC - Médecine Buccale* 2011:1-8 [Article 28-720-X-10]. <https://www-em--premium-com.docadis.ups-tlse.fr/article/263853/resultatrecherche/1> [23 Sep. 2014].

18. **Clarkson RM, Moule AJ.** Sodium hypochlorite and its use as an endodontic irrigant. *Aust Dent J* 43: 250–256, 1998.

19. **Cruz A, Vera J, Gascón G, Palafox-Sánchez CA, Amezcua O, Mercado G.** Debris remaining in the apical third of root canals after chemomechanical preparation by using sodium hypochlorite and glyde: an in vivo study. *J Endod* 40: 1419–1423, 2014.

20. **Dentsply.** Brochure Endoactivator. www.dentsply.fr/export/sites/default/.content/datas/technical-supports/Brochures/067_14-03_brochure_Endoactivator_NUM.pdf [29 Sep. 2014].

21. **Diemer F.** Irrigation en endodontie. Cours des L3. 2014.

22. **Distrimed.** Seringues 3 pieces non-montées Terumo. http://www.distrimed.com/product_info.php?products_id=3126 [5 Oct. 2014].

23. **Dürr dental.** RinsEndo. <http://www.duerrdental.com/fr/produits/odontologie-conservatrice/rinsendo/> [29 Sep. 2014].

24. **Endoneedles.** Endoneedle. http://www.elsodent.com/fiches_produit_fr/Endoneedle.pdf [5 Oct. 2014].

25. **EndoNeedles.** Endo Irrigation Needles. <http://www.transcodent.de/en/brand/endo-irrigation-needles/p/Product/show/double-side-vent.html> [5 Oct. 2014].

26. **Equipmedical.** Seringues 2 pièces B.D. Discardit II 5 ml. <http://www.equipmedical.com/fr/p-seringues-2-pieces-b.d.-discardit-ii-5-ml-p1798.html> [5 Oct. 2014].

27. **Ercan E, Özekinci T, Atakul F, Gül K.** Antibacterial Activity of 2% Chlorhexidine Gluconate and 5.25% Sodium Hypochlorite in Infected Root Canal: In Vivo Study. *J Endod* 30: 84–87, 2004.
28. **Gouet J-S.** Biofilms bactériens et implications en endodontie. *Rev Odontostomatol (Paris)* 40: 18–31, 2011.
29. **Grischke J, Müller-Heine A, Hülsmann M.** The effect of four different irrigation systems in the removal of a root canal sealer. *Clin Oral Investig* 18: 1845–1851, 2014.
30. **Haapasalo M, Endal U, Zandi H, Coil JM.** Eradication of endodontic infection by instrumentation and irrigation solutions. *Endod Top* 10: 77–102, 2005.
31. **HAS.** Recommandation HAS sur le traitement endodontique. http://www.has-sante.fr/portail/upload/docs/application/pdf/2009-01/fiche_butm_traitement_endodontique.pdf [31 Oct. 2014].
32. **Healthy.** Types de seringues et Aiguilles. <http://fr.265health.com/healthcare-industry/hospitals/1007092425.html> [23 Sep. 2014].
33. **Hubbezoglu I, Zan R, Tunc T, Sumer Z.** Antibacterial Efficacy of Aqueous Ozone in Root Canals Infected by *Enterococcus faecalis*. *Jundishapur J Microbiol* 7, 2014.
34. **Hulsmann M, Hahn W.** Complications during root canal irrigation - literature review and case reports. *Int Endod J* 33: 186–193, 2000.
35. **Hülsmann M, Heckendorff M, Lennon Á.** Chelating agents in root canal treatment: mode of action and indications for their use. *Int Endod J* 36: 810–830, 2003.
36. **Hülsmann M, Rummelin C, Schäfers F.** Root canal cleanliness after preparation with different endodontic handpieces and hand instruments: a comparative SEM investigation. *J Endod* 23: 301–306, 1997.
37. **Itena.** Brochure SAF System. http://www.itena-clinical.com/files/pdf/brochure_SAF.pdf [14 Oct. 2014].
38. **Kabalan M, Naaman A, Nehmé W.** Comparaison in vitro de trois systèmes d'irrigation: EndoVas, RinsEndo et seringue pour l'élimination des débris intracanaux. *Int Arab J Dent* 1, 2013. <https://ojs.usj.edu.lb/ojs/index.php/iajd/article/view/14> [21 Oct. 2014].
39. **Karatas E, Ozsu D, Arslan H, Erdogan AS.** Comparison of the effect of nonactivated self-adjusting file system, Vibringe, EndoVac, ultrasonic and needle irrigation on apical extrusion of debris. *Int. Endod. J.* (June 2014). doi: 10.1111/iej.12317.
40. **Kerr.** Irrigation Probe. <http://www.kerrdental.eu/OralProphylaxis/Instruments/productfamily/IrrigationProbe> [5 Oct. 2014].

41. **Kimura Y, Wilder-Smith P, Matsumoto K.** Lasers in endodontics: a review. *Int Endod J* 33: 173–185, 2000.
42. **Larousse.** Encyclopédie Larousse en ligne - seringue.
<http://www.larousse.fr/encyclopedie/medical/seringue/16078> [23 Sep. 2014].
43. **Larousse.** Encyclopédie Larousse en ligne - aiguille.
<http://www.larousse.fr/encyclopedie/medical/aiguille/11022> [23 Sep. 2014].
44. **Luddin N, Ahmed HMA.** The antibacterial activity of sodium hypochlorite and chlorhexidine against *Enterococcus faecalis*: A review on agar diffusion and direct contact methods. *J Conserv Dent JCD* 16: 9–16, 2013.
45. **Mayer BE, Peters OA, Barbakow F.** Effects of rotary instruments and ultrasonic irrigation on debris and smear layer scores: a scanning electron microscopic study. *Int Endod J* 35: 582–589, 2002.
46. **Medi-Select.** Medi-Select. <http://www.medi-select.ca/Monoject-endo-syringes-100-box-5138XX> [5 Oct. 2014].
47. **De Melo Ribeiro MV, Silva-Sousa YT, Versiani MA, Lamira A, Steier L, Pécora JD, de Sousa-Neto MD.** Comparison of the cleaning efficacy of self-adjusting file and rotary systems in the apical third of oval-shaped canals. *J Endod* 39: 398–401, 2013.
48. **Metzger Z.** The self-adjusting file (SAF) system: An evidence-based update. *J Conserv Dent* 17: 401, 2014.
49. **MicroMega.** Protocol Hero Shaper. <http://micro-mega.com/en/hero-shaper/protocol/> [5 Dec. 2014].
50. **Mohammadi Z.** Sodium hypochlorite in endodontics: an update review. *Int Dent J* 58: 329–341, 2008.
51. **Mohammadi Z, Abbott PV.** The properties and applications of chlorhexidine in endodontics. *Int Endod J* 42: 288–302, 2009.
52. **Mohammadi Z, Jafarzadeh H, Shalavi S.** Antimicrobial efficacy of chlorhexidine as a root canal irrigant: a literature review. *J Oral Sci* 56: 99–103, 2014.
53. **Mohammadi Z, Soltani MK, Shalavi S.** An Update on the Management of Endodontic Biofilms Using Root Canal Irrigants and Medicaments. *Iran Endod J* 9: 89–97, 2014.
54. **Moor D, Gentil RJ, Blanken J, Meire M, Verdaasdonk R.** Laser induced explosive vapor and cavitation resulting in effective irrigation of the root canal. Part 2: Evaluation of the efficacy. *Lasers Surg Med* 41: 520–523, 2009.

55. **Mozo S, Llana C, Chieffi N, Forner L, Ferrari M.** Effectiveness of passive ultrasonic irrigation in improving elimination of smear layer and opening dentinal tubules. *J. Clin. Exp. Dent.* (2014). doi: 10.4317/jced.51297.
56. **Mozo S, Llana C, Forner L.** Review of ultrasonic irrigation in endodontics: increasing action of irrigating solutions. *Med. Oral Patol. Oral Cirugia Bucal* (2012). doi: 10.4317/medoral.17621.
57. **Nouioua F, Slimani B, Levallois B, Buckiet F, Tassery H, Cuisinier F, Brendlen D.** A new endodontic irrigation device study. 2014.
58. **PD SA.** Brochure provisoire ClenJet Endo. [2013].
59. **Pérard M, Le Clerc J, Gautier T, Perez F, Vulcain J-M, Dautel A, Le Goff A.** Asepsie-antisepsie en endodontie. *EMC - Médecine Buccale* 2013;8(2):1-11 [Article 28-720-X-20]. <https://www-em--premium-com.docadis.upstlse.fr/article/747696/resultatrecherche/2> [23 Sep. 2014].
60. **Prado M, Santos Júnior HM, Rezende CM, Pinto AC, Faria RB, Simão RA, Gomes BPF.** Interactions between Irrigants Commonly Used in Endodontic Practice: A Chemical Analysis. *J Endod* 39: 505–510, 2013.
61. **Ram Z.** Effectiveness of root canal irrigation. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 44: 306–312, 1977.
62. **Rödig T, Bozkurt M, Konietschke F, Hülsmann M.** Comparison of the Vibringe system with syringe and passive ultrasonic irrigation in removing debris from simulated root canal irregularities. *J Endod* 36: 1410–1413, 2010.
63. **Rossi-Fedele G, Doğramaci EJ, Guastalli AR, Steier L, de Figueiredo JAP.** Antagonistic interactions between sodium hypochlorite, chlorhexidine, EDTA, and citric acid. *J Endod* 38: 426–431, 2012.
64. **Ruddle CJ.** ENDODONTIC DISINFECTION. *Endod. Pract.* http://50.22.4.115/tc2pdf/12/EndoDisinfect_Feb2008.pdf [8 Oct. 2014].
65. **Santarcangelo F.** Endodontic Irrigation via Apical Negative Pressure: A Five-Year Experience. *Oral Health.* <http://www.oralhealthgroup.com/news/endodontic-irrigation-via-apical-negative-pressure-a-five-year-experience/1001119576/?&er=NA> [29 Sep. 2014].
66. **Singla MG, Garg A, Gupta S.** MTAD in endodontics: an update review. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 112: e70–76, 2011.
67. **Siqueira JF, Rôças IN.** Diversity of Endodontic Microbiota Revisited. *J Dent Res* 88: 969–981, 2009.

68. **Siqueirajr J, Rocas I, Favieri A, Lima K.** Chemomechanical Reduction of the Bacterial Population in the Root Canal after Instrumentation and Irrigation with 1%, 2.5%, and 5.25% Sodium Hypochlorite. *J Endod* 26: 331–334, 2000.
69. **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* 40: 415–426, 2007.
70. **SybronEndo.** Brochure EndoVac. <http://www.profidend.pl/media/142966/endovac-brochure.pdf> [29 Sep. 2014].
71. **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* 36: 308–311, 2010.
72. **Violich DR, Chandler NP.** The smear layer in endodontics - a review. *Int Endod J* 43: 2–15, 2010.
73. **Vivan RR, Bortolo MV, Duarte MAH, Moraes IG de, Tanomaru-Filho M, Bramante CM.** Scanning electron microscopy analysis of RinsEndo system and conventional irrigation for debris removal. *Braz Dent J* 21: 305–309, 2010.
74. **VWR International.** Seringues 3 pièces, BD Plastipak. https://fr.vwr.com/app/catalog/Product?article_number=613-3931# [5 Oct. 2014].
75. **Zehnder M.** Root Canal Irrigants. *J Endod* 32: 389–398, 2006.

Tables des illustrations

Figure 1 : Schéma légendé d'une seringue	18
Figure 2 : Seringues BD Plastipak Luer.....	19
Figure 3 : Seringue Terumo (gauche) et BD Discardit II 2 (droite)	19
Figure 4 : Seringue Monoject Luer-Lock.....	19
Figure 5 : Schéma d'une aiguille	20
Figure 6 : 6 aiguilles différentes à bout ouvert (A, B et C) et à bout fermé (D, E et F).....	21
Figure 7 : Visualisation de la trajectoire des particules de la solution d'irrigation en 3D.....	21
Figure 8 : Endoneedle (Elsodent) gauge 30 et 27	22
Figure 9 : Schéma fonctionnement Irrigation probe de Kerr Hawe.....	22
Figure 10 : Endo Irrigation Needle par Transcodent.....	22
Figure 11 : Photo (à gauche) et schéma (à droite) d'un micro-courant acoustique autour d'une lime	25
Figure 12 : Gauche: modèle de canal radiculaire en verre. Milieu: Lime en vibration créant un phénomène de cavitation. Droite: Visualisation d'un micro-courant acoustique et de l'implosion de bulles de cavitation.	25
Figure 13 : Lime Irrisafe (Acteon).....	26
Figure 14 : Endoactivator (Dentsply).....	27
Figure 15 : Schémas des principes de pression négative (A) et positive (B).	28
Figure 16 : Composants de l'EndoVac avec le MDT (gauche), la macro-canule (centre) et la micro-canule (droite).....	29
Figure 17 : Extrémité de la micro-canule.....	29
Figure 18 : Pièce à main RinsEndo avec mécanisme hydrodynamique et canule à ouverture latérale	30
Figure 19 : Pièce à main Vibringe seule (gauche) et couplé à une seringue et aiguille (droite).....	31
Figure 20 : La lime SAF (a) et un grossissement sur la structure en treillis (b).....	33
Figure 21 : Système VATEA et pièce à main RDT (a), l'Endostation (de ReDent ou Acteon) (b).....	33
Figure 22 : Schématisation d'un biofilm d'après l'IFREMER	38
Figure 23 : Smear layer recouvrant complètement les tubulis dentinaires (x750).....	39
Figure 24 : Dépassement de NaOCl provoquant Gonflement (à droite) et ecchymose (à gauche) extra-orale	43
Figure 25 : Large ecchymose intra-orale suite à une extrusion apicale de NaOCl	43
Figure 26 : Structure moléculaire de la chlorhexidine.....	45
Figure 27 : Tubes contenant des concentrations décroissantes de NaOCl de gauche à droite (6%, 3%, 1,5%, 0,75%, 0,38%, 0,19%, 0,094%, 0,047% et 0,023%) mélangées à de la CHX à 2%. Les deux derniers tubes sont respectivement du NaOCl seul à 6% et de la CHX seule à 2.....	49
Figure 28 : Structure moléculaire de l'EDTA.....	50
Figure 29 : Formation du complexe EDTA-Cation (M)	50
Figure 30 : Image classique de smear layer recouvrant les parois canalaires à gauche et aspect après irrigation par de l'EDTA à 17% à droite	51
Figure 31 : Structure moléculaire de l'acide citrique.....	54
Figure 32 : Tableau récapitulatif des principales solutions d'irrigation.	60
Figure 33 : Limes K MicroMéga et jauge conventionnelle utilisée pour l'expérimentation.	66
Figure 34 : Visualisation 3D du laboratoire (gauche) et spray fournis pour l'étude (droite).....	67
Figure 35 : Schéma du prototype de canule (gauche) et canule (montée sur le raccord) fournis pour l'étude (droite).....	67
Figure 36 : Illustration des 3 ouvertures latérales, créant 3 jets distincts de produit.	68
Figure 37 : Seringue Monoject Luer-Lock et aiguille Endoneedle 27G utilisées pour l'étude	68
Figure 38 : Groupe 1 séparé en fragment (gauche) et chariot du MEB avec les fragments sur scotch carbone (droite) ..	69
Figure 39 : Score 1 smear layer (gauche), Score 2 smear layer (droite).....	71
Figure 40 : Score 3 smear layer (gauche), score 4 smear layer (droite).	71

<i>Figure 41 : Score 5 smear layer.</i>	<i>71</i>
<i>Figure 42 : Score 1 débris (gauche), score 2 débris (droite).</i>	<i>72</i>
<i>Figure 43 : Score 3 débris (gauche), score 4 débris (droite)</i>	<i>72</i>
<i>Figure 44 : Score 5 débris</i>	<i>72</i>
<i>Figure 45 : Test à posteriori de Fisher pour l'étude 1 sur les débris canalaires.</i>	<i>74</i>
<i>Figure 46 : Test à posteriori de Fischer pour l'étude 1 sur la smear layer.....</i>	<i>74</i>
<i>Figure 47 : Résultat du test à posteriori de Fisher pour le groupe 1 sur les débris canalaires.....</i>	<i>75</i>
<i>Figure 48 : Résultats du test à posteriori de Fisher pour le groupe 1 sur la smear layer</i>	<i>76</i>
<i>Figure 49 : Résultats du test à posteriori de Fisher pour le groupe 2 sur les débris canalaires.</i>	<i>77</i>
<i>Figure 50 : Résultats du test a posteriori de Fisher pour le groupe 3 sur les débris canalaires.</i>	<i>78</i>
<i>Figure 51 : Résultats du test a posteriori de Fisher pour le groupe 3 sur la smear layer</i>	<i>78</i>

LE NETTOYAGE CANALAIRE.
ETUDES AU MICROSCOPE ELECTRONIQUE A BALAYAGE :
ENDONEEDLE vs CLEANJET ENDO ET U108 vs HEROSHAPER

RESUME EN FRANCAIS:

Un traitement endodontique fait appel à des systèmes de préparation canalaire agissant en synergie avec une solution d'irrigation. A l'heure actuelle, le nettoyage canalaire chimique se traduit par l'utilisation d'hypochlorite de sodium et d'un agent chélatant couplée avec un système d'activation. Nos études ont eu pour but d'évaluer l'efficacité d'un système d'irrigation prototype en spray (le CleanJet Endo) et d'un système de préparation rotative mono-instrumentale et asymétrique (U108). Le CleanJet Endo apparaît comme un système prometteur, nous montrant des résultats supérieurs à la méthode classique seringue-aiguille. Le prototype U108 doit encore être étudié, mais notre étude montre une efficacité moindre sur le nettoyage canalaire d'un instrument unique par rapport à un système ou une séquence instrumentale.

TITRE EN ANGLAIS: The root canal cleaning. Scanning electron microscopic studies: Endoneedle vs CleanJet Endo and U108 vs HeroShaper.

RESUME EN ANGLAIS:

Endodontic treatment needs a good cleaning and shaping of the root canal system. Today, the chemical root canal cleaning is defined by the use of sodium hypochlorite and chelating agents combined to an activation system. Our studies were undertaken to assess the effectiveness of a new irrigation spray device (CleanJet Endo) and a mono-instrumental asymmetric rotary system (U108). The cleaning effectiveness is significantly higher with CleanJet Endo than with conventional syringe/needle irrigation device. The U108 needs other assessment but our study shows a lower efficacy of an unique instrument compared with an instrument sequence.

DISCIPLINE ADMINISTRATIVE: CHIRURGIE DENTAIRE

MOTS CLES: Nettoyage canalaire – Irrigation – CleanJet Endo – Prototype – MEB – Scorage

INTITULE ET ADRESSE DE L'UFR:

UNIVERSITE TOULOUSE III-PAUL SABATIER
Faculté de Chirurgie Dentaire
3, chemin des Maraîchers
31062 TOULOUSE CEDEX 9

DIRECTEUR DE THESE: Dr Franck DIEMER