

UNIVERSITE TOULOUSE III – PAUL SABATIER
FACULTE DE CHIRURGIE DENTAIRE

Année 2019

2019-TOU3-3018

THESE

POUR LE DIPLOME D'ETAT DE DOCTEUR EN CHIRURGIE DENTAIRE

Présentée et soutenue publiquement par :

Adrien DURAND

Le 10/05/2019

**TRAITEMENT THERMIQUE DES LIMES 2SHAPE® ET NETTOYAGE
CANALAIRE : ETUDE EN MICROSCOPIE ELECTRONIQUE A BALAYAGE**

Directeur de thèse : Pr Franck DIEMER

JURY :

Président :	Pr Franck DIEMER
1 ^{er} assesseur :	Dr Marie GURGEL-GEORGELIN
2 ^{ème} assesseur :	Dr Jean-Noël VERGNES
3 ^{ème} assesseur :	Dr Romain DUCASSE
Invité :	Dr Loïc MOURLAN



Faculté de Chirurgie Dentaire



DIRECTION

DOYEN

Mr Philippe POMAR

ASSESEUR DU DOYEN

Mme Sabine JONJOT

CHARGÉS DE MISSION

Mr Karim NASR (*Innovation Pédagogique*)

Mr Olivier HAMEL (*Maillage Territorial*)

Mr Franck DIEMER (*Formation Continue*)

Mr Philippe KEMOUN (*Stratégie Immobilière*)

Mr Paul MONSARRAT (*Intelligence Artificielle*)

PRÉSIDENTE DU COMITÉ SCIENTIFIQUE

Mme Cathy NABET

RESPONSABLE ADMINISTRATIF

Mme Muriel VERDAGUER



PERSONNEL ENSEIGNANT



HONORARIAT

DOYENS HONORAIRES

Mr Jean LAGARRIGUE †

Mr Jean-Philippe LODTER †

Mr Gérard PALOUDIER

Mr Michel SIXOU

Mr Henri SOULET



ÉMÉRITAT

Mr Damien DURAN

Mme Geneviève GRÉGOIRE

Mr Gérard PALOUDIER

Section CNU 56 : Développement, Croissance et Prévention

56.01 ODONTOLOGIE PEDIATRIQUE et ORTHOPEDIE DENTO-FACIALE (Mme BAILLEUL- FORESTIER)

ODONTOLOGIE PEDIATRIQUE

Professeurs d'Université : Mme BAILLEUL-FORESTIER, Mr. VAYSSE

Maîtres de Conférences : Mme NOIRRI-ESCLASSAN, Mme VALERA, Mr. MARTY

Assistants : Mme BROUTIN, Mme GUY-VERGER

Adjoint d'Enseignement : Mr. DOMINE, Mme BROUTIN,

ORTHOPEDIE DENTO-FACIALE

Maîtres de Conférences : Mr BARON, Mme LODTER, Mme MARCHAL, Mr. ROTENBERG,

Assistants : Mme ARAGON, Mme DIVOL,

56.02 PRÉVENTION, ÉPIDÉMIOLOGIE, ÉCONOMIE DE LA SANTÉ, ODONTOLOGIE LÉGALE (Mr. HAMEL)

Professeurs d'Université : Mr. SIXOU, Mme NABET, Mr. HAMEL

Maître de Conférences : Mr. VERGNES,

Assistant: Mr. ROSENZWEIG,

Adjoints d'Enseignement : Mr. DURAND, Mlle. BARON, Mr LAGARD, Mme FOURNIER

Section CNU 57 : Chirurgie Orale, Parodontologie, Biologie Orale

57.01 CHIRURGIE ORALE, PARODONTOLOGIE, BIOLOGIE ORALE (Mr. COURTOIS)

PARODONTOLOGIE

Maîtres de Conférences : Mr. BARTHET, Mme DALICIEUX-LAURENCIN, Mme VINEL

Assistants : Mr. RIMBERT, Mme. THOMAS

Adjoints d'Enseignement : Mr. CALVO, Mr. LAFFORGUE, Mr. SANCIER, Mr. BARRE, Mme KADDECH

CHIRURGIE ORALE

Maîtres de Conférences : Mr. CAMPAN, Mr. COURTOIS, Mme COUSTY,
Assistants : Mme COSTA-MENDES, Mr. BENAT,
Adjoints d'Enseignement : Mr. FAUXPOINT, Mr. L'HOMME, Mme LABADIE, Mr. RAYNALDI,

BIOLOGIE ORALE

Professeur d'Université : Mr. KEMOUN
Maîtres de Conférences : Mr. POULET, Mr. BLASCO-BAQUE
Assistants : Mr. LÉMAITRE, Mr. TRIGALOU, Mme. TIMOFEEVA, Mr. MINTY
Adjoints d'Enseignement : Mr. PUISSOCHET, Mr. FRANC, Mr. BARRAGUE

Section CNU 58 : Réhabilitation Orale

58.01 DENTISTERIE RESTAURATRICE, ENDODONTIE, PROTHESES, FONCTIONS-DYSFONCTIONS, IMAGERIE, BIOMATERIAUX (Mr ARMAND)

DENTISTERIE RESTAURATRICE, ENDODONTIE

Professeur d'Université : Mr. DIEMER
Maîtres de Conférences : Mr. GUIGNES, Mme GURGEL-GEORGELIN, Mme MARET-COMTESSE
Assistants : Mme. RAPP, Mme PECQUEUR, Mr. DUCASSE, Mr. FISSE Mr. GAILLAC,
Assistant Associé : Mme BEN REJEB,
Adjoints d'Enseignement : Mr. BALGUERIE, Mr. MALLET

PROTHÈSES

Professeurs d'Université : Mr. ARMAND, Mr. POMAR
Maîtres de Conférences : Mr. CHAMPION, Mr. ESCLASSAN, Mme VIGARIOS, Mr. DESTRUHAUT
Assistants : Mr. EMONET-DENAND, Mr. LEMAGNER, Mr. HENNEQUIN, Mr. CHAMPION, Mme. DE BATAILLE
Adjoints d'Enseignement : Mr. FLORENTIN, Mr. GALIBOURG, Mr. GHRENASSIA, Mme. LACOSTE-FERRE,
Mr. GINESTE, Mr. LE GAC, Mr. GAYRARD, Mr. COMBADAZOU, Mr. ARCAUTE, M. SOLYOM

FONCTIONS-DYSFONCTIONS, IMAGERIE, BIOMATERIAUX

Maîtres de Conférences : Mme JONJOT, Mr. NASR, Mr. MONSARRAT
Assistants : Mr. CANCEILL, Mr. OSTROWSKI, Mr. DELRIEU,
Adjoints d'Enseignement : Mr. AHMED, Mme MAGNE, Mr. VERGÉ, Mme BOUSQUET

Mise à jour pour le 01 Mars 2019

REMERCIEMENTS

Pour *Papa*, pour *Maman* et à ces 24 années au goût de reviens-y passées à vos côtés. Toujours là dans les moments clés, de joie comme de doutes, nous avons tout partagé. Tous les mercis du monde ne sauraient vous rendre ce que vous m'avez donné.

Pour *Luli*, *Tom* et leurs extensions *Flo* et *Alice* qui font de la famille ce point de repère, ce "main dans la main" permanent. Le petit dernier vous embrasse. En parlant de famille, pour *Jules*, ses 20 dents de lait et ses danses endiablées qui feront bientôt le tour du monde – après avoir fait le tour de la France. Ne grandis pas trop vite!

Pour les *Papis* et *Mamies*, *Oncles* et *Tantes*, *Cousins* et *Cousines* transmetteurs d'expérience et d'amour. Et bien sûr pour toute la branche brassagaise de l'arbre familial, je suis fâché de ne pas assez vous voir.

Pour *Quentin* et à cette amitié au long cours. Que nos moments de partage et notre complicité restent une richesse.

Pour *Thomas*. A nos projets passés et futurs - qu'une clavicule ne saurait à nouveau remettre en cause. Je serai plus prudent avant nos prochaines escapades.

Et pour toute la brigade de Tournefeuille et de Plaisance qui reste : *Charlotte*, *Julian*, *Sophie*, *Julien*, *Chloé*, *Olivier*, *Romane*, *Hugo*...

Pour *Achille*, à notre enfance à deux-roues et à nos récents kilomètres écossais. Ils seront encore nombreux et mouvementés. Un grand salut également à ceux qui m'ont transmis ces valeurs si essentielles et si fortes tirées du vélo, cette école.

Pour *Romain*. D'un but commun à Maraîchers jusqu'à aujourd'hui en passant par les fjords, les mètres de bière et les détenteurs, quel plaisir d'avoir partagé ton énergie et ta présence.

Pour *Guilhem* et *Quentin*, chapeau bas pour avoir su me supporter une sonde et un miroir à la main, je vous revaudrai ça.

Pour les intenable *Dentazouzzz*, pour *Bruno*, *Max*, *Pierre*, *Gui*, *Paul*, *Audrina*, *Julie*, *Rémi*, *Tom* et à toutes les relations qui auront jalonné ces 5 années.

Pour l'attachante et vaste famille *Cheri-Dromi-gny* que je découvre jour après jour, belote après belote. On re-signe pour la suite?

Puis un grand merci à tous ceux qui ont mon estime mais que je n'ai pas cité. Pour ceux qui m'ont fait croquer un morceau leur savoir et donné une part de leur temps dans mon apprentissage personnel et professionnel, vous êtes mes stars.

Et pour finir, que nos chemins prennent encore longtemps la même direction et ne fassent plus qu'un. Hier, aujourd'hui et demain *Jeanne*, je t'aime.

A notre président du jury et directeur de thèse :

Monsieur le professeur **Franck DIEMER**

- Professeur 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
- Responsable du Diplôme universitaire d'hypnose
- Co-responsable du diplôme Inter-Universitaire d'odontologie du Sport
- Vice-Président de la Société Française d'Endodontie
- Lauréat de l'Université Paul Sabatier

Quel plaisir de vivre avec vous ce moment,

D'avoir pu bénéficier de votre soutien,

et de ce sens pointu de la pédagogie.

Je tâcherai de garder cette technique et cette rigueur enseignée.

A notre jury de thèse :

Madame le Docteur **Marie GURGEL-GEORGELIN**

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

Merci pour la transmission de votre savoir

depuis mes premiers pas dans le métier.

Toujours disponible pour les étudiants et à leur écoute,

vous vous êtes révélée indispensable à ma formation.

Votre présence dans ce jury est pour moi un honneur.

A notre jury de thèse :

Monsieur le Docteur **Jean-Noël VERGNES**

- Maître de Conférences des Universités, Praticien Hospitalier d'Odontologie
- Docteur en Epidémiologie
- Docteur en Chirurgie Dentaire
- Professeur associé, Oral Health and Society Division, Université McGill –Montréal, Québec – Canada
- Maîtrise de Sciences Biologiques et Médicales
- Master 2 Recherche – Epidémiologie clinique
- Diplôme d'Université de Recherche Clinique Odontologique
- Lauréat de l'Université Paul Sabatier

Ici un bas de page pour souligner
votre vision éclairée de la santé.
Cet attrait pour l'autre, pour sa singularité
et sa prise en charge resteront gravés.

Merci.

A notre jury de thèse :

Monsieur le Docteur **Romain DUCASSE**

- Assistant hospitalo-universitaire en dentisterie restauratrice à l'université de Toulouse
- Docteur en Chirurgie Dentaire
- CES en dentisterie endodontique et restauratrice de la faculté d'odontologie de Toulouse
- DESU en odontologie restauratrice et esthétique de la faculté d'odontologie de Marseille

Heureux d'avoir appris les bases de mon métier avec vous,
je vous remercie de la passion que vous m'avez enseignée
et du temps que vous m'avez réservé au cabinet.
Je ne peux que vous encourager à poursuivre dans ce sens,
vous avez toute mon estime et tout mon respect.

A notre invité :

Monsieur le Docteur **Loïc MOURLAN**

- Ex-assistant hospitalo-universitaire d'Odontologie
- Docteur en Chirurgie Dentaire
- CES Prothèse, option : Prothèse fixée
- DESU d'Endodontie de la Faculté d'Aix Marseille

Une dernière année de clinique à vos côtés résumée en trois mots :

Connaissances, échanges, confiance.

Vous avez été le premier à accepter de siéger dans ce jury,

je vous en suis très reconnaissant.

Merci pour tout.

Table des matières

I. Introduction	12
A. Contexte	12
B. L'alliage Nickel-Titane	13
C. La séquence 2Shape® de Micro-Mega	16
II. Etude ex-vivo.....	19
A. Matériel et méthode	19
1. Echantillons	19
2. Mise en forme instrumentale	20
3. Observation au microscope électronique à balayage (MEB)	21
4. Evaluation du nettoyage	23
B. Résultats et analyse statistique	26
1. Comparaison inter-observateurs	26
2. Débris de coupe.....	27
3. Smear layer.....	28
C. Discussion	29
Conclusion.....	33
BIBLIOGRAPHIE	34

I. Introduction

A. Contexte

Schilder dictait en 1974 les grands principes de l'endodontie moderne dans son article *Cleaning and shaping the root canal* (1). Toujours d'actualité aujourd'hui, ces concepts de nettoyage mécanique et chimique sont les impondérables d'un soin délicat dans notre profession qui vise à éradiquer toute possibilité de prolifération bactérienne à l'intérieur de la structure dentaire.

Qu'il soit réalisé suite à une urgence douloureuse ou s'inscrivant dans le cadre d'un plan de traitement global, l'acte endodontique est souvent vécu par le chirurgien-dentiste comme une source de stress, une étape incertaine, fastidieuse et surtout complexe d'un point de vue technique (2). Sous un autre angle, le patient peut être amené à appréhender la thérapeutique endodontique au travers de sa douleur, de ses expériences passées et de ses a priori (3) (4).

Malheureusement, le taux d'échec des traitements reste relativement élevé dans le monde malgré la prédictibilité croissante des thérapeutiques entreprises aujourd'hui. Tabassum et Khan ont référencé en 2016 les "*usual suspects*" responsables de ces échecs en endodontie, causant à terme le développement ou la persistance d'une pathologie péri-apicale : fractures instrumentales, canaux trop faiblement ou même non instrumentés, obturations insuffisantes ou à l'inverse au delà de l'apex (5)

B. L'alliage Nickel-Titane

En association avec les praticiens, les industriels ont ainsi travaillé sur ce thème et élaboré des technologies de plus en plus performantes, confortables et sécurisantes depuis la deuxième moitié du XXème siècle. La découverte de l'alliage Nickel-Titane (Ni-Ti) - initialement appelé Nitinol (pour Nickel Titane Naval Ordnance Laboratory) en 1962 en a annoncé les prémices.

Ses premières applications en odontologie via les arcs orthodontiques dans les années 1970 marquèrent un premier tournant dans l'approche des traitements (6). Il fallut néanmoins attendre 1988 pour voir la toute première lime endodontique en Ni-Ti apparaître, usinée sans surprise dans un arc d'orthodontie (7).

Les limes manuelles en acier inoxydable, toujours utilisées de nos jours pour certaines étapes du traitement endodontique, ont ainsi progressivement été remplacées par des instruments en Nickel-Titane en rotation continue puis en réciprocité.

Cet alliage Ni-Ti, composé de 55% de nickel et de 45% de titane (résultant en un ratio quasi équi-atomique de un pour un) possède deux propriétés majeures qui rendent son utilisation intéressante dans notre domaine, que sont la mémoire de forme et la superélasticité (8).

La mémoire de forme est définie comme la capacité d'un matériau à se déformer sous l'application d'une contrainte thermique ou mécanique et de récupérer sa forme initiale à l'arrêt de la contrainte. Elle est permise par l'existence de deux formes cristallines stables de l'alliage Ni-Ti à l'état solide appelées martensite et austénite. La transition entre l'une et l'autre de ces formes s'effectue au niveau microscopique par des transformations dans la configuration atomique – et non pas par modifications chimiques. Celles-ci sont communes à tous les alliages à mémoire de forme et sont dites "transformations par diffusion" si le déplacement d'atomes s'effectue au hasard sur de longues distances ou "transformations displacives" lorsque le réarrangement se fait de proche en proche sans réel déplacement atomique. La première est un mécanisme dépendant du temps et de la température alors que la seconde est de nature athermale (9).

Dans le cas du Ni-Ti, la transformation displacive est la plus fréquente. Il existe donc au sein du matériau une coopération entre atomes voisins assurant un déplacement rapide et coordonné de la structure (10).

Au niveau macroscopique et dans notre discipline, l'application d'une contrainte ou d'une modification de température sur notre instrument en Ni-Ti permet d'en modifier la forme de manière réversible (figure 1).

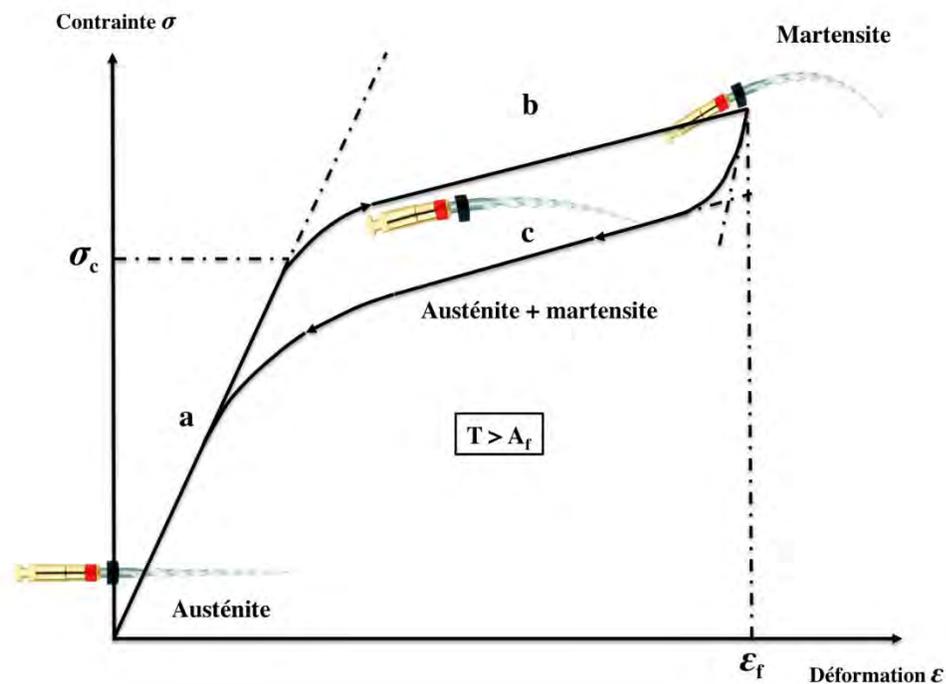


Figure 1 : Graphique illustrant la déformation des instruments NiTi en fonction de la contrainte appliquée au niveau cristallin et macroscopique (graphique Siquet-Diemer)

Sur la courbe contrainte/déformation, une phase de pseudo-élasticité est visible après une phase *a* de déformation linéaire lors du passage au delà de la valeur σ_c (température ou contrainte de début de la transformation martensitique).

Les déplacements de la matrice atomique ne s'effectuant pas sous les mêmes valeurs de contraintes lors de la transformation austénitique inverse, les courbes aller et retour visibles sur le graphique ne sont donc pas superposées et signent l'existence d'un hystérésis dans ce changement de structure cristalline.

Le revers de la médaille des modifications de structure propres à ces alliages est une altération de la qualité du métal à plus ou moins long terme pouvant aboutir à sa fracture synonyme d'une potentielle complication du traitement. Comme évoqué plus haut, le quotidien du praticien peut ainsi être ponctué d'échecs et le traitement endodontique peut devenir cauchemardesque (11).

De récentes découvertes ont permis d'améliorer les propriétés de ces alliages et d'augmenter leur résistance aux cycles de fatigue répétés grâce à une flexibilité accrue. L'implantation ionique, l'électropolissage, le traitement cryogénique ou le traitement thermique sont des exemples de techniques (12,13). C'est ce dernier que nous avons choisi d'étudier au travers de la partie expérimentale de notre thèse d'exercice.

Celui-ci consiste en une montée à haute température de la matrice métallique avant ou après usinage des spires de la lime selon différents protocoles (14,15). Il en résulte une flexibilité accrue, une meilleure résistance à la fatigue cyclique et un angle de déflexion à la rupture supérieur en comparaison aux alliages Ni-Ti non traités thermiquement (16). Régulièrement, des auteurs se penchent sur la comparaison de la résistance à la fracture de différents instruments utilisés sur des simulateurs calibrés afin de guider le praticien dans le choix d'un matériel le plus sûr possible (17,18).

Gagner en souplesse et en sécurité est ainsi un plus indéniable pour le praticien si et seulement si cet atout n'est pas contrebalancé par une perte en efficacité de coupe. Trouver le bon compromis entre efficacité et sécurité est donc primordial.

C. La séquence 2Shape® de Micro-Mega

Pour appliquer ces notions à une situation concrète, nous avons étudié l'efficacité de coupe des instruments 2Shape® de chez Micro Mega (Besançon - France) sur des dents extraites (19).

La séquence 2Shape® est composée comme son nom l'indique de deux instruments en rotation continue (figure 2) répondant aux impératifs du traitement endodontique. Ils s'utilisent successivement :

- la lime **TS1** de diamètre de pointe 25/100° et de conicité 4%
- la lime **TS2** de diamètre de pointe 25/100° et de conicité 6%



Figure 2 : photos des limes 2Shape® (traitées thermiquement) TS1 (bague jaune) et TS2 (bague rouge) (photo Micro Mega)

Deux limes de finition supplémentaires peuvent également compléter la séquence instrumentale pour les canaux plus larges :

- la lime **F35** de diamètre de pointe 35/100° et de conicité 6%
- la lime **F40** de diamètre de pointe 40/100° et de conicité 4%

Tous les instruments de la séquence existent en longueur 21, 25 ou 31mm et sont utilisés selon un protocole commun de va-et-vient jusqu'à la première contrainte puis d'appuis pariétaux pour gagner la longueur de travail souhaitée.

La technologie de ces instruments est basée sur les éléments suivants (figure 3 et 3 bis) :

- une section dissymétrique à triple hélice, laissant apparaître deux arêtes principales et une arête secondaire en retrait;
- une pointe active non-travaillante sécurisante pour l'opérateur;
- un pas croissant de la pointe vers le mandrin de la lime;
- un électropolissage réalisé après usinage afin de diminuer les imperfections de surface;
- **un traitement thermique appelé T-Wire®.**

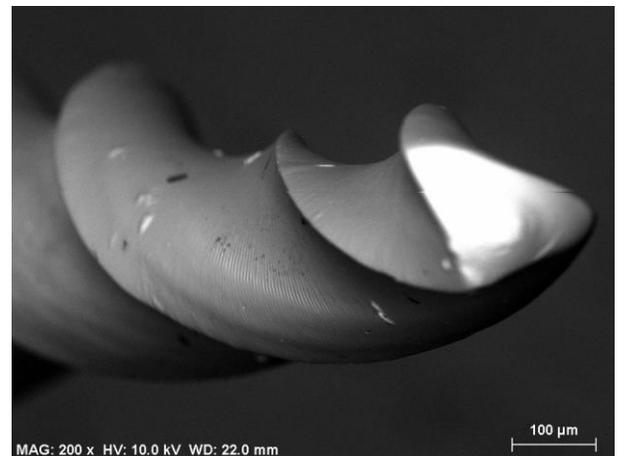
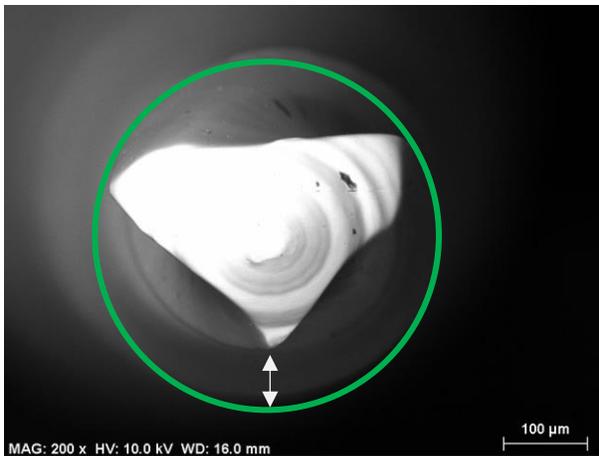


Figure 3 et 3 bis : spécificités de la pointe travaillante de la lime TS1 au microscope électronique à balayage (x200), de face et de profil (clichés MEB personnels réalisés à l'INSA Toulouse)

Le traitement T-Wire® est effectué après usinage des spires et, comme pour l'essentiel de ces types de procédés industriels, sa nature exacte est gardée secrète par le fabricant. Il augmente, d'après les informations de la firme Micro Mega, la flexibilité des instruments de 40% par rapport à ceux non traités.

Le but de notre étude était d'étudier l'effet du traitement thermique des instruments 2Shape® sur l'efficacité de nettoyage canalaire au travers de la quantité de débris et de smear layer laissée dans le canal par l'instrumentation. Nous avons donc voulu apporter une réponse à l'hypothèse nulle "il n'y a pas de différence d'efficacité d'élimination des débris dentinaires entre les instruments 2Shape® traités thermiquement et les instruments 2Shape® non-traités thermiquement".

II. Etude ex-vivo

A. Matériel et méthode

1. Echantillons

24 dents maxillaires et mandibulaires extraites, monoradiculées, de longueurs équivalentes et de diamètres voisins, ne présentant pas de courbures canalaires, instrumentables, non préalablement traitées endodontiquement et non atteintes par des lésions carieuses ni par des phénomènes de résorption ont été retenues pour notre étude et décontaminées.

Ces dents ont été décoronées à l'aide d'un disque Stoner (Toulouse – France) monté sur pièce à main dans le but de rendre leurs longueurs radiculaires comparables et d'éliminer toutes les contraintes coronaires qui auraient pu être la source de frottements hors canal lors de l'utilisation des limes en rotation continue.

La longueur de travail de chaque dent a été déterminée suite à un catéthérisme conventionnel réalisé avec une lime manuelle K15 de chez Micro Mega (Besançon - France) permettant de les répartir en deux groupes de manière aléatoire avec comme seul critère de répartition la longueur de travail (figure 4).

N° Dent	Groupe A	Groupe B
1	17.5	18.5
2	17.5	17.5
3	17.0	17.5
4	17.0	17.0
5	17.0	17.0
6	16.5	17.0
7	16.5	17.0
8	16.0	17.0
9	16.0	16.5
10	16.0	16.5
11	16.0	16.5
12	16.0	16.5

Figure 4 : tableau présentant les longueurs de travail (en mm) des 24 dents de l'étude et leur répartition dans les deux groupes non traité (A) et traité (B)

2. Mise en forme instrumentale

Dans le but de n'utiliser comme seul critère de comparaison que le traitement thermique T-Wire® des instruments 2Shape®, la société Micro Mega a mis à notre disposition des instruments 2Shape® n'ayant pas reçu le traitement post-usinage. Ils sont identiques en tout point par ailleurs aux instruments 2Shape® traités et n'ont jamais été commercialisés.

Les racines ont ensuite été mises en forme à l'aide des limes 2Shape® montées sur un moteur Endo Dual® de chez Acteon (Mérignac – France) selon les recommandations du fabricant (350 RPM, 3N.cm) par un seul et unique opérateur expert en endodontie. Ce dernier a alterné les dents de chaque groupe lors de ses manipulations et a utilisé une séquence de deux instruments neufs sous blister pour quatre dents, soit trois séquences 2Shape® traitées (groupe test B) et trois séquences 2Shape® non-traitées (groupe témoin A) pour la totalité des échantillons.

L'instrumentation a été réalisée avec les deux premières limes de la séquence 2Shape® (TS1 et TS2). Pour chacune de ces limes, deux vagues ont été réalisées, entrecoupées d'une irrigation de 2mL d'eau claire grâce au système seringue/aiguille Monoject Luer-Lock®/Endoneedle® 27G. Chaque vague comprenait trois mouvements de va et vient avec appui pariétal de remontée sur toutes les parois canalaire. Une irrigation à l'aide de 2mL d'eau claire entre la lime TS1 et TS2 a également été réalisée soit un volume total d'irrigant de 12mL par échantillon.

Les racines instrumentées ont ensuite été stockées dans des tubes éprouvettes contenant de l'eau claire en attente de leur analyse.

3. Observation au microscope électronique à balayage (MEB)

Le visionnage des échantillons a été réalisé par un seul et unique opérateur grâce un MEB utilisé en mode low vacuum avec l'aide du service de génie physique de l'Institut National des Sciences Appliquées (INSA) de Toulouse. Une alternance dans la lecture des échantillons et la prise des clichés a été respectée de sorte à ne pas biaiser la qualité des clichés sur un groupe puis sur l'autre.

Les racines ont été pré-séparées en deux grâce à un disque Stoner et des encoches ont été réalisées pour repérer leurs trois tiers radiculaires - apicaux, médians et coronaires - dans le but de faciliter le repérage et l'orientation au microscope. Une dernière irrigation de 2mL à l'eau claire a été réalisée puis les racines ont été fendues en deux dans leur longueur grâce à un bistouri et un marteau.

Les échantillons ainsi obtenus ont été placés sur des supports métalliques recouverts de scotch carbone et passés sous vide avant d'être insérés dans le microscope électronique à balayage (figure 5 et 5 bis).

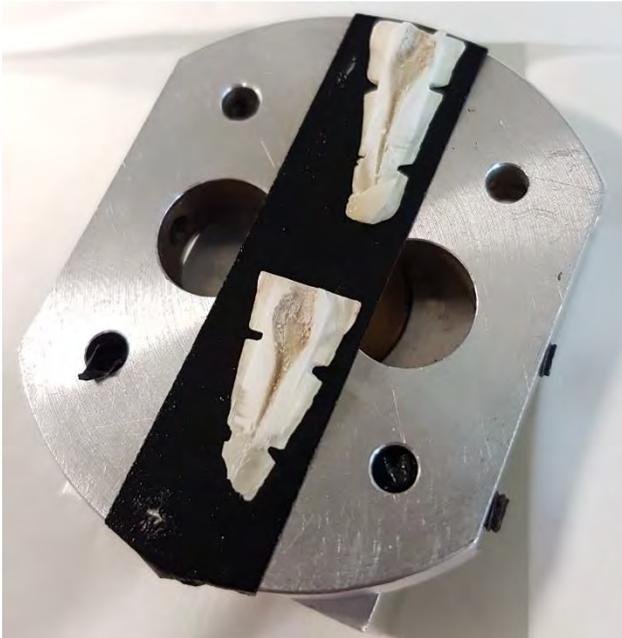


Figure 5 et 5 bis : héli-racines après section, disposées sur le support avant visionnage au MEB (photos personnelles)

Des clichés des canaux à des grossissements x100 et x1000 ont été réalisés sur chaque héli-racine dans les trois tiers définis précédemment, donnant douze clichés par dent - soit deux cent quatre-vingt huit clichés sur la totalité de l'étude.

4. Evaluation du nettoyage

Quatre observateurs en aveugle, préalablement calibrés grâce à des images types correspondantes aux différents scores ont procédé à l'évaluation des clichés de manière randomisée, en une seule et même séance. Leur but était de quantifier le taux de débris de coupe et de smear layer sur toutes les aires photographiées (voir barème ci-après).

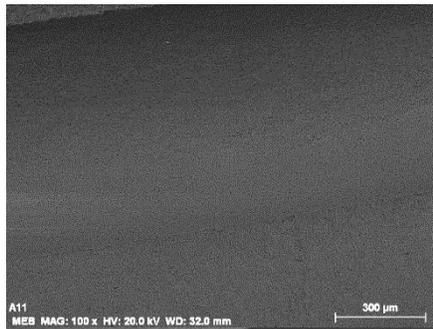
Deux des observateurs étaient étudiants à la faculté de chirurgie dentaire de Toulouse en fin de cursus et deux autres extérieurs au domaine odontologique.

L'évaluation a utilisé le barème suivant (figure 6) :

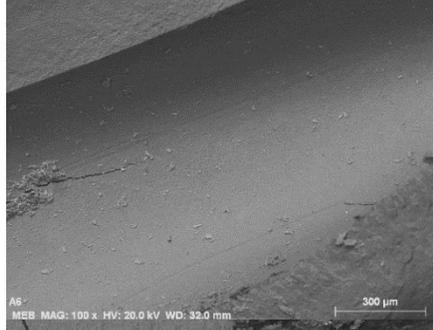
- Pour les débris (notés à x100) :
 - **Score 1** : le canal est propre, dépourvu de débris
 - **Score 2** : de petits amas de débris sont visibles sur les parois canalaires
 - **Score 3** : des amas de taille moyenne sont visibles sur les parois canalaires
 - **Score 4** : des amas de taille importante sont visibles sur les parois canalaires
 - **Score 5** : le canal est intégralement recouvert de débris

- Pour la smear layer (notée à x1000) :
 - **Score 1** : tous les tubulis sont ouverts
 - **Score 2** : une fine couche de smear layer est visible en périphérie des tubulis
 - **Score 3** : une couche homogène de smear layer recouvre les tubulis que l'on distingue encore nettement
 - **Score 4** : une couche homogène de smear layer rend la visualisation des tubulis difficile
 - **Score 5** : une couche homogène de smear layer recouvre les parois canalaires, aucun tubuli n'est visible

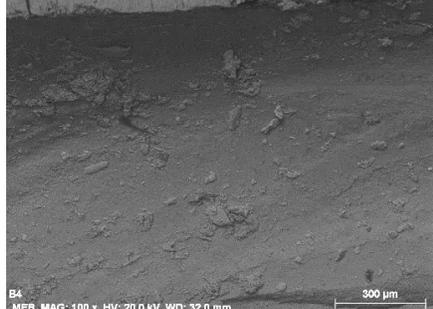
1



2



3



4



5

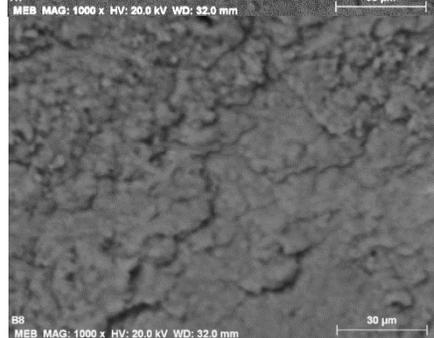
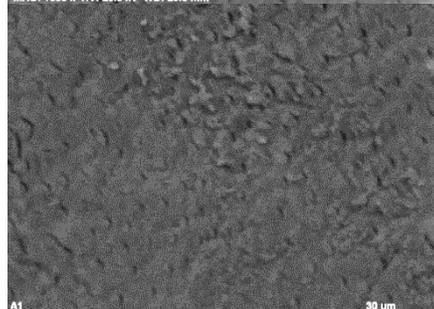
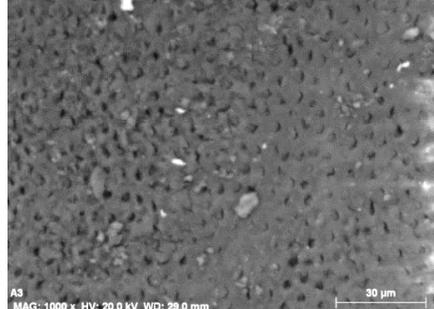
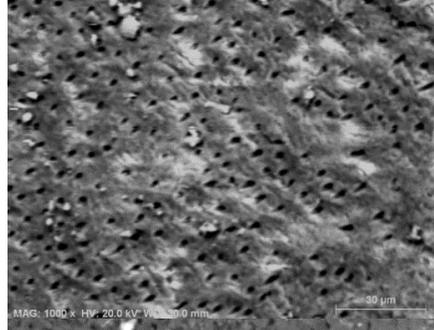
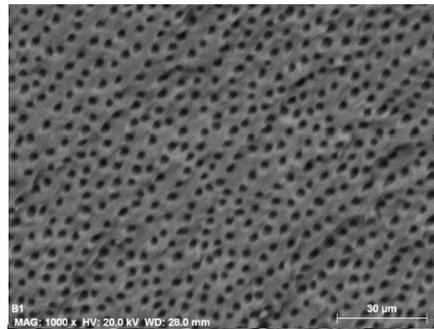
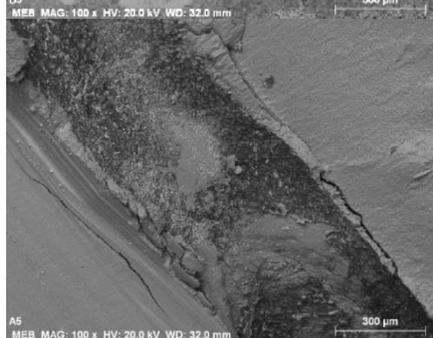


Figure 6 : clichés des canaux au MEB, scores de 1 à 5 selon la quantité de débris de coupe (x100 à gauche) et de smear layer (x1000 à droite) (clichés MEB personnels réalisés à l'INSA Toulouse)

L'analyse statistique des données a consisté en la réalisation d'un tableau ANOVA suivi d'un test PLSD de Fisher avec un risque α de 5%. Elle a été faite indépendamment pour les trois tiers afin de faciliter la comparaison statistique et de préciser les résultats en cervical, en médian ainsi qu'en apical.

Vingt-quatre clichés ont théoriquement été obtenus par tiers, par grossissement et par groupe (test avec traitement thermique ou témoin sans traitement thermique) selon la répartition des dents énoncée plus haut. Certains échantillons se sont révélés être non exploitables par bris ou fracture. Ils ont été comptabilisés en tant que "données manquantes" lors de l'analyse statistique.

Tous les résultats ont été compilés sous forme d'un tableur Excel, rendant possible leur exportation vers le logiciel de statistiques Statview 5.0 (SAS Institute Orange Ca).

B. Résultats et analyse statistique

1. Comparaison inter-observateurs

Sur les scores livrés par les quatre observateurs, ceux de trois d'entre eux étaient statistiquement concordants (figure 7). Seuls ceux de l'observateur 3 montraient un écart moyen élevé et ont dû être corrigés avant d'être inclus dans les tests statistiques pour homogénéiser les résultats. Ceux-ci tendaient à sur-noter, à sur-évaluer l'ensemble des clichés. Ils ont donc tous été abaissés d'une même valeur (0,538) pour s'aligner sur la moyenne des autres observateurs.

Test-t séries appariées

Ecart théorique = 0

	Ecart moyen	DDL	t	p
Observateur 1, Observateur 2	-,019	281	-,329	,7427
Observateur 1, Observateur 3	-,064	281	-1,144	,2538
Observateur 1, Observateur 4	,007	281	,129	,8971
Observateur 2, Observateur 3	-,045	281	-,863	,3890
Observateur 2, Observateur 4	,026	281	,537	,5917
Observateur 3, Observateur 4	,071	281	1,376	,1700

Figure 7 : analyse statistique de la variance inter-observateurs après correction

2. Débris de coupe

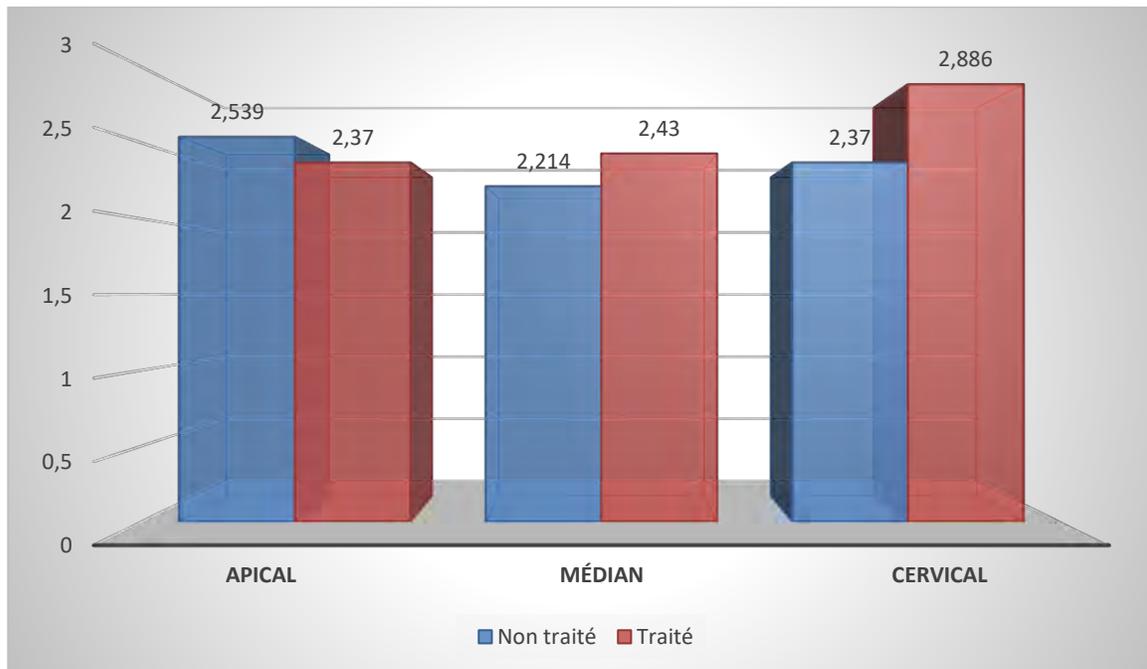


Figure 8 : graphique représentant les scores moyens de débris de coupe dans chaque tiers radicaire en fonction de la présence ou non d'un traitement thermique

Au niveau apical, les scores moyens de débris sont de 2,37 pour le groupe traité thermiquement et de 2,539 pour le groupe non traité ($p = 0,5255$).

Sur la portion médiane, nous avons obtenu un score moyen de 2,43 pour le groupe traité thermiquement contre 2,214 pour le groupe non traité ($p = 0,2878$).

En cervical, les scores moyens sont de 2,886 pour le groupe traité contre 2,37 pour le groupe non traité ($p = 0,0190$). C'est sur ce dernier tiers cervical seulement que les résultats obtenus sont significatifs ($p < 0,05$).

3. Smear layer

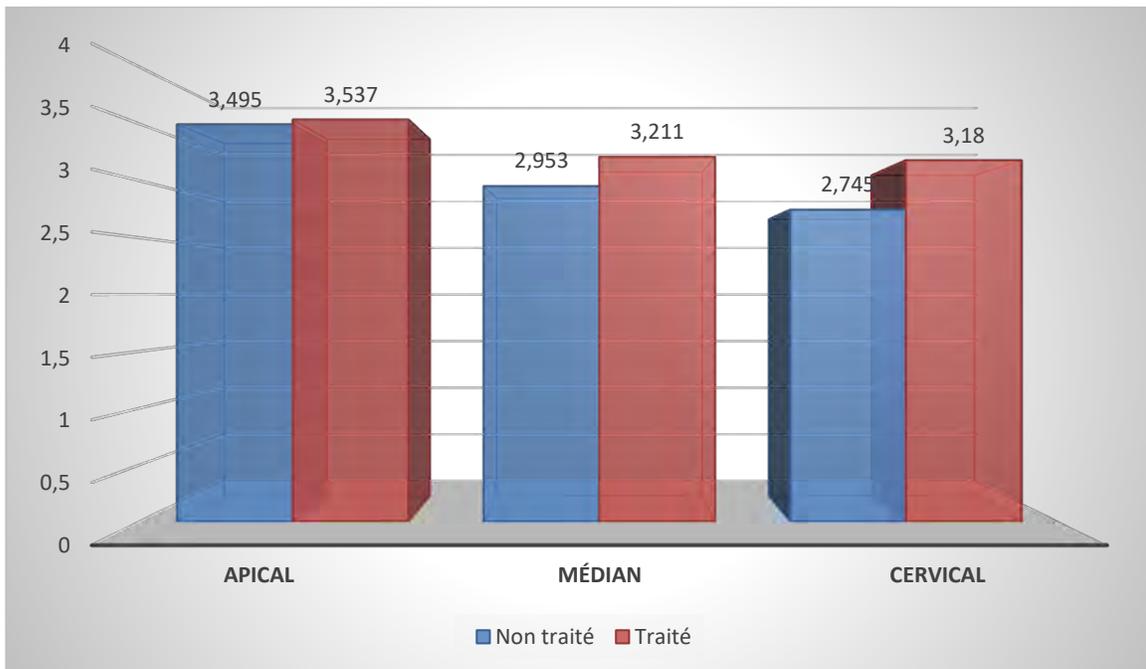


Figure 9 : graphique représentant les scores moyens de smear layer dans chaque tiers radiculaire en fonction de la présence ou non d'un traitement thermique

Au niveau apical, les scores moyens de débris sont de 3,537 pour le groupe traité thermiquement et de 3,495 pour le groupe non traité ($p = 0,8514$).

Sur la portion médiane, nous avons obtenu un score moyen de 3,211 pour le groupe traité thermiquement contre 2,953 pour le groupe non traité ($p = 0,2975$).

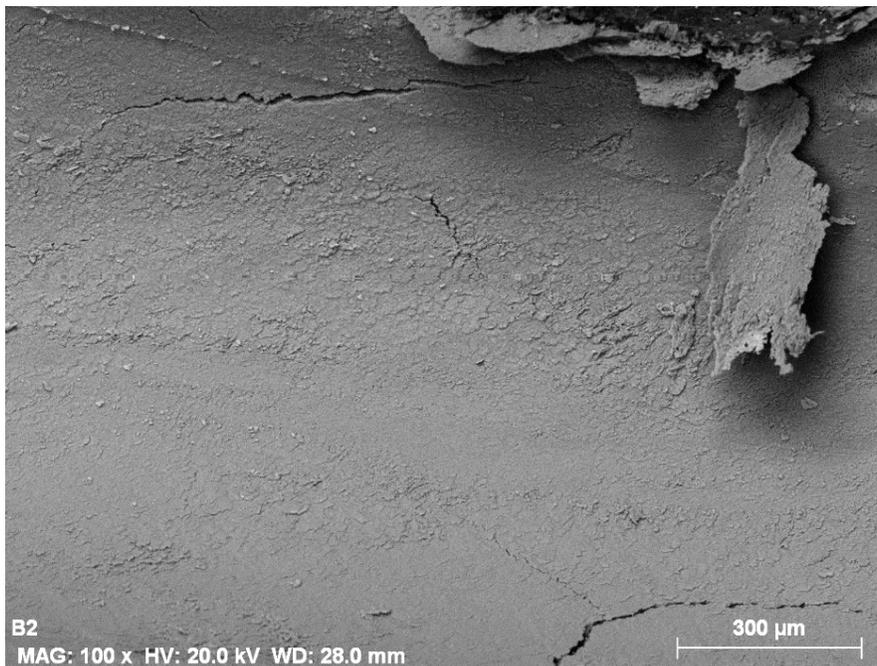
En cervical, les scores moyens étaient de 3,18 pour le groupe traité thermiquement contre 2,745 pour le groupe non traité ($p = 0,1026$).

C. Discussion

Les résultats obtenus doivent être exploités avec précaution. En effet, certaines limites inhérentes à notre protocole expérimental ont été rencontrées à plusieurs niveaux de l'étude.

Le choix a volontairement été fait d'inclure dans l'étude des dents à l'anatomie simple (dents monoradiculées, absence de courbure, longueurs de travail standardisées) dans le but de n'étudier que la capacité de coupe pure, linéaire, des instruments traités et de permettre le protocole de section longitudinale. Il n'était pas question de traiter le déport du trajet canalaire ou le risque de fracture instrumentale dans des canaux atypiques (20). Néanmoins, des études et la pratique quotidienne montrent une grande variation dans l'anatomie dentaire qui rend chaque traitement unique (21). Des auteurs se sont penchés, dent par dent, sur ces variations anatomiques. Nous pouvons malgré tout ajouter qu'il est nécessaire d'accorder du temps à la diminution des contraintes coronaires par la réalisation optimale d'un aménagement de la voie d'accès (AVA) et par l'élimination des triangles dentinaires surplombants l'accès aux canaux sur les dents pluriradiculées (22). Le fait d'avoir décoronné les dents de notre étude en a été le garant.

Dans un second temps opératoire, les encoches de séparation réalisées grâce à un disque monté sur pièce à main a pu projeter des débris au sein du système canalaire malgré les précautions prises lors de la section des racines grâce à une lame de bistouri. Ces "faux" débris aux dimensions importantes ont pu être confondus avec des débris générés par l'instrumentation endodontique malgré le calibrage réalisé au début de la séance d'évaluation (figure 10). Ce risque étant le même pour les deux groupes et cette étude étant comparative, les résultats ont certainement été influencés dans le même sens et ceci ne devrait pas altérer les conclusions de l'étude.



*Figure 10 : exemples de faux débris et de fissures générés par la découpe de la racine (x100)
(cliché MEB personnel réalisé à l'INSA Toulouse)*

Au niveau de l'observation de l'organe dentaire, l'utilisation du MEB en mode low vacuum a été nécessaire pour ne pas fragiliser la structure dentinaire. Toutefois, le vide artificiel auquel les dents ont été exposées a parfois pu provoquer des fissures visibles sur les clichés (figure 10). La mise au point difficile de certains clichés dans ces conditions de vide sub-total a également rendu leur notation plus complexe pour les observateurs. Certains auteurs utilisent une évaluation par Imagerie Volumétrique par Faisceau Conique ou Cone Beam Computed Tomography (CBCT) ainsi que la technologie du micro-CT (23). Celles-ci permettent de mettre en évidence la quantité de dentine préparée par les instruments, l'étendue de la surface non instrumentée ou encore l'importance du transport canalaire via la comparaison de deux scans réalisés avant et après instrumentation (24) mais très difficilement les débris dentinaires et encore moins la smear layer. En 2018, Gunes et Yeter ont, quant à eux, utilisé une technique de mesure du poids des débris extraits des canaux pendant leur étude (25). Ces deux derniers choix de protocole présentent donc l'avantage de s'affranchir de la section des racines pour leur observation et des limites que cela engendre.

Le score moyen de quantité de smear layer pour les deux groupes confondus est de 3,18 sur 5. Il s'agit d'un score relativement élevé dans la mesure où nous n'avons utilisé aucune solution chélatante de type acide éthylènediaminetétraacétique (EDTA) après instrumentation. L'utilisation d'EDTA aurait risqué d'éliminer une partie des débris et de la smear layer que nous voulions observer. Le score de la quantité de boue dentinaire a été utilisé pour évaluer l'action des instruments et vérifier qu'ils ont bien touché et nettoyé les parois dentinaires.

Il existe un nombre conséquent de publications sur l'étude de la résistance à la fatigue cyclique des limes endodontiques. Certains auteurs comparent des systèmes rotatifs divers (26), des séquences mono-instrumentales versus séquences pluri-instrumentales (27) ou encore deux instruments identiques avec ou sans traitement thermique (28). Concernant le type d'étude pour lequel nous avons opté (comparaison d'un même instrument avec ou sans traitement thermique), nous pouvons citer plusieurs auteurs ayant mené des investigations concernant la résistance à la fracture ou l'efficacité de coupe sur des instruments d'autres fournisseurs. En effet, Gagliardi et al. ont procédé à une étude sur les différentes évolutions du système ProTaper® de la marque Dentsply, à savoir le ProTaper Universal®, le ProTaper Next® et le ProTaper Gold® (29). De plus, Almeida et al. ont démontré en 2015 qu'il n'existait pas de différence sur la modification anatomique du tiers apical entre le traitement endodontique avec des instruments K3® non traités ou des instruments K3XF® traités de chez SybronEndo (30). Plotino et al. en 2014 puis Duke et al. en 2015 ont étudié l'évolution des instruments Profile Vortex® et Vortex Blue® (Dentsply Tulsa Dental Specialties – Tulsa - USA) sur leur résistance à la fatigue cyclique dans des canaux courbes (31,32).

L'échelle que nous avons utilisée pour le scorage des clichés a été réfléchi en se basant sur les choix d'auteurs comme Torabinejad et al. (33). Trois niveaux croissants avaient été utilisés dans son étude sur la smear layer :

- (1) Absence ou faible quantité de smear layer
- (2) Présence modérée de smear layer
- (3) Epaisse couche de smear layer recouvrant les tubulis dentinaires

Nous avons ici choisi une échelle à cinq niveaux (figure 6) afin de permettre aux observateurs d'avoir plus de choix et d'affiner ainsi leur évaluation. Une échelle à huit niveaux a également été utilisée par certains auteurs comme Cavassim et al. sur l'étude de l'effet de l'acide citrique sur l'ouverture des tubulis mais nous l'avons jugée trop complexe et trop peu discriminante (34).

Enfin, le nombre d'échantillons par groupe (12 racines) a peut être pu limiter la puissance statistique de l'étude. Soixante-douze incisives mandibulaires ont pourtant permis à Machado et al. d'étudier la quantité de smear layer résiduelle après instrumentation par six types d'instruments endodontiques (soit 12 racines par groupe) (35). Cent trente-cinq molaires ont à l'inverse été incluses dans l'étude de Vyver et al. sur l'effet de trois différentes techniques de Glide Path® sur la préparation canalaire (soit 45 dents par groupe) (36).

Conclusion

Le domaine de l'endodontie est en constante évolution grâce aux innovations concernant les instruments de mise en forme mais aussi l'irrigation, les techniques d'obturation canalaire ou encore l'imagerie.

L'étape de mise en forme canalaire constitue l'un des premiers maillons de la chaîne de la survie d'une dent atteinte d'une pathologie pulpaire. Elle se doit d'être une étape sûre et réussie dans des conditions d'aseptie optimales.

Le traitement thermique des instruments en Ni-Ti a récemment permis d'augmenter la sécurité de cette étape en diminuant le risque de fracture instrumentale. Nous avons étudié l'efficacité de coupe des limes 2Shape® traitées versus les limes non traitées thermiquement

L'étude réalisée ne nous permet pas de rejeter l'hypothèse nulle et de mettre en évidence une différence significative des capacités de coupe des instruments traités contre les instruments non-traités de manière générale. Les instruments n'ont ainsi ni perdu ni gagné en efficacité avec le traitement T-Wire® mais sont plus résistants à la fracture.

Nous pouvons donc conclure que les instruments 2Shape® commercialisés avec le traitement thermique T-Wire® sont aussi efficaces que leurs homologues sans traitement thermique en Ni-Ti 55 mais offrent une souplesse supérieure de 40% et une résistance à la rupture augmentée.

Vu par le directeur de thèse et président du jury.

A handwritten signature in black ink, consisting of a large, stylized initial 'M' followed by a smaller, less distinct mark.

BIBLIOGRAPHIE

1. Schilder H. Cleaning and shaping the root canal. *Dent Clin North Am.* avr 1974;18(2):269-96.
2. James Puryer,* Salisha Amin, and Maxwell Turner. Undergraduate Confidence When Undertaking Root Canal Treatment and Their Perception of the Quality of Their Endodontic Education. *Dent J (Basel).* 2017; 5(1): 1.
3. Dou L, Vanschaayk MM, Zhang Y, Fu X, Ji P, Yang D. The prevalence of dental anxiety and its association with pain and other variables among adult patients with irreversible pulpitis. *BMC Oral Health* 2018;18.
4. Perković I, Romić MK, Perić M, Krmek SJ. The Level of Anxiety and Pain Perception of Endodontic Patients. *Acta Stomatol Croat.* 2014;48(4):258-67.
5. Tabassum S, Khan FR. Failure of endodontic treatment: The usual suspects. *Eur J Dent.* 2016;10(1):144-7.
6. Civjan S, Huget EF, DeSimon LB. Potential applications of certain nickel-titanium (nitinol) alloys. *J Dent Res.* 1975;54(1):89-96.
7. Walia HM, Brantley WA, Gerstein H. An initial investigation of the bending and torsional properties of Nitinol root canal files. *J Endod.* 1988;14(7):346-51.
8. Thompson SA. An overview of nickel-titanium alloys used in dentistry. *Int Endod J.* 2000;33(4):297-310.
9. Duerig T.W, Melton K.N, Stockel D, Wayman C.M. *Engineering Aspects of Shape Memory Alloys.* Butterworth-Heinemann. 1990.
10. Jordan L, Rocher P. Les alliages Nickel-Titane (NiTi). 2009-2010, P5.
11. Simon S, Machtou P, Tomson P, Adams N, Lumley P. Influence of fractured instruments on the success rate of endodontic treatment. *Dent Update.* 2008;35(3):172-4, 176, 178-9.
12. Mohammadi Z, Soltani MK, Shalavi S, Asgary S. A Review of the Various Surface Treatments of NiTi Instruments. *Iran Endod J.* 2014;9(4):235-40.
13. Siquet JP, Diemer F. Quelles innovations pour la mise en forme canalaire? *L'Information Dentaire.* février 2018 : 2-6.
14. Ha J-H, Kim SK, Cohenca N, Kim H-C. Effect of R-phase heat treatment on torsional resistance and cyclic fatigue fracture. *J Endod.* 2013;39(3):389-93.

15. Miyara K, Yahata Y, Hayashi Y, Tsutsumi Y, Ebihara A, Hanawa T, Suda H. The influence of heat treatment on the mechanical properties of Ni-Ti file materials. *Dent Mater J.* 2014;33(1):27-31.
16. Zupanc J, Vahdat-Pajouh N, Schäfer E. New thermomechanically treated NiTi alloys - a review. *Int Endod J.* 2018;51(10):1088-103.
17. Elnaghy AM, Elsaka SE. Cyclic Fatigue Resistance of One Curve, 2Shape, ProFile Vortex, Vortex Blue, and RaCe Nickel-Titanium Rotary Instruments in Single and Double Curvature Canals. *J Endod.* 2018;44(11):1725-30.
18. Özyürek T, Gündoğar M, Uslu G, Yılmaz K, Staffoli S, Nm G, et al. Cyclic fatigue resistances of Hyflex EDM, WaveOne gold, Reciproc blue and 2shape NiTi rotary files in different artificial canals. *Odontology.* 2018;106(4):408-13.
19. Diemer F, Mallet J.P, Nehme W. La séquence 2Shape de Micro-Mega. *Endo Tribune Edition Française.* octobre 2017;25-26.
20. Burroughs JR, Bergeron BE, Roberts MD, Hagan JL, Himel VT. Shaping Ability of Three Nickel-Titanium Endodontic File Systems in Simulated S-shaped Root Canals. *J Endod.* 2012;38(12):1618-21.
21. Ahmad IA, Alenezi MA. Root and Root Canal Morphology of Maxillary First Premolars: A Literature Review and Clinical Considerations. *J Endod.* 2016;42(6):861-72.
22. Pedullà E, Rosa GRML, Boninelli S, Rinaldi OG, Rapisarda E, Kim H-C. Influence of Different Angles of File Access on Cyclic Fatigue Resistance of Reciproc and Reciproc Blue Instruments. *J Endod.* 2018;44(12):1849-55.
23. Michetti J, Maret D, Mallet JP, Diemer F. Validation of Cone Beam Computed Tomography as a Tool to Explore Root Canal Anatomy - *Journal of Endodontics.* *J Endod.* 2010 ;36(7):1187-90. doi: 10.1016/j.joen.2010.03.029.
24. Belladonna FG, Carvalho MS, Cavalcante DM, Fernandes JT, Maciel AC de C, Oliveira HE, et al. Micro-computed Tomography Shaping Ability Assessment of the New Blue Thermal Treated Reciproc Instrument. *J Endod.* 2018;44(7):1146-50.
25. Gunes B, Yeter KY. Effects of Different Glide Path Files on Apical Debris Extrusion in Curved Root Canals. *J Endod.* 2018;44(7):1191-4.
26. Ataya M, Ha J-H, Kwak SW, Abu-Tahun IH, El Abed R, Kim H-C. Mechanical Properties of Orifice Preflaring Nickel-titanium Rotary Instrument Heat Treated Using T-Wire Technology. *J Endod.* 2018;44(12):1867-71.

27. Zhao D, Shen Y, Peng B, Haapasalo M. Root Canal Preparation of Mandibular Molars with 3 Nickel-Titanium Rotary Instruments: A Micro–Computed Tomographic Study. *J Endod.* 2014;40(11):1860-4.
28. Pedullà E, Lo Savio F, La Rosa GRM, Miccoli G, Bruno E, Rapisarda S, et al. Cyclic fatigue resistance, torsional resistance, and metallurgical characteristics of M3 Rotary and M3 Pro Gold NiTi files. *Restor Dent Endod.* 2018;43(2).
29. Gagliardi J, Versiani MA, Sousa-Neto MD de, Plazas-Garzon A, Basrani B. Evaluation of the Shaping Characteristics of ProTaper Gold, ProTaper Next, and ProTaper Universal in Curved Canals. *J Endod.* 2015;41(10):1718-24.
30. Almeida BC de, Ormiga F, Araújo MCP de, Lopes RT, Lima ICB, Santos BC dos, et al. Influence of Heat Treatment of Nickel-Titanium Rotary Endodontic Instruments on Apical Preparation: A Micro–Computed Tomographic Study. *J Endod.* 2015;41(12):2031-5.
31. Plotino G, Grande NM, Cotti E, Testarelli L, Gambarini G. Blue treatment enhances cyclic fatigue resistance of vortex nickel-titanium rotary files. *J Endod.* 2014;40(9):1451-3.
32. Duke F, Shen Y, Zhou H, Ruse ND, Wang Z, Hieawy A, et al. Cyclic Fatigue of ProFile Vortex and Vortex Blue Nickel-Titanium Files in Single and Double Curvatures. *J Endod.* 2015;41(10):1686-90.
33. Torabinejad M, Khademi AA, Babagoli J, Cho Y, Johnson WB, Bozhilov K, et al. A new solution for the removal of the smear layer. *J Endod.* mars 2003;29(3):170-5.
34. Cavassim R, Leite Frm, Zandim DI, Dantas Aar, Rached Rsga, Sampaio Jec. Influence of concentration, time and method of application of citric acid and sodium citrate in root conditioning. *J Appl Oral Sci.* 2012;20(3):376-83.
35. Machado R, Comparin D, Engelke Back EDE, Roberti Garcia L da F, Alberton LR. Residual smear layer after root canal instrumentation by using Niti, M-Wire and CM-Wire instruments: A scanning electron microscopy analysis. *Eur J Dent.* 2018;12(3):403-9.
36. Vyver PJ van der, Paleker F, Vorster M, Wet FA de. Root Canal Shaping Using Nickel Titanium, M-Wire, and Gold Wire: A Micro–computed Tomographic Comparative Study of One Shape, ProTaper Next, and WaveOne Gold Instruments in Maxillary First Molars. *J Endod.* 2019;45(1):62-7.

**TRAITEMENT THERMIQUE DES LIMES 2SHAPE® ET NETTOYAGE CANALAIRE :
ETUDE EN MICROSCOPIE ELECTRONIQUE A BALAYAGE**

RESUME :

L'endodontie est une discipline odontologique complexe et source d'échecs. Actuellement, les études prouvent l'efficacité des instruments en Nickel-Titane dans les étapes de mise en forme canalaire. Les différents traitements thermiques appliqués à cet alliage permettent aujourd'hui un gain de sécurité et d'efficacité. L'étude ex-vivo réalisée dans cette thèse sur 24 dents monoradiculées a permis, au travers de l'étude de la quantité de débris et de smear layer générée par l'instrumentation, de montrer une équivalence de capacité de coupe entre les limes 2Shape® bénéficiant du traitement thermique T-Wire® et les limes 2Shape® non traitées. Ces instruments innovants permettent ainsi un gain de flexibilité et une résistance à la fracture supérieure tout en gardant des caractéristiques de coupe intéressantes.

TITLE : 2SHAPE® FILES HEAT TREATMENT AND ROOT CANAL CLEANING : A SCANNING ELECTRON MICROSCOPY STUDY

ABSTRACT :

Endodontics is a complex dental discipline and a source of failure. Through recent studies, the efficiency of Nickel-Titanium instruments in the canal shaping steps have been proven. Nowadays, a gain in safety and efficiency has been allowed thanks to the different heat treatments applied to this alloy. The ex-vivo study carried out on 24 monoradicated teeth during this thesis highlights, by studying the quantity of debris and smear layer generated by the devices, an equivalence in terms of cutting capacity between 2Shape® files thermally treated by T-Wire® and 2Shape® files without thermal treatment. These innovative instruments allow a gain in flexibility and a higher fracture resistance while maintaining interesting cutting characteristics.

DISCIPLINE ADMINISTRATIVE : Chirurgie dentaire

MOTS-CLES : Endodontie, Nickel-Titane, Traitement thermique, Smear layer, T-Wire®

INTITULE ET ADRESSE DE L'UFR OU DU LABORATOIRE :

Université Toulouse III-Paul Sabatier

Faculté de chirurgie dentaire 3 chemin des Maraîchers 31062 Toulouse Cedex

DIRECTEUR DE THESE : Pr Franck Diemer