

ⵜⴰⵎⴰⵎⴰⵏⵜ ⵏ ⵓⵎⵎⴰⵎ ⵏ ⵔⵉⵎⴰⵏ
UNIVERSITE ABOU BEKR BELKAÏD-
TLEMEN
FACULTE DE MEDECINE -
Dr. B. BENZERDJEB



جامعة أبو بكر بلقايد - تلمسان

كلية الطب

د. ب. بن زرجب

**Mémoire de fin d'études pour l'obtention du grade
de Docteur en Médecine Dentaire**

Thème

**Etude comparative ex-vivo entre deux techniques
d'obturation canalaire: Thermocompactage par Revo-
Condensor® vs Compactage vertical à chaud**

Présenté et soutenu publiquement le 24/06/2018 par :

MOHAMMED BELARBI Menel BOUAZZI Sara MOULKRALOUA Nesrine

Devant le jury constitué de:

Pr. F. OUDGHIRI	: Professeur en Odontologie Conservatrice et Endodontie Chef de service d'O.C.E – CHU Tlemcen Chef de département de médecine dentaire Faculté de médecine - Tlemcen	Président
Dr. D. GUENDOUIZ	: Maître-Assistant en Odontologie Conservatrice et Endodontie CHU Tlemcen	Examineur
Dr. Y. BOUDJELLAL	: Maître-Assistant en Odontologie Conservatrice et Endodontie CHU Tlemcen	Examineur
Dr. F. Z. SAÏM	: Maître-Assistante en Histologie- CHU Tlemcen	Examinatrice
Dr. B. HIMEUR	: Maître-Assistant en Odontologie Conservatrice et Endodontie CHU Tlemcen	Encadreur
Dr. B. BELLAHOUE	: Assistant en Histologie – CHU Tlemcen	Co-Encadreur

Année Universitaire 2017 – 2018

Remerciements

**A Notre Président de Jury
Professeur F.OUDGHIRI
Professeur en Odontologie Conservatrice
Chef de service d'Odontologie Conservatrice/Endodontie
CHU Tlemcen
Chef de département de médecine dentaire Tlemcen**

Nous souhaitons vous remercier d'avoir fait l'honneur d'accepter la présidence de notre jury de mémoire, nous avons eu le grand plaisir d'apprendre à connaître, sous votre direction, le côté passionnant et intéressant de la médecine dentaire.

Veillez trouver ici l'expression de notre respectueuse considération et notre profonde admiration pour toutes vos qualités scientifiques et humaines.

Ce travail est l'occasion de vous témoigner notre profonde gratitude.

**A Notre jury de Mémoire
Docteur Y.BOUDJELLAL
Maitre-Assistant en Odontologie Conservatrice/Endodontie
CHU Tlemcen**

*C'est un honneur pour nous que vous acceptiez de siéger parmi nos jurys
de mémoire, on vous remercie pour la qualité de l'enseignement que vous
nous avez dispensé tout au long de notre cursus, vous nous avez permis de
profiter pleinement de vos connaissances*

Veillez recevoir ici notre grand respect et notre gratitude.

**A Notre Jury de Mémoire
Docteur D.GUENDOZ
Maitre-Assistant en Odontologie Conservatrice/Endodontie
CHU Tlemcen**

*Vous nous faites l'honneur d'accepter avec une très grande amabilité de
siéger parmi notre jury de mémoire et d'évaluer notre travail.*

*Veillez trouver ici l'expression de notre profonde reconnaissance et nos
grands respects pour vos précieux conseils, et le partage de votre
expérience clinique.*

**A notre jury de mémoire
Docteur F.Z.SAIM
Maitre assistante en Histologie
CHU Tlemcen.**

Vous nous avez fait le plaisir d'accepter de siéger parmi nos jurys.

Nous vous remercions pour votre gentillesse, votre soutien, et vos conseils

avisés qui nous ont accompagnés pour accomplir ce travail.

Veillez trouver ici l'expression de notre estime et notre grand respect.

**A notre Encadreur de mémoire
Docteur B.HIMEUR
Maitre Assistante en Odontologie Conservatrice/Endodontie
CHU Tlemcen**

Nous avons eu l'honneur et le plaisir de réaliser ce travail sous votre direction, merci pour la confiance que vous nous avez accordée ; et pour votre patience tout au long de notre travail.

Veillez trouver, ici le témoignage de notre profonde estime et l'assurance de nos remerciements les plus respectueux.

**A Notre Co-Encadreur de Mémoire
Docteur A.BELAHOUANE
Assistant en Histologie
CHU Tlemcen**

Vous nous avez honoré d'accepter avec grande sympathie de co-diriger ce travail, on vous remercie chaleureusement pour votre gentillesse et votre disponibilité pour la réalisation de notre travail.

Veillez trouver ici l'expression de notre grand respect et nos vifs remerciements.

A Docteur S.BENBEKHTI
Maitre assistante en Epidémiologie

Nous vous sommes très reconnaissantes d'avoir dirigé notre travail et de nous avoir guidé ; nous souhaitons vous remercier pour votre aide et votre soutien moral; nous n'oublierons jamais votre sympathie et vos conseils, vos expressions d'encouragement le moment où on était au bout de nos vies
Veillez recevoir l'expression de notre profonde estime et de tout notre respect.

A Docteur A.ELGherbi
Maitre-assistant en prothèse

Nous vous remercions pour votre participation à la réussite de ce travail.
Veillez trouver ici l'expression de notre profonde reconnaissance, pour la qualité de votre enseignement ; Nous avons su apprécier vos qualités de pédagogue et votre humanisme.
Acceptez monsieur l'expression de notre profond respect.

A Madame A.HASSAÏNE

Nous vous remercions pour votre aide, vos conseils, votre temps et surtout pour votre amour.
Soyez assurée de notre estime et notre reconnaissance.

A monsieur H.KAZI

Nous tenons à vous remercier pour l'énorme aide que vous nous avez procuré ; pour votre temps et votre disponibilité.

A monsieur A.BELLIFA

Nous vous remercions pour l'intérêt que vous avez porté à ce travail merci pour votre aide et pour votre gentillesse.

A notre maman S.BELGHOMARI Ep MOHAMMED BELARBI

Jamais nous ne saurons vous remercier assez, Sans vous ce travail n'aurait pas pu voir le jour.
Veillez trouver ici toutes les expressions de notre gratitude.

A Monsieur A.MOHAMMED BELARBI

Permettez-nous de vous remercier pour l'aide précieuse que vous nous avez procuré ; sans vous ce travail n'aurait pas pu être accompli.
Veillez trouver ici, Monsieur, l'expression de notre respectueuse reconnaissance.

A nos chers collègues qui ont su nous reconforter et nous soutenir au moment difficile de la perte de nos données.

Dédicaces

Louange à Allah le tout puissant qui m'a toujours donné la force de tout surmonter.

*A l'épaule qui a toujours su supporter ma tête épuisée, aucune langue au monde ne peut exprimer ce que j'éprouve pour toi. Mama, je me sens très privilégiée de t'avoir comme maman
merci d'être toi.*

*Papa, celui qui m'a appris d'être forte d'être différente et d'être moi, ton soutien vaut de l'or
Mama, Papa ! Merci d'être les parents de Menel. J'espère que vous êtes fiers de la personne
qu'est devenue votre petite fille*

***Mamie, Papie,** le gout de ma vie, Non ! Vous êtes toute ma vie, J'espère vous rendre aussi
heureux un jour que vous me l'avez rendu tous les jours.*

*A l'âme d'un être très cher à mon cœur, une personne qui était toujours intriguée par la
réussite, **Nasro,** j'aurai tout donné pour qu'il soit parmi nous aujourd'hui. Miséricorde Sur son
âme.*

***Sihem,** ma sœur, ma moitié, ma complice, la personne la plus agréable au monde je ne sais
comment aurait été ma vie sans toi.*

***Mon oncle 'Hbib'** tu as été comme un père pour moi ou plus, je ne saurai te remercier pour
tout ce que tu as fait pour moi.*

***Mes grands-parents** La bougie qui illumine nos vies, je vous souhaite une longue vie, santé et
bonheur.*

***Tata** noir verte, merci pour ton soutien, tes encouragements et tes conseils*

***Tonton moussa,** merci pour tout, pour ta disponibilité et pour ton temps.*

***Mes frères,** Redouane, mon petit frère chéri Louay, merci pour ton amour et ta tendresse très
claire dans tes yeux, ma petite princesse Tesnim je voyais la joie dans tes yeux quand on te dit
que tu me ressembles, alors moi je souhaite que tu sois mille fois meilleure.*

***Mes sœurs,** Radjaa, Besma, Safa et Marwa, merci de vos encouragements je vous souhaite une
vie pleine de réussite.*

***Sali,** comme tu me l'as dit un jour existe-il une sœur qui n'aime pas sa sœur? Je t'aime ma sœur
Ghina, mon bonheur, la source du bonheur de la maison, Je t'adore ma petite goutte de miel.*

***A mes binômes ; Sarah,** Comme je l'ai toujours dit notre lien a été sans pareil, nous voulions
toujours travailler ensemble pour arriver à ce jour, Nous-voilà ! Je ne regretterai jamais le fait
de travailler avec toi, sans tes efforts ce travail n'aurait jamais été le même. J'espère que j'étais
et je reste un beau souvenir que tu souriras à son mémoire.*

***Souad,** Plus qu'une amie, t'es une sœur, tu mérites tout le bonheur du monde ma Sousou.*

***Karima,** « Karima » dans tout le sens du terme, j'ai jamais vu quelqu'un de ta générosité, mille
merci à toi à tes petites et à ton époux, je ne serai jamais assez reconnaissante.*

***Rahmouna,** au fil des années tu es devenue un membre de la famille, je te souhaite tout le
bonheur du monde.*

***Mes chers amis,** nom par nom dans la crainte d'oublier quelqu'un parmi vous.*

*A tout ceux qui ont croisé mon parcours un peu pas comme les autres positivement ou
négativement, c'est vous qui avez fait de moi la personne d'aujourd'hui*

*Enfin, je remercie les contraintes avant les bons moments qui m'ont donné le courage et la
volonté de continuer face aux défis.*

Menel

A mes chers grands parents, l'émotion m'empêche d'écrire d'avantage mais je sais que vous seriez fiers de moi aujourd'hui. Ce travail est pour vous.

A ma maman, la personne la plus gentille dans le monde entier. Tu m'as inculqué les valeurs d'abnégation et de pugnacité au travail qui m'ont poussé jusqu'ici, jusqu'au point final de ce mémoire. Cette réussite, je te la dois. Merci pour toute ta générosité, ton soutien et ton amour, sans faille. A mon papa, Merci pour l'éducation, les principes et les valeurs que tu m'as transmis, tu étais toujours présent pour nous, j'espère que je t'ai rendu fier de moi.

*A mon petit frère « **Youcef Nadjib** » je ne doute pas que tu seras le prochain à recevoir des félicitations Insha'allah. je te souhaite tout le bonheur du monde.*

*A toute la famille « **BOUAZZI** » ET « **SEFAOUI** » :
Aucune dédicace ne saurait exprimer mon respect, mon amour... Qu'Allah vous garde tous, vous procure santé, bonheur et longue vie.*

*A ma chère tante « **Karima** », voilà c'est le moment pour t'écrire un mot, malgré que ça ne suffira jamais par rapport à tous ce que tu as fait pour moi, je ne te témoigne que très peu ma reconnaissance, je tenais sincèrement à le faire aujourd'hui et vous remercier du fond du cœur pour tout.*

*A **Menel**, sans toi ce mémoire, ne serait pas terminé, sûrement !
À notre amitié, nos moments passés ensemble...J'aurai eu du mal à travailler avec un autre binôme et j'imagine que toi aussi !
A monsieur **Dr DJEBBOUR** Abdelmadjid, je vous remercie aussi vivement pour votre aide, votre disponibilité et votre gentillesse veuillez trouver ici l'expression de mon profond respect.*

*A madame **Hassaine Atika**, Merci beaucoup pour votre sympathie et votre aide précieuse. Veuillez trouver ici l'expression de mes sentiments les plus sincères.*

Sans oublier mes chers amis et collègues, pour tous les moments de partage et d'aide mutuelle.

Sarah

Je dédie ce travail :

Tout d'abord je remercie ALLAH qui nous a donné la force, le courage et la patience pour accomplir ce travail :EL HAMDOULILAH

A Ma Chère mère :

A la femme la plus merveilleuse du monde, comment ne pas commencer par celle qui m'a tout donné ; merci de m'avoir partagé les moments de panique et me rassurer dans les moments de doute ; merci pour votre soutien inconditionnels tout au long de mon parcours ;pour tes sourires ; tes prières ; pour votre confiance et votre encouragement et surtout pour tous les sacrifices que tu as faits depuis mon enfance, j'espère que tu es fière de ce que je suis aujourd'hui.

A Mon père :

Merci de m'avoir soutenu tout au long de mes études merci pour votre confiance en moi ; vous m'avais donné de la force et la volonté pour combattre pour arrivé a cette place.

*A ma sœur **Amel** et mon frère **Abdelkader** : pour leur encouragement et leur soutien moral ; j'espère que vous êtes fière de votre petite sœur.*

*A mon deuxième frère **Moussa** : j'aurai voulu que tu sois parmi nous en ce jour.*

*A mon petit amour **Iyad** qui apporte la joie a notre vie.*

*A mes chères binôme **Sara** et **Menel** avec lesquelles j'ai partagé les moments de doute et de panique.*

*A mes chères amies :**Hadjer Chaimaa Aicha Fatima** : merci pour les bons moments inoubliable qu'on a passée ensemble.*

A toute la promo de 6ème année médecine dentaire et mes partenaires de stage hospitalier.

Enfin de remercie toute personne de près ou de loin qui participe à la réalisation de ce mémoire

Nesrine

Table des matières

Remerciements.....	i
Dédicaces.....	viii
Table des matières.....	Erreur ! Signet non défini.
Liste des abréviations	xiv
Liste des figures	xv
Liste des tableaux.....	xvii
Chapitre I: Introduction	
1- Introduction	1
2- Revue de la littérature	3
2.1- Historique.....	3
2.2- Rappel sur l'anatomie endodontique	4
a- Classification des configurations canalaire.....	4
b- Classification de CARAMES DE APRILE (1967)	4
c- Classification de WEINE (1969)(7).....	5
d- Classification de KUTTLER et PINEDA (1972).....	5
e- Classification de BOURDEAU (1974)	6
f- Classification de DE-DEUS (1975)	6
g- Classification de LAURICHESSE, CHAPELLE et GRIVAU (1977).....	6
h- Classification de VERTUCCI (1984).....	6
i- Classification de Cohen et Burnes	8
j- Classification de Machtou (1993)	8
k- Classification de Gulabivala (2002).....	8
l- Nouveau système de classification de la morphologie radulaire	9
2.3- Histologie de complexe dentino-pulpaire	11
2.3.1- Histologie de la dentine	11
2.3.2- Histologie de la pulpe.....	13
2.4- Traitement endodontique	15
2.4.1- Définitions	15
2.4.2- Schéma d'un traitement canalair.....	15
2.4.3- Obturation canalair	19
2.4.3.1- Définitions	19
2.4.3.2- Principes et recommandations	20
2.4.3.3- Objectifs	21
2.4.3.4- Temps opportun pour l'obturation canalair	21
2.4.3.5- Matériaux d'obturation canalair	22
2.4.3.6- Techniques d'obturation canalair	30

2.4.4-Restauration définitive.....	42
2.4.5-Le suivi clinique et radiologique	43
2.5-Percolation apicale (apical leakage).....	43
2.5.1-Test de pénétration d'un colorant (Dye test).....	43
2.5.1.1-Marqueurs utilisés	44
2.5.1.2-Le bleu de méthylène.....	44
2.5.1.3-Protocole	45
2.5.1.4-Observation et mesure de la percolation.....	45
2.5.1.5-Technique d'extraction d'un colorant.....	46
2.5.2-Test de pénétration bactérienne	46
2.5.3-Test de pénétration de radio-isotopes.....	47
2.5.4-Test de pénétration de fluides sous pression.....	48
2.5.5-Test de pénétration de glucose	49
Introduction.....	53

Chapitre II: Matériels et méthodes

1- Type d'étude.....	57
2- Lieu et durée de l'étude	57
3- Population de l'étude.....	57
4- Choix de Spécimen.....	57
4.1- Critères d'inclusion	57
4.2- Critères d'exclusion.....	57
5- Recueil des dents	58
6- Méthode d'échantillonnage	58
7- Critères de jugement (Outcomes)	58
7.1- Critères radiologiques	58
7.2- Critères microscopiques.....	58
7.3- La survenue d'une erreur iatrogène:	58
8-Schéma illustratif de notre étude	59
9-Matériels	60
9.1- Phase du traitement endodontique.....	60
9.2- Phase histologique	64
10- Méthodes	66
10.1-Randomisation.....	66
10.2- Radiographie.....	67
10.3- Réalisation de la cavité d'accès	68
10.4- Cathétérisme	69
10.5- Préparation canalaire	69

10.6- Assèchement du canal	71
10.7- Obturation canalaire	71
10.7.1- Groupe obturé avec le Revo-Condensor®	71
10.7.2- Groupe obturé par compactage vertical à chaud	73
10.8- Restauration coronaire.....	75
10.9- Evaluation de l'étanchéité apicale	75
11- Statistiques	78
Chapitre III: Résultats	
1- Description de la population	80
2- Analyse radiographique	82
2.1- Groupe I : Revo-condensor®	83
2.2- Groupe II : Compactage vertical à chaud	85
2.3- Comparaison entre les deux techniques	88
3- Pénétration du bleu de méthylène	90
3.1- Groupe I : Revo-Condensor®	91
3.2- Groupe II : Compactage vertical à chaud	94
3.3- Groupe Témoin	97
3.4- Comparaison des deux techniques	97
Chapitre IV: Discussion	
Discussion.....	100
1. Discussion du protocole	100
2. Discussion des résultats	105
2.1- Analyse des résultats radiographiques	105
2.2- Analyse des résultats de percolation apicale	107
3. Difficultés et contraintes de notre étude	109
Recommandations	110
Chapitre V: Conclusion	
Conclusion	112
Références bibliographiques.....	114
Annexes	122

Liste des abréviations

JAD	: Jonction Amélo-Dentinaire
AAE	: American Association of Endodontics.
CNEOC	: Collège National des Enseignants en Odontologie Conservatrice.
EDTA	: Éthylène-Diamine-Tétra-Acétique.
HAS	: Haute Autorité de Santé.
ISO	: l'Organisation Internationale de normalisation.
MTA	: Mineral Trioxyde Aggregate.
MV2	: Second canal mésio-vestibulaire.
NAOCL	: L'Hypochlorite de Sodium.
NITI	: Nickel Titane.
OCE	: Odontologie conservatrice/ Endodontie.
PVC	: Polychlorure de vinyle.
RVG	: Radio Visio Graphie.
GHD	: Groupe Homogène des Dents

Liste des figures

Figure 1 : Représentations schématiques de la classification de Weine	5
Figure 2 : Représentations schématiques de la classification de Vertucci	7
Figure 3 : Schéma illustrant les configurations canalaires additionnelles référencées par Gulabivala	8
Figure 4 : Représentation schématique de la nouvelle classification de la morphologie canalair	10
Figure 5 : Schéma d'une unité métabolique dentinaire.....	12
Figure 6 : Cônes standardisés	23
Figure 7: Obturateur pour système Thermafil®	23
Figure 8 : Cartouches pour pistolet à gutta.....	23
Figure 9 : Radiographie rétroalvéolaire montrant des canaux obturés aux cônes d'argent	24
Figure 11 : Système RealSeal®	25
Figure 10 : Système Resilon/Epiphany®	25
Figure 12 : Structure du CPoint®	27
Figure 13 : Conditionnement du CPoint® unitaire et stérile	27
Figure 14 : Système Fibrefill®	27
Figure 15 : Le système Revo-Condensor®	34
Figure 16 : Condenseur PAC MAC®	34
Figure 17 : Système Microseal®	35
Figure 18 : Conditionnement de système Thermafil®	36
Figure 19 : Four Thermaprep®	36
Figure 20 : Thermafil® Verifiers.....	36
Figure 21 : Fraise Thermacut®.....	36
Figure 22 : Obturateur Thermafil®.....	36
Figure 23 : Fraise Space Bur®	36
Figure 24 : Schéma montrant les étapes de la technique d'obturation au Thermafil®	37
Figure 25 : Système Simplifill®	37
Figure 26 : Système Herofill®	38
Figure 27 : Système Soft Core®.....	38
Figure 28: Protocole opératoire de système Soft-Core®	39
Figure 29 : Système B®	40
Figure 30 : Unité d'obturation Elements®	40
Figure 31 : Calamus Dental Unit®	41
Figure 32 : Système Gutta-Flow®	41
Figure 33 : Coupes longitudinales des dents marquées au bleu de méthylène	46
Figure 34 : Schéma expliquant la méthode de pénétration de radio-isotopes selon Haïkel et coll. 2000	48
Figure 35 : Schéma du montage de test de pénétration de fluides sous pression	49
Figure 36 : Protocole expérimental de la méthode d'infiltration de glucose (d'après Xu et coll en 2005)	50
<i>Figure 37 : Spécimen d'étude.....</i>	<i>60</i>
<i>Figure 40 : Haricot & Tambour.....</i>	<i>60</i>
<i>Figure 38 : Gants et masques.....</i>	<i>60</i>
<i>Figure 39 : Plateau de travail</i>	<i>60</i>
<i>Figure 43 : Contre-angle</i>	<i>61</i>
<i>Figure 42 : Fraisier</i>	<i>61</i>
<i>Figure 41 : Turbine.....</i>	<i>61</i>
<i>Figure 44 : Clichés rétro-alvéolaires</i>	<i>61</i>
<i>Figure 45 : Limes de préparation.....</i>	<i>62</i>
<i>Figure 46 : Revo-S®</i>	<i>62</i>

Figure 47 : Contre-Angle endodontique	62
Figure 48 : Seringue d'irrigation	62
Figure 51 : EDTA	62
Figure 50 : Seringue d'irrigation endodontique	62
Figure 49 : Hypochlorite de sodium	62
Figure 52 : Cônes de papier absorbant	63
Figure 54 : Bourre-pate de Lentulo	63
Figure 53 : Oxyde de Zinc-Eugénol.....	63
Figure 55 : Revo-Condensor®	63
Figure 56 : Cônes de gutta percha normalisés.....	63
Figure 58 : Cônes de gutta percha non normalisés	64
Figure 57 : Fouloirs de compactage.....	64
Figure 59 : Composite	64
Figure 61 : Etuve	65
Figure 60 : Bistouri	65
Figure 62 : Bleu de méthylène.....	65
Figure 63 : Le disque diamanté monté sur une pièce à main.....	65
Figure 64 : Microscope binoculaire	66
Figure 65 : Papier millimétré.....	66
Figure 67 : La répartition des dents après la randomisation.....	66
Figure 66 : La population d'étude.....	66
Figure 68 : RVG préopératoire	67
Figure 69 : Radiographie per-opératoire maître-cône en place	67
Figure 70 : RVG post-opératoire.....	68
Figure 71 : Cavité d'accès réalisée sur une incisive inférieure	69
Figure 72 : Matériels nécessaires pour l'étape de préparation	69
Figure 73 : Préparation manuelle à l'aide d'une lime K n° 15.....	70
Figure 74 : Préparation mécanisée au Révo-S® monté sur contre-angle endodontique	71
Figure 75 : Essai du Revo-Condensor® à vide.....	72
Figure 76 ; Obturation par Revo-Condensor®	73
Figure 77 : La mise en place des échantillons dans l'étuve.....	75
Figure 78 : L'isolation des 2mm apicaux des échantillons par des bandelettes de cire.....	76
Figure 79 : La préparation de la solution du bleu de méthylène à 2%	76
Figure 80 : Les échantillons trempés dans le bleu de méthylène	77
Figure 81: La coupe longitudinale des dents	77
Figure 82: Observation de la pénétration du Bleu de méthylène et mesure linéaire de la remontée de colorant	78
Figure 83 : Répartition de la population selon le type de dents.....	80
Figure 84: Répartition de l'échantillon de thermocompactage selon le type de dents	80
Figure 85 : Répartition de l'échantillon de compactage vertical à chaud selon le type de dents.....	81
Figure 86 : Répartition de l'échantillon du groupe témoin selon le type de dents.....	81
Figure 87 : Répartition des dents obturées par Revo-Condensor® selon les paramètres d'analyse radiographique.....	84
Figure 88: Répartition des dents obturées par compactage vertical à chaud selon les paramètres d'analyse radiographique	86
Figure 89 : Dent obturée par Revo-condonsor.....	87
Figure 90: Dent obturée par compactage vertical à chaud.....	87
Figure 91 : Répartition des dents obturées par Revo-Condensor® selon les scores de pénétration de colorant	92
Figure 92 : Répartition des dents obturées par Compactage vertical à chaud selon les scores de pénétration de colorant	95
Figure 93 : Répartition des dents témoins selon les scores de pénétration de colorant.....	97

Liste des tableaux

Tableau 1 : Tableau synthétique des différents types de ciments endodontiques ⁽³¹⁾	29
Tableau 2 : Tableau synthétique des méthodes d'obturation les plus courantes ^(44, 45)	42
Tableau 3 :Tableau synthétique des différents tests d'évaluation de l'étanchéité ⁽³¹⁾	51
Tableau 4 : Les scores d'analyse radiographique des dents obturées par Revo-Condensor®	83
Tableau 5 : Les scores d'analyse radiographique des dents obturées par Compactage vertical à chaud	85
Tableau 6 : Comparaison des paramètres d'analyse radiographique des deux techniques	88
Tableau 7: Comparaison statistique des deux techniques d'obturation par rapport aux paramètres d'analyse radiographique	89
Tableau 8 : Les scores de pénétration de colorant des dents obturées par Revo-Condensor®	91
Tableau 9: Pourcentage de la remontée des dents obturées par Revo-Condensor®	93
Tableau 10 : Les scores de pénétration de colorant des dents obturées par Compactage vertical à chaud	94
Tableau 11 : Pourcentage de la remontée des dents obturées par Compactage vertical à chaud.	96
Tableau 12: Comparaison des scores de pénétration de colorant des trois groupes.....	97
Tableau 13: Comparaison statistique des deux techniques d'obturation par rapport à la remontée de colorant.....	98
Tableau 15: Tableau récapitulatif des avantages et inconvénients des deux techniques expérimentées.....	108

Partie Théorique

Chapitre I

Introduction

1- Introduction

Soulager les patients de la douleur et prévenir la perte de leurs dents, tels sont les objectifs principaux et constants de notre métier.

L'endodontie, une discipline fondamentale de l'odontologie, elle est à la base de l'exercice du médecin dentiste et constitue un pilier indispensable sur lequel de nombreuses autres disciplines reposent.

« S'il y'a une discipline qui vous permet de garder la tête sur les épaules et de rester modeste c'est bien l'endodontie » Pierre MACHTOU

L'acte endodontique est une intervention quotidienne complexe, délicate et chronophage, qui vise à traiter les maladies de la pulpe et du périapex afin de transformer une dent pathologique en une entité saine.

L'obturation canalaire est l'ultime étape du traitement endodontique qui parachève la mise en forme et le nettoyage ; elle permet l'oblitération du système canalaire pour assurer l'étanchéité et la cicatrisation péri apicale.

La notion d'étanchéité est fondamentale et étudiée dans de nombreux domaines odontologiques. Elle tient une place particulière dans la dentisterie restauratrice, l'endodontie orthograde et l'endodontie rétrograde. L'étanchéité est un paramètre clé qui est évalué pour valider un matériau ou une technique. Mais chacun d'eux se heurte à des résultats contradictoires et à une variabilité de protocole qui rend délicate toute étude méta-analytique.

Vis-à-vis de nos patients, nous sommes tenus à une obligation de qualité dans l'obturation qui permettra de la pérenniser dans le temps ce qui doit nous obliger à mettre en œuvre les traitements les plus efficaces possibles et à maîtriser les techniques d'obturation canalaire.

Le monde évolue et la médecine dentaire aussi, le domaine de l'endodontie a connu un véritable essor et continue à évoluer à grande vitesse, même si les dogmes de l'endodontie sont inchangés ou presque depuis des dizaines d'années, ne cessent d'apparaître des innovations technologiques pour réaliser des traitements plus efficaces, plus sûrs, mais aussi plus standardisés.

Le monde de l'endodontie a ainsi connu la révolution du Nickel-Titane aux propriétés intéressantes ou celle de l'instrumentation mécanisée.

En réponse aux difficultés rencontrées par les praticiens, les industriels n'ont cessé d'innover. L'instrumentation, d'abord manuelle, s'est mécanisée, puis les séquences instrumentales se sont simplifiées ; laissant le praticien parfois démuni face à une offre si diversifiée, et à des arguments commerciaux difficilement vérifiables.

Toutes les méthodes actuelles tendent à simplifier au maximum l'obturation canalaire souvent perçue comme fastidieuse et compliquée par l'opérateur ; mais nous devons non seulement nous adapter aux avancées scientifiques mais également choisir la technique la mieux adaptée parmi la multiplicité des procédés de traitement endodontique.

Le succès de l'épreuve n'existe que par comparaison, « Toutes choses sont bonnes ou mauvaises par comparaison » Edgar ALLAN POE

C'est à travers l'étude des différentes techniques d'obturations , en les comparant et en mettant en avant leurs avantages comme leurs inconvénients que nous déterminerons quelles conduites et quelles techniques utiliser pour la réalisation d'une obturation canalaire efficace et rapide ; Ainsi que l'apparition de ces nouveaux instruments et le réel engouement provoqué par ces systèmes ne doit pas nous faire oublier qu'il est nécessaire de valider leur utilisation de manière expérimentale et de comparer les données à un instrument standard.

Dans ce cadre, notre étude ex-vivo a comme objectif d'évaluer et de comparer la qualité de l'obturation canalaire en terme d'étanchéité apicale ; ainsi la qualité radiologique des deux techniques d'obturation canalaire : le thermocompactage par Revo-Condensor et le compactage vertical a chaud, réalisées sur des dents extraites.

« Il y a peut-être un million de méthodes et même un peu plus, mais quant aux principes, ils sont en nombre limité. L'homme qui maîtrise les principes pourra avec succès choisir ses propres méthodes. L'homme qui essaye les méthodes, ignorant les principes, est condamné à avoir des problèmes »

- Ralph Waldo Emerson -

2-Revue de la littérature

2.1-Historique

Les premières traces d'obturation endodontique remontent à l'empire Romaine, aux alentours du IIème siècle après J.C, où l'on a retrouvé la présence d'une épingle en bronze dans une canine de soldat Romain⁽¹⁾.

Les premiers matériaux d'obturation endocanalaire étaient des ciments, de l'or ou de l'amalgame. Ils prolongeaient l'obturation coronaire, ce qui ne scellait que la partie coronaire du canal. Les véritables obturations endodontiques ont dû attendre le développement d'instruments capables de façonner correctement le canal afin qu'il puisse recevoir un matériau le remplissant jusqu'à l'apex de la dent⁽¹⁾.

Pendant longtemps, le canal était rempli de pâte canalaire uniquement. En 1867, Truman introduit la gutta-percha comme matériau d'obturation. Bowman propose une technique monocône de gutta-percha sans ciment. Dans les années 1890, Cramm utilise des cônes de cuivre avec un ciment⁽²⁾.

En 1928, les premiers bourre-pâtes de H.Lentulo apparaissent, permettant une obturation canalaire qui se base sur un remplissage de ciment sans cône de gutta-percha, sans aucune herméticité apicale et avec de nombreux dépassements⁽³⁾.

Plus tard, Jasper développe les cônes d'argent aux vertus supposées antiseptiques, cette méthode d'obturation sera la technique de référence pendant de longues années, mais ils avaient l'inconvénient de générer des produits de corrosion toxique et conduisent à des obturations difficiles à reprendre si cela est nécessaire. C'est en 1967 que Schilder propose une technique de remplissage tridimensionnel utilisant de la gutta réchauffée ramollie et un ciment. Elle est toujours considérée comme l'une des techniques les plus performantes de nos jours. Dans les années 1970, les systèmes à tuteurs se développent. En 1981, Mac Spadden met au point une technique de compactage thermomécanique. Dans les années 1990 Buchanan modifie la technique de Schilder et élabore le System B®. Le XXIème siècle voit l'essor de nouveaux matériaux tels que le CPoint® (cône d'obturation à base de polymères), et les ciments à base de biocéramique ou de biodentine⁽²⁾.

2.2-Rappel sur l'anatomie endodontique

En termes de succès du traitement endodontique, la connaissance de l'anatomie de la cavité pulpaire et de son contenu biologique est cruciale.

Parmi les causes des échecs du traitement, le peu d'effort déployé pour enrichir la connaissance de l'anatomie interne arrive en deuxième position derrière les erreurs de diagnostic et de plan de traitement.

La pulpe est un tissu difficile à étudier du fait de sa situation particulière, enclose dans des tissus durs et cachée au regard de l'observateur⁽⁴⁾, pour cela le succès du traitement dépend de la connaissance des configurations de la cavité pulpaire normale et de la prise de conscience des variations et des anomalies anatomiques⁽⁵⁾.

a-Classification des configurations canalaires

La complexité anatomique du réseau canalaire présente un sérieux défi devant l'obtention d'un traitement canalaire réussi. Plusieurs classifications de la trajectoire canalaire ont été établies afin de mieux appréhender ce réseau.

b-Classification de CARAMES DE APRILE (1967)(6)

Selon la classification de CARAMES de APRILE, la configuration canalaire peut épouser huit trajectoires différentes.

Ramifications longitudinales (A, B, C, D) :

- Type A : canaux parallèles au principal.
- Type B : canaux bifurqués.
- Type C : canaux fusionnés.
- Type D : canaux bifurqués et fusionnés.
- Ramifications collatérales (E, F, G) :
- Type E : canaux obliques.
- Type F : canaux intercalaires.
- Type G : canaux récurrents.
- Ramifications apicales :
- Type H : delta.

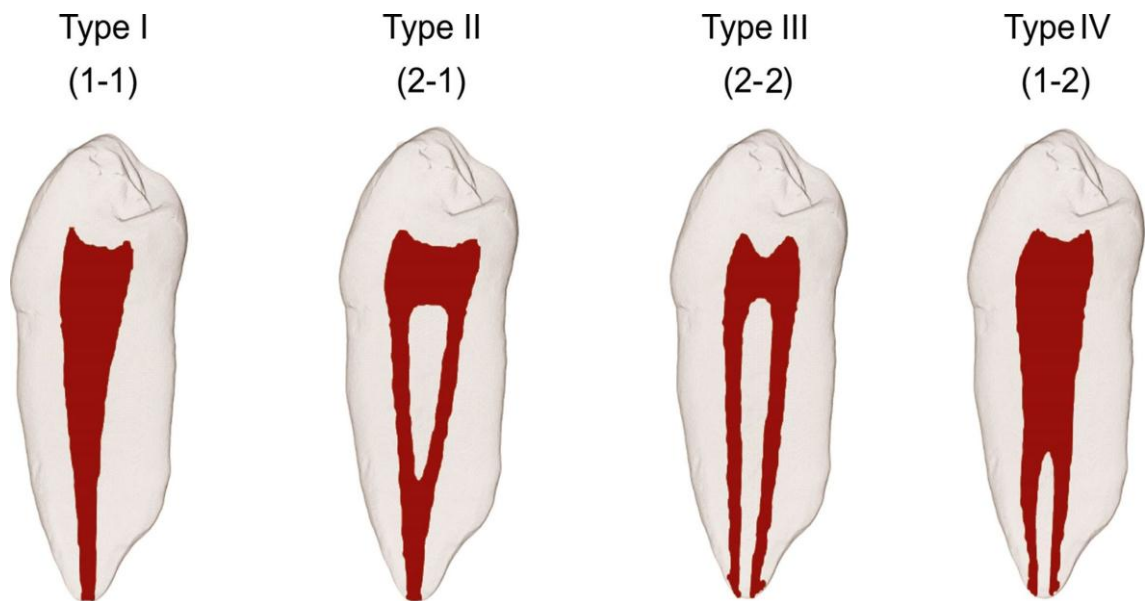
c-Classification de WEINE (1969)(7)

Type I : un seul canal avec un seul orifice et un seul foramen apical (1-1).

Type II : deux canaux se rejoignant en un seul canal et présentant une seule sortie foraminale (2-1).

Type III : deux canaux distincts, de l'entrée canalaire au foramen apical (2-2).

Type IV : un seul canal qui se divise en deux canaux distincts (1-2).



Source : A new system for clasifying root and root canal morphology by A.Ahmed, A.Versiani, De-Deus, H.Dummer.International Endodontic Journal,2017.

Figure 1 : Représentations schématiques de la classification de Weine

d-Classification de KUTTLER et PINEDA (1972)

Configuration type A : canaux uniques.

Configuration type B : canal unique avec bifurcation apicale.

Configuration type C : coalescence de deux entrées canalaires associée à une bifurcation apicale.

Configuration type D : union apicale de 2 canaux en un foramen commun.

Configuration type E : une racine peut contenir 2 canaux présentant un parcours tout à fait indépendant.

Configuration type F : canal présentant une configuration en forme d'arc de cercle

Coalescence de 2 racines donnant naissance à une configuration canalaire en arc de cercle ou en demi-cercle, configuration en forme de « C » ou en « U ».

e- Classification de BOURDEAU (1974)(8)

Type A: canaux surnuméraires.

Type B: canaux complémentaires.

Type C : canaux inter-canalaires.

Type D : canaux supplémentaires.

TYPE E : canaux deltaïques.

f-Classification de DE-DEUS (1975)

Le canal principal: la chambre pulpaire se prolonge dans la racine à travers le canal principal qui contient la majeure partie du tissu conjonctif pulpaire au sein de la racine.

Le canal latéral: le canal latéral est une émanation du canal principal mettant en communication l'endodonte avec le desmodonte au niveau des deux tiers coronaires de la racine. Son axe est souvent perpendiculaire à l'axe du canal principal.

Le canal secondaire: le canal secondaire naît à partir du canal principal au niveau du tiers apical de celui-ci. Son axe est plutôt oblique par rapport à celui du canal principal.

Le canal accessoire: le canal accessoire est une branche latérale du canal secondaire

g-Classification de LAURICHESSE, CHAPELLE et GRIVAU (1977)

Ils ont regroupé les signes radiographiques en cinq types d'images canalaires.

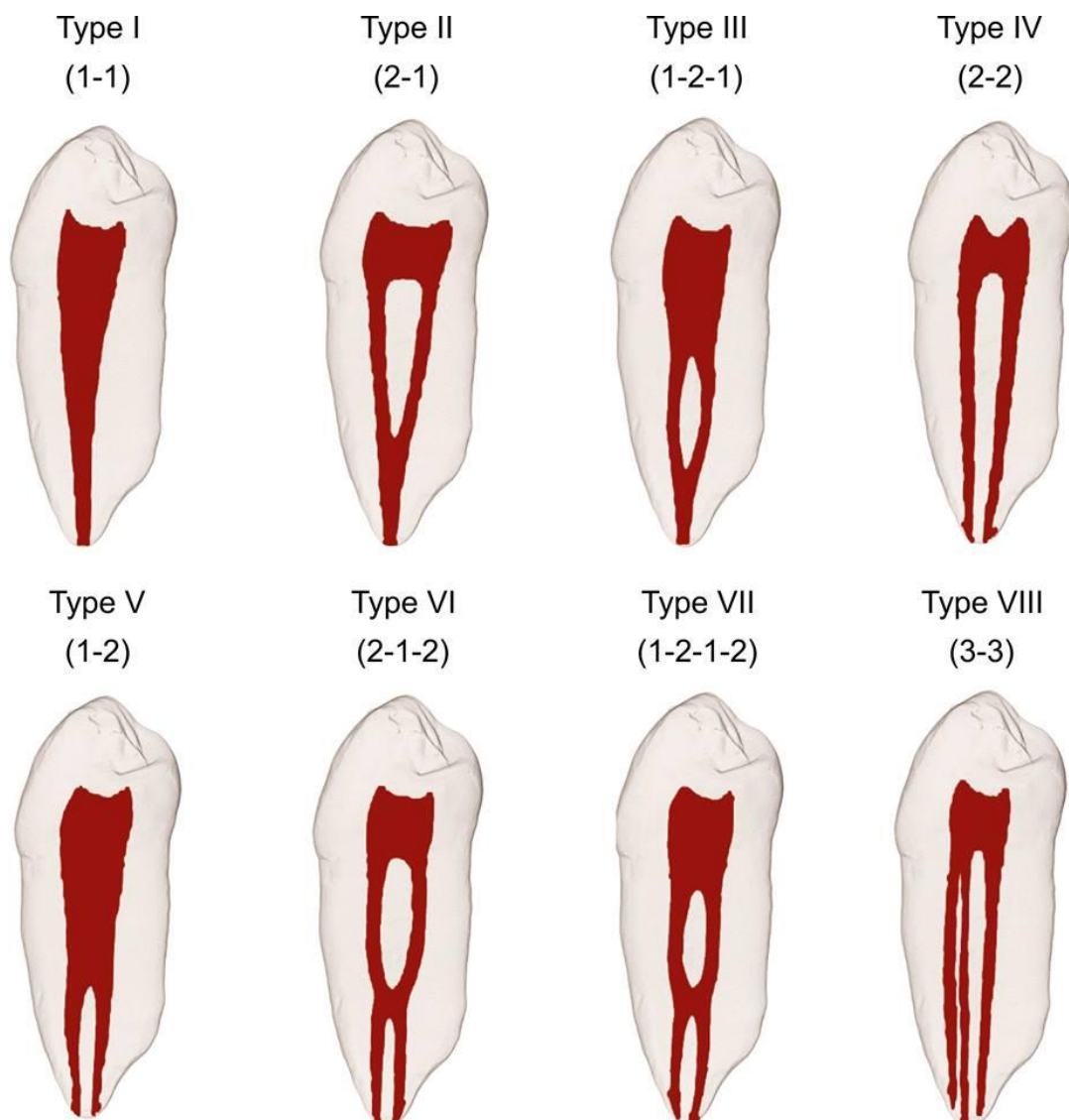
- Image de type I : Canal considéré comme normal (20% des cas).
- Image de type II : Diverticule.
- Image de type III : Rétrécissement ou dédoublement.

h- Classification de VERTUCCI (1984)⁽⁹⁾

Selon la classification de VERTUCCI, le système canalaire peut épouser 8 trajectoires différentes:

- Type I : un canal unique depuis la chambre pulpaire jusqu'à l'apex.
- Type II : deux canaux séparés partant de la chambre pulpaire et se rejoignant peu avant l'apex pour former un canal.
- Type III : un canal quittant la chambre pulpaire, se divisant en deux canaux qui se rejoignent pour sortir en un canal.
- Type IV: deux canaux distincts depuis la chambre pulpaire jusqu'à l'apex.

- Type V : un canal quittant la chambre pulpaire et se divisant peu avant l'apex en deux canaux séparés avec deux foramina apicaux.
- Type VI : deux canaux séparés quittant la chambre pulpaire, s'unissant dans la racine et se divisant près de l'apex pour sortir par deux canaux distincts.
- Type VII: un canal quittant la chambre pulpaire, se divisant puis se réunissant dans la racine pour finalement se diviser à nouveau près de l'apex en deux canaux distincts.
- Type VIII : trois canaux séparés depuis la chambre pulpaire jusqu'à l'apex.



Source : A new system for clasifying root and root canal morphology by A.Ahmed, A.Versiani, De-Deus, H.Dummer International Endodontic Journal,2017;

Figure 2 : Représentations schématiques de la classification de Vertucci

i-Classification de Cohen et Burnes

- ✓ Type A : canal unique
- ✓ Type B : canal unique avec bifurcation apicale.
- ✓ Type C : coalescence de deux entrées canalaire associée à une bifurcation apicale.
- ✓ Type D : union apicale de deux canaux en un foramen commun.
- ✓ Type E : une racine contenant deux canaux.
- ✓ Type F : canal présentant une configuration en forme d'arc de cercle.

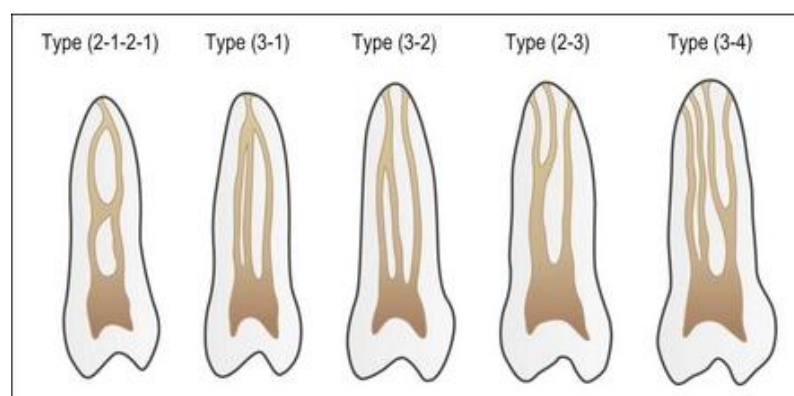
j- Classification de Machtou (1993)⁽¹⁰⁾

Pierre Machtou étoffe quelque peu la classification de Weine :

- Les types A, B, D et E reprennent respectivement les types I, II, III et IV de Weine.
- Le type C décrit une racine présentant deux entrées canalaire fusionnant en un canal, se divisant ensuite en deux ramifications apicales.
- Le type F décrit une configuration canalaire «en C» ou «cloisonnée en ruban». Deux canaux suivent un même trajet de l'entrée canalaire à l'apex et communiquent par le biais d'un ou plusieurs isthme(s) inter-canalaires(s). Une section transversale dévoile un canal en forme de C.

k-Classification de Gulabivala (2002)⁽¹⁰⁾

Cette classification birmane décrit 7 configurations additionnelles complétant les huit configurations principales énoncées par Vertucci (1984). Elles permettent de prendre conscience de la multitude de configurations canalaire possibles et peuvent être utilisées dans le secteur de la recherche, mais restent peu usitées pour les cliniciens.



Source : <https://pocketdentistry.com/2-tooth-organogenesis-morphology-and-physiology>.

Figure 3 : Schéma illustrant les configurations canalaire additionnelles référencées par Gulabivala

I- Nouveau système de classification de la morphologie radiculaire ⁽¹¹⁾

Des rapports récents sur l'identification des variations anatomiques du canal en utilisant une technologie d'imagerie 3D avancée ont révélé que les caractéristiques morphologiques du système canalaire sont très complexes.

Récemment, Briseño-Marroquin et al (2015) ont introduit une classification à quatre chiffres des configurations de canal radiculaire, dans laquelle chaque racine est divisée en trois tiers (chaque tiers a un chiffre), le quatrième chiffre indiquant le nombre de foramina principaux définis comme les foramina émergeant du même canal à l'extrémité apicale.

Cependant, dans cette classification, il n'y a aucune information sur la configuration du composant racine, et il y a des inquiétudes sur l'utilisation de ces critères dans la situation clinique, qui divisent la racine en tiers.

La classification actuelle ne reclassera pas les anomalies déjà traitées dans la littérature. Ce nouveau système de classification n'aborde pas plusieurs paramètres (le degré de courbure radiculaire et canalaire, le degré de séparation racine / canal, le niveau exact des bifurcations des canaux / racines, le type de fusion radiculaire, les canaux accessoires).

Classification : elle utilise un code à trois éléments :

a-Numéro de la dent (TN) : peut être défini avec n'importe quel système de numérotation. Dans le cas des dents extraites, on utilise des abréviations appropriées.

b-Nombre de racines et leur configuration(R) : Le nombre de racines (**R**) est ajouté en exposant avant le nombre de dents ($^R \text{TN}$), toute division d'une racine que ce soit dans le tiers coronal, moyen ou apical sera codée comme deux racines ou plus. Les détails concernant les dents à deux racines et à racines multiples sont ajoutés à la droite du nombre de dents ($^R \text{TN Rn}$).

c-Configuration du canal radiculaire : le type de canal radiculaire dans chaque racine est identifiée comme un nombre après le numéro de la dent par l'utilisation de **O**(orifice)**C**(canal)**F**(foramen) ($^1 \text{TN}^{\text{O-C-F}}$) sinon après chaque racine dans le cas de plusieurs racines ($^n \text{TN R1}^{\text{O-C-F}} \text{R2}^{\text{O-C-F}} \text{Rn}^{\text{O-C-F}}$).

°**Dents monoradiculées** : si O=C=F un seul code est utilisé ($^1 \text{TN}^n$) dans le cas contraire on mentionne les détails ($^1 \text{TN}^{\text{O-C-F}}$).

°**Dents a deux racines** : S'il s'agit d'une dent à deux racines, alors le code sera

(² TN R1^{O-C-F} R2^{O-C-F}), où R1 et R2 décrivent respectivement l'anatomie de la première et de la seconde racine.

° **Dents pluriradiculées** : le code est donc (ⁿ TN R1^{O-C-F} R2^{O-C-F} Rn^{O-C-F}), on respecte aussi les règles précédentes.

Exemples

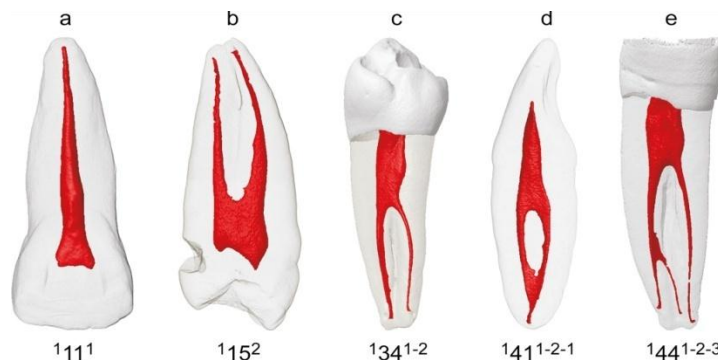
¹ **11**¹ : réfère à une incisive centrale supérieure monoradiculée droite ayant un orifice, un canal et un foramen.

¹ **15**² : réfère à une deuxième prémolaire supérieure monoradiculée droite ayant deux orifices, deux canaux indépendants et deux foramens apicaux.

¹ **34**¹⁻² : réfère à une première prémolaire inférieure mandibulaire gauche ayant un orifice et un canal initialement mais bifurquant ensuite dans deux canaux indépendants et ayant deux foramens apicaux.

¹ **41**¹⁻²⁻¹ : réfère à une incisive centrale droite à une racine mandibulaire ayant un orifice et un canal initial mais bifurquant ensuite en deux canaux indépendants et aboutissant à un seul canal.

¹ **44**¹⁻²⁻³ : réfère à une première prémolaire mandibulaire droite à une racine ayant un orifice et un canal initialement bifurqué en deux canaux indépendants et se terminant par trois canaux et trois foramens apicaux.



Source : A new system for clasifying root and root canal morphology by A.Ahmed, A.Versiani, De-Deus, H.Dummer International Endodontic Journal,2017.

Figure 4 : Représentation schématique de la nouvelle classification de la morphologie canalaire

2.3- Histologie de complexe dentino-pulpaire

La dentine circonscrit la pulpe et réagit avec celle-ci de façon connexe aux stimuli, d'où le nom de « complexe dentino-pulpaire ».

2.3.1-Histologie de la dentine

a- La dentine

La dentine est le tissu calcifié qui occupe quantitativement le volume le plus important de la dent, recouverte par l'émail au niveau coronaire et par le cément au niveau radiculaire, elle entoure le parenchyme pulpaire sauf au niveau de l'orifice des apex. Il s'agit d'un tissu conjonctif minéralisé et avasculaire en connexion permanente avec la pulpe, sa composition est voisine de celle de l'os, mais la structure est très différente.

Elle est composée de :(PIETTE ET GOLDBERG)

- ✓ 70 % minérale : cristaux d'hydroxyapatite.
- ✓ 20% de matrice organique : collagène de type I, V,VI et des protéines non collagéniques (protéoglycanes, glycoprotéines, phosphoprotéines dentinaires), albumine, facteurs de croissance....etc
- ✓ 10% d'eau.

b-Aspects histologiques de la dentine sous microscope optique

- Tubulis dentinaires : appelés aussi canalicules dentinaires, leur répartition est inégale dans l'épaisseur de la dentine et leur densité augmente à proximité de la cavité pulpaire, ils contiennent le fluide dentinaire d'origine pulpaire et les prolongements de l'odontoblaste.
- Prolongement odontoblastique: issus du corps cellulaire des odontoblastes qui se trouvent à la périphérie de la pulpe. Les prolongements s'étendent jusqu'au voisinage immédiat de la J.A.D.
- Dentine intra-tubulaire : Elle tapisse la partie interne des canalicules dentinaires.
- Dentine inter-tubulaire : Occupe l'espace situé entre 02 unités dentinaires voisines. Elle se situe entre les canalicules dentinaires. On la retrouve partout au sein de la dentine.
- La dentine sclérotique : Elle se forme lors d'une agression prolongée de la dent. Au cours de ce processus, des dépôts minéraux se forment et obturent les canalicules,

limitant ainsi la diffusion de substances nocives vers la pulpe. La dentine sclérotique forme ainsi « un bouclier » autour de la pulpe. Facilement reconnaissable, elle est translucide car complètement homogène.

- Lignes de croissance : Lignes de von Ebner :

Ce sont les témoins des alternances entre phases de sécrétion et de repos durant la dentinogenèse. Sont disposées perpendiculairement à la direction des tubules et parallèles entre elles.

- Couche granuleuse de Tomes :

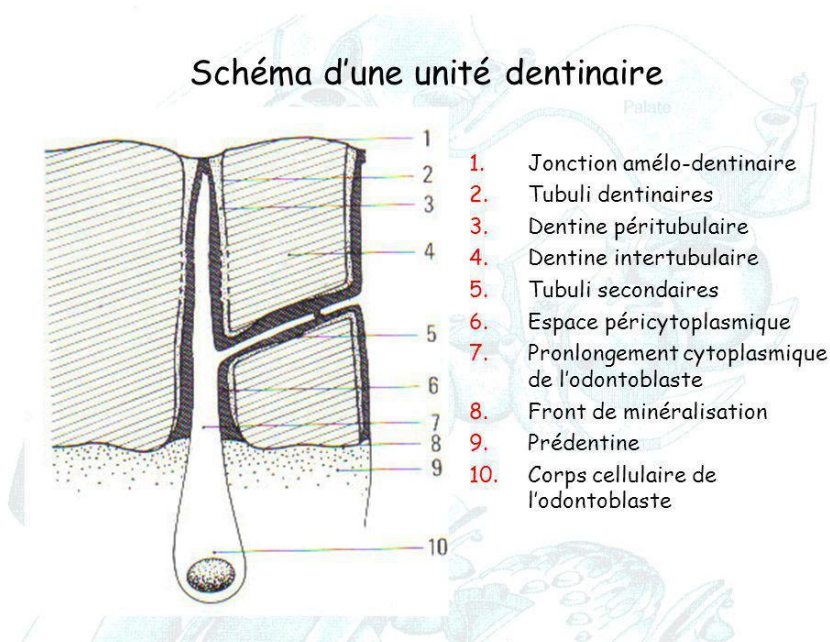
Se situe à la jonction cémento-dentinaire d'une épaisseur de 8 à 15µm elle est hypominéralisée, riche en matière organique et constituée de calcosphérites mal fusionées. Elle est traversée de fins canalicules (PIETTE et GOLDBERG).

- La jonction amélo-cémentaire :

Limite externe de la dentine au niveau de la couronne.

- La jonction cémento-dentinaire :

Limite externe de la dentine au niveau radiculaire.



Source : <http://slideplayer.fr/slide/2490568/>

Figure 5 : Schéma d'une unité métabolique dentinaire

2.3.2-Histologie de la pulpe

a- La pulpe

La pulpe est un tissu conjonctif, d'origine mésenchymateuse qui occupe la partie centrale de la dent. La pulpe est composée d'un tissu conjonctif riche en cellules, en vaisseaux et en nerfs, elle est bordée de cellules plus spécialisées, les odontoblastes. La pulpe est l'organe formateur de la dentine dont on ne peut physiologiquement la dissocier.

La pulpe joue un rôle physiologique fondamental:

- D'une part elle produit la dentine par l'intermédiaire des odontoblastes.
- D'autre part, elle assure la nutrition et la sensibilité de la dentine par son réseau vasculaire et ses nerfs.

b- Aspects histologiques de la pulpe sous microscopie optique

La pulpe est constitué de :

- ✓ Une zone odontoblastique périphérique : Composée de cellules spécifiques « les odontoblastes » alignées au début de l'odontogenèse en une palissade régulière d'une seule assise.
- ✓ Une zone acellulaire de Weill : Immédiatement sous-jacente, pauvre en cellules et renfermant de nombreuses fibres : collagène d'origine odontoblastique de Von Korff. Cette zone comprend un plexus capillaire important, ainsi qu'un plexus de nerfs sensitifs amyéliniques.
- ✓ Une couche cellulaire de Höhl : Contient des cellules sous odontoblastiques fréquemment présentées comme de jeunes fibroblastes alors qu'elles présentent les caractéristiques ultra-structurales des odontoblastes, cette zone est également très riche en éléments artério-veineux.
- ✓ Une zone centrale : C'est le parenchyme pulpaire, ressemblant beaucoup au tissu conjonctif banal bien que plus riche en fibroblastes, et fibres de collagène.

• Les cellules

Les cellules les plus fréquentes au sein de la pulpe sont les fibroblastes, les odontoblastes et on peut trouver d'autres cellules qui sont plus abondantes à proximité des vaisseaux sanguins, ce sont les macrophages, les lymphocytes et les histiocytes.

• Substance fondamentale et fibres conjonctives

Substance fondamentale

Homogène, varie de l'état liquide à l'état de gel. C'est un complexe muco-protéinique, formé de constituants de nature hydrocarbonée (polysaccharides) avec une protéine, il se renferme de l'eau, des sels inorganiques et divers métabolites.

Les fibres conjonctives

S'insinuent entre les odontoblastes dès que ceux-ci se différencient. Ce sont les fibres de Von Korff, sont de nature collagénique, leur diamètre varie entre 0,2 à 2 μ . Appelées auparavant fibres de réticuline.

Vaisseaux sanguins et lymphatiques

– Vaisseaux sanguins

Généralement une seule artère pénètre dans le foramen apical. Elle se divise en artérioles au niveau de la pulpe radiculaire et se ramifie en capillaires dans la zone coronaire de la pulpe. Ceux-ci se regroupent pour former des veinules qui assurent le drainage.

– Lymphatiques

Naissent dans la région coronaire sous forme de petits vaisseaux aveugles, se transforment en veinules puis en 2 ou 3 gros vaisseaux qui sortent de la pulpe par le foramen apical.

Innervation

Elle provient des branches sensibles maxillaires et mandibulaires du trijumeau et des branches sympathiques du ganglion cervical supérieur. Les nerfs pénètrent par le foramen apical.

La pulpe est richement innervée, les nerfs pénètrent dans la pulpe par le foramen apical en suivant le trajet des vaisseaux avec lesquels ils constituent un véritable pédicule vasculo-nerveux.

2.4- Traitement endodontique

2.4.1-Définitions

Le traitement endo-canalair est communément appelé "traitement de racines" ou "traitement de dévitalisation". Endo est un mot grec pour "à l'intérieur" et "odont" est un mot grec pour "dent" qui signifie que le traitement endodontique traite à l'intérieur de la dent⁽¹²⁾.

Schilder définit le traitement endodontique comme la préparation, la désinfection et l'obturation dans les 3 dimensions du système canalair⁽¹³⁾.

Dans d'autres définitions le traitement endodontique est:

Un traitement chimio-mécanique, biologique du système canalair des dents, consiste en l'éviction totale de la pulpe afin d'assurer la qualité du traitement des maladies de la pulpe et du péri-apex et réduire les échecs thérapeutiques (infections péri-apicales). Consiste à l'élimination du contenu camérale et radulaire suivie d'une obturation hermétique des canaux à l'aide d'un produit d'obturation biocompatible⁽¹⁴⁾.

Est aussi une procédure qui consiste à traiter les maladies de la pulpe et du périapex, ainsi à transformer une dent pathologique en une entité saine, asymptomatique et fonctionnelle sur l'arcade, s'appliquant de l'extrémité coronaire à l'extrémité apicale d'un réseau canalair d'une dent ou d'une racine dentaire.

Les traitements endodontiques comprennent aussi bien le traitement des dents dont la pulpe est vivante et présentant ou non une inflammation que celui des dents dont le contenu endodontal est mortifié et ou non infecté.

2.4.2-Schéma d'un traitement canalair

Pour obtenir un résultat optimal du traitement canalair, plusieurs étapes peuvent être identifiées:

- ✓ Evaluer, avant le traitement, les difficultés techniques que l'on peut rencontrer au cours de la procédure en matière de pouvoir d'accès et de négocier l'anatomie canalair⁽¹⁵⁾ ; Ceci est possible à l'aide d'un examen clinique minutieux qui repose sur l'interrogatoire du patient, l'observation clinique, la prise de radiographie préopératoire ainsi que plusieurs tests tels que : la palpation , les percussions, les tests thermiques et les tests électriques ..etc pour aboutir à un diagnostic positif à la fin.

- ✓ Fournir un champ aseptique de fonctionnement, y compris l'utilisation de la digue qui forme un barrage mécanique autour du site opératoire et donc l'isole du milieu buccal septique et en facilite la désinfection ainsi qu'elle empêche l'inhalation des instruments et offre du confort de travail au praticien⁽¹⁶⁾.

Les nouveaux systèmes de digue :

- a. -L'optra Dam produit par Ivoclar Vivadent[®].
- b. -L'insti Dam commercialisée par la société Zirc[®].
- c. -L'Handi Dam commercialisée par Aseptico[®].
- d. -L'Opti Dam par Kerr Hawe[®].
- e. -Magic Clamp ou Mini Clamp commercialisée par Easy Dent[®].
- f. -La digue liquide.
- g. -Quick Dam par Vivadent[®].
- h. -La digue de Kontafioti^{®(17)}.

Récemment un nouveau système d'isolation a été rénové « Isolite systems » qui offre les mêmes avantages que la digue avec l'atout de l'aspiration et l'éclairage intégrés.

- ✓ L'éviction des tissus cariés ; s'il s'agit bien d'une lésion carieuse il est nécessaire de développer un environnement aseptique par un curetage dentinaire complet avant de pénétrer dans l'espace endodontique⁽¹⁸⁾.
- ✓ La reconstitution pré-endodontique en cas de délabrement important des parois dentaires qui sert à confiner la solution d'irrigation dans un réservoir endodontique à quatre murs, ainsi qu'à faciliter la mise en place de la digue et d'obtenir un champ opératoire étanche.
- ✓ La réalisation de la cavité d'accès endodontique qui est un élément clef pour la réussite du traitement endodontique. Cette cavité d'accès adaptée à chaque dent est dictée par l'anatomie interne. La cavité d'accès endodontique peut être aménagée avec des micro-inserts abrasifs. Actuellement deux formes d'inserts sont proposées : cylindro-conique ou boule⁽¹⁹⁾.
- ✓ Cathétérisme qui est l'exploration initiale du canal, généralement effectué à l'aide d'une lime manuelle, de type K, en acier, de faible diamètres (06, 08 ou 10/100e de mm) et pré-incurvée (CNEOC, 2010). Il existe aujourd'hui des instruments de cathétérisme en Nickel-Titane (Ni-Ti) utilisés en rotation continue (Nakagawa et al.2014)

tels que :

- PathFile[®] (Dentsply Maillefer).
- G-files[®] (Micro-Méga).
- Scout-Race[®].
- Glide Path[®] (One G).

Détermination de la longueur de travail : Cette mesure va-t- être essentielle tout au

- ✓ long du traitement pour guider les instruments et les matériaux d'obturation.
 - Détermination radiographique : La radiographie intra-orale, lime-en place,
 - la radiographie numérisée avec un calcul logiciel : permet de mesurer la longueur des canaux par un logiciel⁽²⁰⁾.
 - Détermination électrique par localisateur d'apex : la plus fiable et reproductible, permet de détecter le foramen apical, et donc la longueur de travail⁽²⁰⁾.
- ✓ Préparation canalair: la mise en forme et nettoyage sous irrigation abondante :

Elle peut s'effectuer soit manuellement, soit mécaniquement.

Actuellement, il existe une panoplie de systèmes endodontiques mécanisés ; Parmi ces systèmes :

- Le F360[®] et le F6 SkyTaper[®] : Mise en forme mono-instrumentale en rotation continue.
- Mouvement Alternatif Transversal Asymétrique (MATA) : Mise en forme mono-instrumentale en mouvement réciproque⁽²¹⁾.
- WaveOne[®] Gold.
- Réciproc[®] : La principale caractéristique de ce système est le mouvement réciproque.
- Twisted File Adaptive[®] : Mouvement hybride.
- Self Adjusting File[®] (ou SAF).
- XP-Endo Finisher[®] (FKG) : Dernier né des instruments de mise en forme canalair (2015).
- Système HeroShaper[®].
- Système Mtwo[®].
- Système RaCe[®].
- TangoEndo[®]:Système de préparation canalair mécanique associant mouvement de réciprocité et instruments à méplat breveté.
- Revo-S[®] (Micro-Mega).
- Alpha[®].
- R-Endo[®].

- Kite system[®].
- HyFlex CM[®].
- HyFlex EDM[®].
- Vortex Blue[®].
- TRUShape[®].
- K3[®].

La technique mixte : Elle est réalisée en 2 étapes :

- Préparation des 2/3 coronaires du canal mécaniquement soit par :
 - séquence de forêt de Gate-Gliden.
 - les inserts endodontiques.
 - passage des instruments en Ni-Ti.
- Préparation du 1/3 apical du canal manuellement.

Quelle que soit la technique de préparation, elle doit s'effectuer sous une irrigation permanente ; Cette dernière se présente sous plusieurs formes :

Irrigation endodontique standard avec : l'hypochlorite de sodium (NaOCl), l'Acide éthylène-diamine-tétra-acétique (EDTA) et la Chlorhexidine (CHX).

Système d'activation des irrigants :

- Activation par Ultrasons.
- Irrigation continue pendant l'instrumentation.
- Activation sonique.
- Irrigation à pression négative apicale.
- Activation au laser.

Système de désinfection supplémentaire :

- Désinfection photo-activée (PAD)
- Laser
- Ozone⁽²²⁾

- ✓ Assèchement ; se fera à l'aide de cône en papier stérile de même diamètre que le dernier instrument ayant travaillé le canal. Le cône de papier est laissé en place quelques secondes afin d'absorber les fluides intracanaux. Cette opération est ensuite répétée jusqu'à l'obtention de deux retraits consécutifs de cônes en papier totalement propres et secs.
- ✓ Obturation canalaire.
- ✓ Restauration coronaire.
- ✓ Suivi clinique et radiologique.

2.4.3-Obturation canalaire

2.4.3.1-Définitions

Selon l'**American Association of Endodontists**, l'obturation canalaire est définie comme :

« L'obturation complète, tridimensionnelle de l'ensemble du système canalaire, aussi près que possible de la jonction cémento-dentinaire sans dépassement important ou sous-obturation ».

L'obturation est considérée comme une des étapes cruciales du traitement de canal et comme la principale cause de l'échec du traitement quand elle est incorrecte⁽²³⁾. Elle ne peut être menée à bien que si toutes les étapes antérieures du traitement ont été scrupuleusement réalisées.

Comme le souligne **Laurichesse** : « l'obturation doit isoler le système canalaire de son environnement parodontal, pour ne laisser au contact de ce dernier que le ciment, seul élément vivant susceptible de réparation dans la zone péri-apicale, après disparition de la pulpe. »

Selon **Weine** (1977) : « l'obturation canalaire est la troisième étape du traitement endodontique après le diagnostic et la préparation canalaire, c'est le scellement de toute la totalité de la cavité endodontique visant à isoler le système canalaire du milieu buccal et du parodonte profond ».

Selon le **CNEOC** (2004) l'obturation endodontique a été définie comme étant un « remplissage par voie coronaire du réseau canalaire préalablement mis en forme, effectué à l'aide d'un matériau ou d'une combinaison de matériaux biocompatibles. Son but est de s'opposer à la pénétration de bactéries ».

2.4.3.2- Principes et recommandations

L'obturation canalaire ne peut en aucun cas compenser un défaut de parage et/ou de mise en forme. Il est donc nécessaire de respecter les impératifs endodontiques à savoir : l'élimination des tissus conjonctifs pulpaire, l'élimination des agents pathogènes, le respect de l'anatomie canalaire, et du foramen apical, avant de procéder à l'obturation⁽²⁴⁾.

Quelle que soit la technique utilisée l'obturation canalaire doit répondre à plusieurs principes qui sont ⁽²⁵⁾:

- Le remplissage de l'intégralité du réseau canalaire : le matériau d'obturation canalaire doit procurer une obturation tridimensionnelle permettant d'obturer à la fois le canal principal et les canaux latéraux et accessoires.
- L'homogénéité et la radio-opacité du traitement.
- Une quantité minimale de ciment endodontique biocompatible : le ciment doit être utilisé qu'en quantité très limitée car il, ne sert que de "joint" entre la gutta percha et la paroi canalaire, dû à l'absence des propriétés d'adhérence de la gutta percha.

En 2008, la Haute autorité de santé a établi plusieurs recommandations de l'obturation endocanalaire cités ci-dessous afin de promouvoir la qualité des soins endodontiques et réduire ainsi les échecs thérapeutiques et leurs conséquences⁽²⁶⁾:

- Les matériaux d'obturation utilisés doivent associer biocompatibilité, stabilité dimensionnelle et chimique, insolubilité dans les fluides tissulaires, radio-opacité et facilité de retrait (en cas de reprise de traitement).
- La technique d'obturation doit associer un matériau neutre semi-solide compactable (gutta-percha) avec un ciment de scellement canalaire (biocompatible) permettant l'adhérence du matériau sur les parois dentinaires.
- L'obturation est réalisée après que la préparation est terminée, l'infection contrôlée, le canal asséché et en l'absence de symptômes;
- Avant d'obturer, il est recommandé de prendre une radiographie cône de gutta percha en place afin d'objectiver la position de l'extrémité du cône par rapport à l'apex.
- La qualité de l'obturation doit être contrôlée par un cliché postopératoire : le canal doit apparaître totalement obturé, le profil de l'obturation doit reproduire le profil initial du canal ; aucun vide ne doit être décelable entre l'obturation et les parois du

canal et aucun espace canalaire ne doit être visible au-delà de l'extrémité de l'obturation.

2.4.3.3-Objectifs

Une obturation tridimensionnelle du canal vise à :

- Guérir des pathologies déjà existées.
- Prévenir les percolations qui induisent une inflammation du péri apex.
- Maintenir la pérennité du traitement.
- Empêcher toutes infections ou réinfections.
- Créer un environnement biologique favorable pour la mise en place des processus de cicatrisation tissulaire.
- Isoler le système canalaire du milieu buccal et du parodonte profond.

2.4.3.4-Temps opportun pour l'obturation canalaire

Quand des questions comme « Quand terminer le traitement ? » ou « Est-il temps d'obturer? » se posent, les paramètres suivants doivent être pris en compte : les signes, les symptômes, l'état pulpaire et péri-apical ainsi que la difficulté de l'intervention. La combinaison de ces facteurs module la nature des décisions prises quant au nombre de séances et au temps nécessaire à l'obturation⁽⁵⁾.

L'obturation canalaire peut être réalisée chaque fois que^(24, 27):

- Le canal a été correctement mis en forme.
- Le canal peut être séché. En effet, si un canal présente un suintement apical et que le séchage parfait à la longueur de travail ne peut pas être obtenu, l'obturation devra être remise à une séance ultérieure.
- La dent est asymptomatique. Il est totalement contre-indiqué d'obturer une dent qui présente des symptômes de parodontite apicale, sous peine d'entraîner une exacerbation des signes cliniques.
- Le canal présente une culture négative.
- Elle doit être dépourvue d'œdème et insensible à la palpation, une fistule existante en début de traitement doit être refermée après les médications inter-séances,
- Le canal ne doit pas dégager d'odeur, témoin de la persistance d'une nécrose.
- La restauration intermédiaire doit être restée intacte pendant l'inter séance.

2.4.3.5- Matériaux d'obturation canalair

2.4.3.5.1- Gutta percha

La gutta percha est le matériau le plus utilisé, introduite en endodontie par Bowman et Hill en 1867, elle existe sous 2 formes cristallines: phase α plastique, phase β solide; et une phase γ amorphe.

- La forme β est retrouvée dans les cônes de gutta percha. Sa température de ramollissement est de 70-80 °C, sa viscosité est élevée. Sa rigidité permet son insertion canalair.
- La forme α est retrouvée dans les cartouches de gutta injectée. Sa température de ramollissement est de 50°C. Sa viscosité est faible (capacité d'écoulement, fluide à basse température), Son manque de rigidité demande l'utilisation de seringue, capsules ou tuteurs. Elle est utilisée dans la technique de gutta injectée ou dans les systèmes à tuteurs.

Les cônes de Gutta-percha utilisés en endodontie se composent essentiellement de Gutta-percha (**20-25%**), d'oxyde de zinc (**35-75%**) conférant aux cônes une activité antibactérienne, du sulfate de baryum (**2-30%**) pour la radio-opacité, des plastifiants (cires et résines: **1-4%**), et des colorants (érythrosine,...) ⁽²⁸⁾.

On peut trouver la gutta-percha sous diverses présentations⁽²⁾ :

- Cônes standardisés ou non standardisés.
- Bâtonnets ou cartouches de pistolet à gutta (système Obtura® ou System B ®).
- Capsules avec aiguilles (système Ultrafil®).
- Seringues (système Microflow®).
- Montée sur un instrument manuel, enrobant des pointes acryliques (Thermafil®) ou sur un mandrin rotatif (JS Quick-fill®).



Source : www.vdw-dental.com/en/products/obturation/gutta-percha/standardised-guttapercha-cones.html

Figure 6 : Cônes standardisés



Source : <http://www.imdlux.eu/produits/endodontie/obturation-gutta-chaude/thermafil-obturateur-maillefer-x-6.html>

Figure 7: Obturateur pour système ThermoFil®



Source: www.dentalprice.fr/index.php?id_category=147&controller=category&id_lang=2

Figure 8 : Cartouches pour pistolet à gutta

Les cônes représentent le plus gros pourcentage, en volume, de l'obturation canalaire. Il existe 4 types de cônes:⁽²⁾

a- Cônes de Gutta percha

Il est le plus ancien matériau d'obturation endocanalaire, cependant il reste le plus utilisé grâce à ses propriétés physico-chimiques, thermiques et biologiques. Le seul inconvénient important de ce matériau est qu'il n'adhère pas à la dentine.

b- Cônes d'argent

Introduits en 1930, ils ont été développés dans le but de remplacer la gutta dans certaines situations cliniques. Toutefois, ils ne sont plus utilisés, notamment en raison de leur risque de corrosion, entraînant des réactions inflammatoires péri-apicales, et de leur désobturation difficile.



Source : <https://www.gentleendodontics.com.au/clinical-cases-endodontic-re-treatment-of-silver-points/>

Figure 9 : Radiographie rétroalvéolaire montrant des canaux obturés aux cônes d'argent

c-Cônes résineux

Ils ont été développés et testés durant plusieurs décennies. Pour autant, ce n'est que récemment que des cônes résineux, produit sous le nom de **Resilon/Epiphany®**, ont pu prétendre remplacer cliniquement la gutta-percha. Leur atout réside dans le fait qu'ils ont des propriétés de manipulation semblables à la gutta-percha, et surtout qu'ils établissent une véritable liaison au ciment de scellement.

c.1-Système Resilon/Epiphany®

Depuis les années 1970, les laboratoires se sont penchés sur le développement d'un matériau d'obturation alternatif à la gutta percha capable de sceller hermétiquement le canal. L'idée était de concevoir un cône en résine (qui se manipule comme la gutta-percha) capable d'adhérer aux murs canaux via un système de collage à la dentine. Le scellement formé serait étanche, durerait dans le temps et un tel matériau pourrait

prévenir une micro infiltration bactérienne en cas de perte ou de dégradation de la restauration coronaire. Les recherches ont été longues en raison de la difficulté à obtenir un matériau radio-opaque, retraitable et d'insertion aisée dans le canal. Il a fallu attendre le début des années 2000 pour voir un tel matériau mis sur le marché sous le nom de Resilon® par la société Pentron. C'est un polymère synthétique se présentant sous forme de cône et qui s'utilise avec un ciment résineux nommé Epiphany® constitué d'un primaire auto-mordant et d'un adhésif. Un autre fabricant a par la suite commercialisé un matériau similaire sous le nom de **RealSeal®** (SybronEndo) ⁽²⁹⁾.



Source : <https://www.pearsondental.com/catalog/product.asp?majcatid=16&catid=1061&subcatid=12680&pid=40689&mysort=1>.

Figure 11 : Système Resilon/Epiphany®



Source : https://www.researchgate.net/figure/RealSeal-Resilon-points-and-RealSeal-dual-cure-resin-sealer-Pentron-Clinical_fig2_274723026

Source : <http://blog.denticle.com/2015/02/resilonreal-seal-is-going-away.html>

Figure 10 : Système RealSeal®

c.2- Système Endorez®

Les avancées récentes sur les techniques adhésives ont montré que les ciments à base de résine méthacrylate pouvaient être intéressants en endodontie. Ils offrent une excellente adhésion aux murs dentinaires mais pas à la gutta-percha. Deux stratégies ont alors été employées pour pallier à ce problème. La première correspond au système Resilon/Epiphany® vu précédemment, qui utilise des cônes entièrement résineux permettant une liaison chimique avec le ciment. La seconde stratégie, plus récente, consiste à utiliser des cônes de gutta enrobés de résine offrant également une liaison chimique avec le ciment résineux. Ce système est commercialisé sous le nom d'Endorez® (Ultradent). Il comprend les cônes Endorez® et le ciment Endorez®⁽²⁹⁾.

d-Cônes enrobés

Ils ont été développés dans le but d'associer les qualités de la résine à celles de la gutta-percha. Deux fabricants se sont intéressés à ce concept. Tout d'abord, Ultradent Corporation, a produit des cônes de gutta-percha enrobés de résine : système **Endorez®**. Puis Brasseler, s'est intéressé à un concept un peu similaire avec des cônes de gutta-percha enrobé de verre ionomère comme le système **Activ GP®**⁽²⁹⁾.

d.1-Activ GP®

Il s'agit d'un cône de gutta enrobé d'un revêtement à base de verre ionomère. Des particules de verre ionomère sont également retrouvées au sein de la gutta. Il est utilisé en technique monocône, en association avec un ciment à base de verre ionomère. Ses avantages sont : sa biocompatibilité, sa capacité d'adhésion aux parois canalaires (mais adhésion faible connue entre la gutta percha et les verres ionomères), la capacité de relargage de fluor, et son activité antimicrobienne⁽³⁰⁾.

e-Le CPoint®

Alternative récente à la gutta percha, le système CPoint® (Endo Technologies, LLC) se compose de cônes auto-adhésifs qui réalisent une expansion dimensionnelle au contact de l'humidité présente dans le ciment de scellement et dans la dentine.

Le CPoint® s'utilise uniquement en technique monocône. D'après le fabricant, l'expansion de prise peut aller jusqu'à plus 20% de volume obturé supplémentaire⁽²⁾.

f- Le système Fibrefill®

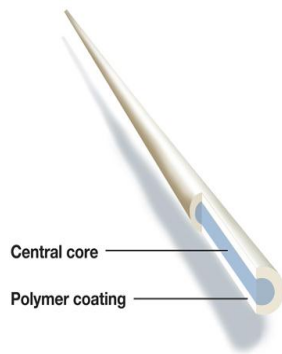


Figure 12 : Structure du CPoint®

Figure 13 : Conditionnement du CPoint® unitaire et stérile

En 2001, Pentron, Wallingford a présenté un système d'obturation appelé Fibrefill®, qui est constitué d'un tenon fibré composé en verre et en résine, sur son extrémité terminale se trouve une partie de gutta percha. La longueur de gutta percha disponible est de 5mm ou 8mm, les diamètres de tenon disponibles sont 30- 40- 50- 60- 80.

Le système est composé aussi d'un adhésif auto-mordénçant et d'un ciment de scellement à base de Ca OH₂ photopolymérisable.



Source : <https://www.slideshare.net/ParidhiGarg03/adhesives-in-endodontics>

Figure 14 : Système Fibrefill®

2.4.3.5.2- Ciment de scellement

En endodontie, la gutta percha doit être scellée parfaitement aux parois dentinaires par un ciment de scellement.

Selon Grossman, le matériau d'obturation idéal doit :⁽⁵⁾

- Etre aisément inséré dans le canal.
- Sceller le canal latéralement et à l'apex.
- Ne pas se rétracter après l'insertion.
- Etre imperméable à l'humidité.
- Etre bactéricide ou au moins empêcher la croissance bactérienne.
- Etre radio-opaque.
- Ne pas colorer la structure dentaire.
- Ne pas irriter les tissus péri-apicaux ou ne pas aggraver la structure dentaire.
- Etre stérile ou être aisément stérilisé.
- Etre aisément extrait du canal radiculaire.

Pour le moment, aucun matériau ou aucune combinaison de matériaux ne satisfait tous ces critères. Actuellement, il existe 9 catégories de ciment de scellement qui seront détaillés dans le tableau ci-dessous (voir tableau 1)

Tableau 1 : Tableau synthétique des différents types de ciments endodontiques ⁽³¹⁾

Type de ciment Ciment	Oxyde de zinc eugnot	Résine époxy ou méthacrylate	Hydroxyde de calcium	Verre ionomère	Silicone	Résine composite	Biocéramique	MTA	Bio-dentine
Spécialités	Pulp Canal Sealer, Sealite Regular Endometh a-sone	AH 26 AH Plus Diaket, Endorez, MM-Seal	AcroSeal Sealapex Apexit, Endoflas CRCS	Ketac Endo, Endodion	Roeko Seal RSA Gutta Flow	Real- Seal, Epi- phany	Endo- sequence biocerami- c, iRoot SP, Smartebio Totalfill Pro-root endo sealer	Endo CPM sealer Mta obtura- MTA fillape x Pro- root	Bioroot
Adhérence	+ /-	+		+	-	+	+		++
Étanchéité	+	+	+/-	+/-	+	+	+		+
Résistance à la résorption		+	-						
Biocompatibilité	+	+	+	+	+	+	++	++	++
Effet Anti- bactérien	+	+	-	+/-	-	-	+		
Absorption si extrusion	+	-	+	-					
Stabilité Dimensionnelle	+		+		+				
Désobturable	+	+		-					+
Potentiel Neuro- toxique	++	+	+						
Prise	Temps de prise lent				Légère expansion de prise			Temps de prise lent	Temps de prise court

Réaction de prise	Mélange poudre+ liquide Réaction de Chélation	Mélange pâte-Pâte	Mélange d'une base et d'un catalyseur	Mélange poudre+liquide Réaction acido-basique	Réaction de photo et autopolymérisation
--------------------------	--	-------------------	---------------------------------------	--	---

2.4.3.6-Techniques d'obturation canalaire

Il existe plusieurs techniques d'obturation canalaire :

La technique monocône qui est basée sur le concept «peu de gutta, beaucoup de pate» était la plus répandue mais elle ne prenait pas en compte la nécessité de l'obturation tridimensionnelle des canaux (GAYE F).

La méthode d'obturation la plus populaire est la compaction latérale, suivie de la compaction verticale. D'autres techniques impliquent des transformations chimiques ou physiques de la gutta percha dans l'espoir de rendre le matériau encore plus malléable, pour faciliter son adaptation avec de la gutta percha supplémentaire ou avec les parois radiculaires.

Une autre variation est un système comprenant un support solide (porteur) enrobé d'une couverture de gutta percha. Ce support peut être en acier inoxydable ou en titane, mais il est typiquement ductile. Après la préparation, cet instrument porteur est chauffé à l'intérieur d'un dispositif de réchauffement conçu à cet effet, puis inséré dans le canal en bloc.

D'autres technologies présentées pour chauffer, plastifier et injecter la gutta percha seront détaillées dans ce chapitre.⁽⁵⁾

2.4.3.6.1-Techniques classiques

On désigne par « classiques » l'ensemble des techniques d'obturations qui utilisent la gutta percha et le ciment canalaire comme seuls matériaux.

a-Technique simple (pâte seule)

L'obturation canalaire est réalisée à l'aide d'un instrument mécanisé qui propulse la pâte seulement dans le canal, des apports successifs sont demandés jusqu'au remplissage total du canal.

Mais cette technique désuète n'est plus recommandée car elle présente plusieurs inconvénients comme la rétraction de prise et la résorbabilité de la pâte au fil du temps.

b-Technique mixte (mono cône)

C'est une technique mise au point par Marmasse en 1974 pour pallier le manque d'herméticité de l'obturation à la pâte seule, mise au point par Lentulo⁽²⁴⁾.

La technique mono cône ou mixte, qui consiste à placer simplement un cône de gutta enduit de ciment en guise d'obturation, est appréciée pour sa rapidité et sa facilité. Néanmoins, avec les ciments d'obturation classiques, c'est une technique peu fiable, qui ne permet pas d'obturation tridimensionnelle du système canalaire⁽³²⁾.

c-Technique de Compactage latéral à froid

La compaction latérale est la technique d'obturation la plus répandue, à la fois en pratique clinique et en milieu universitaire où elle est enseignée dans la plupart des institutions⁽³³⁾.

Cette technique nécessite des fouloirs manuels pour condensation latérale à froid appelés spreaders, des cônes de gutta-percha « accessoires », un excavateur usagé destiné à sectionner l'excédent coronaire de gutta-percha et un fouloir à bout plat de type plugger⁽³⁴⁾.

L'objectif de la condensation latérale est de remplir le canal principal avec un maître cône (généralement ISO) ajusté puis condensé à froid à l'aide de fouloirs de condensation latérale (spreader) puis de rajout dans l'espace laissé libre, de cônes accessoires qui sont à leur tour condensés.

En résumé, les techniques classiques comblent le manque de gutta-percha dans les zones canalaires complexes par une masse importante de ciment d'obturation plus fluide pouvant remplir ces dernières. Leur inconvénient majeur résulte dans cet excès de ciment, aboutissant nécessairement à une perte d'étanchéité à plus ou moins long terme⁽³⁾.

2.4.3.6.2-Techniques récentes

De nouvelles techniques d'obturation canalaire avec différents protocoles opératoires ont été introduites afin de surmonter les lacunes des techniques classiques et pour rendre l'acte de l'obturation endodontique plus simple et pratique.

a-Technique de compactage vertical à chaud (technique de Schilder)

La technique de condensation verticale à chaud, également appelée technique de condensation verticale en vagues multiples. Cette technique est encore considérée par un très grand nombre de praticiens comme étant la technique de référence en endodontie. La technique n'a pas varié depuis sa description par Schilder en 1974 et reste toujours aussi performante.

La technique consiste à ajuster un cône de gutta percha de conicité similaire à celle de la cavité pulpaire radiculaire préparée, à positionner son extrémité en deçà de l'apex et à le chauffer en utilisant un fouloir réchauffeur de telle sorte qu'une fois réchauffée la gutta percha soit ramollie par la chaleur et devienne plastique. Les fouloirs sont ensuite insérés dans le canal accompagnés d'une pression apicale qui génère une pression hydraulique poussant la gutta percha vers l'apex, contre les parois du canal et dans les irrégularités morphologiques de la cavité pulpaire comme les canaux latéraux et accessoires. La gutta percha est ajoutée par petites portions, qui seront elles-mêmes ramollies et tassées verticalement jusqu'à ce que la cavité pulpaire soit complètement obturée⁽³⁵⁾.

Une seule amélioration a été apportée, concernant la source de chaleur qui, de la flamme, est passée à une source de chaleur électrique (Touch'n Heat® ou System B®)⁽³⁾.

b-Technique de Condensation verticale thermomécanique

Mac Spadden a élaboré un compacteur sous la forme d'un instrument en acier semblable à une lime Hedstrom inversée⁽³⁾. La mise en rotation du compacteur dans le canal, en contact avec la gutta percha, permet sa plastification, induisant simultanément une condensation latérale et verticale, remplissant ainsi l'intégralité du système canalaire.

Le compacteur est un instrument mécanisé en acier qui se monte sur contre angle bague bleue. La vitesse de rotation doit être d'au moins 8000 trs/minute, il est généralement utilisé à environ 10 000 trs/minute⁽³⁶⁾.

Les compacteurs existent en plusieurs diamètres, correspondant aux normes ISO,

On peut trouver des diamètres allant de 25 à 80/100^{ème} mm. La conicité des compacteurs est de 2%, on donne l'exemple du **gutta condensor** qui sera détaillé par la suite.

b.1-Gutta Condensor®

Le Gutta Condensor®, est un instrument en acier inoxydable en forme de lime H inversée. Il existe en plusieurs diamètres allant de 25/100^{ème} à 80/100^{ème} de millimètre, ainsi qu'en plusieurs longueurs de 21 et 25 millimètres.

Le choix de l'instrument doit correspondre à la taille du dernier instrument de préparation amené à la longueur de travail. Le compacteur devra circuler librement dans le canal sans blocage jusqu'à une courbure canalaire ou bien à 2 millimètres de la longueur de travail ⁽³⁷⁾.

Une mise en marche d'emblée à la vitesse maximale (10000 tr/min) projette la gutta percha ramollie et le ciment contre les parois canalaires latéralement et verticalement, quelque soit la forme du canal ainsi que dans les canaux accessoires et latéraux accessibles ^(38, 39)

Un nouveau compacteur a vu le jour : le Revo Condensor®, en Nickel-Titane. C'est un instrument qui est donc plus souple. Autre différence par rapport aux thermo-compacteurs en acier.

b.2-Revo condensor®

Le Revo Condensor®, proposé par la société Micro-Mega, est un compacteur en Nickel-Titane. Il existe en un seul diamètre de 25/100^{ème} de millimètres et en deux longueurs, 25 et 29 millimètres, conicité 4%. Le compacteur étant en Ni-Ti, il peut-être amené au-delà des courbures canalaires pour réaliser une obturation thermomécanique au plus près de l'apex. Il convient de préciser que le franchissement de coudures ou de courbures canalaires trop importantes est impossible sous peine de fracture instrumentale. Le praticien doit apprécier cela grâce à son sens tactile et grâce aux radiographies effectuées en cours de préparation afin d'éviter un échec ⁽⁴⁰⁾.

Le maître-cône est adapté à la longueur de travail moins 0,5 millimètre.



Le compacteur est mis en marche à sa vitesse maximale qui est de 8000 tours par minute. Il est amené à la LT moins 2 mm puis retiré en brossant les parois canalaires afin de créer le moins de vides possible dans l'obturation quelle que soit la forme du canal préparé⁽⁴¹⁾.

Source : <https://www.megadental.fr/les-pointes/revo-s-condensor.html>

Figure 15 : Le système Revo-Condensor®

Il existe aujourd'hui, le PacMac® un compacteur en NiTi de la société SybronEndo qui est plus flexible et permet donc de passer les courbures sans risque de fracture.



Source : https://www.ebay.com/itm/Sybron-Endo-Pac-Mac-Microseal-Condenser-size-25-taper-04-length-21-mm-/112756591517?_ul=MX

Figure 16 : Condenseur PAC MAC®

c-Technique combinée de Peli (compactage latéral et thermocompactage)

Il s'agit d'une condensation latérale classique pour l'obturation du tiers apical, et un compactage thermomécanique selon la technique de Mac Spadden (l'ancienne) pour les deux tiers coronaires du canal. Cette technique présenterait différents avantages : apprentissage de la technique de Mac Spadden, sans risque de fracture instrumentale, moins de risques de dépassements si l'apex est plus ouvert, meilleure homogénéité de la gutta et étanchéité au niveau des tiers moyen et supérieur de l'obturation, gain de temps appréciable par rapport à la technique classique de condensation latérale (Péli et Oriez, 2010).

Cette technique est plus sécurisante puisqu'elle bénéficie de la sécurité de la condensation latérale à froid (peu de risques de dépassements si la préparation est bonne) tout en obtenant l'herméticité du compactage thermomécanique de Mac Spadden.

c.1-Système Microseal®

Ce système combine compactage latéral et utilisation de fouloirs latéraux et condenseurs en nickel-titane.



Source : <http://www.sybrondental.com>

Figure 17 : Système Microseal®

d-Les systèmes avec tuteurs

d.1-Le système Thermafil®

Ou Gutta préchauffée sur tuteur. C'est une technique d'obturation de gutta réchauffée décrite par Dr W.B Jhonson dans les années 1980. La version actuelle du Thermafil® consiste à mettre en place dans le canal préparé un tuteur en plastique biocompatible enrobé de gutta initialement réchauffée dans une cuve qui lui est réservée : le **ThermaPrep®**. Un minimum de ciment de scellement est nécessaire puisque plus de 98% du volume du canal est occupé par la gutta⁽⁴²⁾.

L'excédent de l'obturateur qui dépasse l'entrée du canal est coupé à l'aide d'une fraise **Thermacut®**, puis le tuteur et l'excès de gutta est compacté verticalement à l'aide d'un plugger. Cette technique est plus particulièrement indiquée dans les racines fines, les canaux longs, sévèrement incurvés.



Source : <https://www.dentalachat.com/obturation-a-la-gutta-chaude.html>



Source : sur www.dentsply.fr



Source : https://www.dentonet.com/fr/mf_thermafil_a0175_verifier_90/artid!61290/

Figure 19 : Four Thermaprep®

Figure 20 : Therafil®

Figure 18 : Conditionnement de système Therafil®



Source : sur www.dentsply.fr

Figure 21 : Fraise Thermacut®



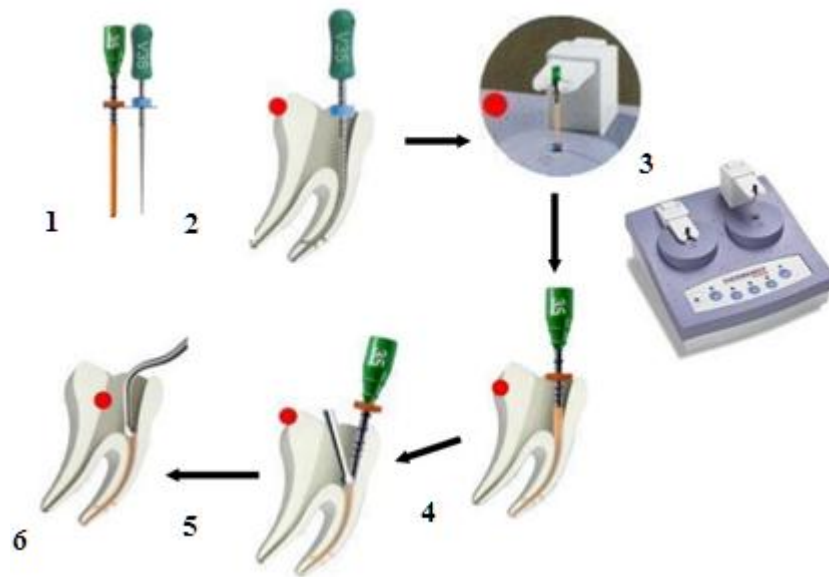
source : sur www.dentsply.fr

Figure 22 : Obturateur Therafil®



source : www.dentsply.com

Figure 23 : Fraise Space Bur®



Source : <https://www.slideshare.net/UDDent/obturation>

Figure 24 : Schéma montrant les étapes de la technique d'obturation au Thermafil®

1 et 2- Déterminer la longueur de travail et sélectionner la taille appropriée de l'obturateur (l'obturateur sélectionné est de même calibre que le vérifieur).

3- Réchauffement de l'obturateur dans le thermaprep® .

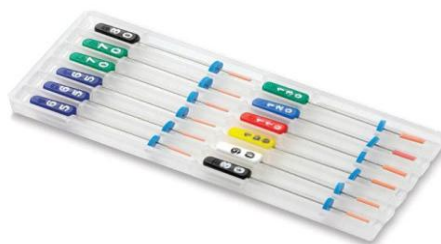
4- L'obturateur réchauffé est alors introduit dans le canal lentement avec une pression ferme, jusqu'à la limite apicale.

5- Le manche de l'obturateur et la tige dépassant de l'entrée du canal sont sectionnés à l'aide de la fraise Thermacut®

6- l'excès de gutta est compacté verticalement à l'aide d'un plugger.

d.2-Le Système Simplifill®

SimpliFill® est le seul système à tuteur où le tuteur n'est pas laissé dans le canal. Les tuteurs sont effectivement des obstacles au retraitement ou à la reconstitution coronoradiculaire⁽³⁾.



Source : www.Kerrdental.com

Figure 25 : Système Simplifill®

d.3-Le Système Herofill®

Le système Herofill® est comparable au Thermafil®. Le tuteur plastique présente une conicité de 2% et est monté sur un manche réglable en longueur. Les jauges de vérification (Hérofill Verifier® 2%) sont en plastique. Son protocole reste semblable à celui du Thermafil®⁽³⁾.



Source : (www.micro-mega.com)

Figure 26 : Système Herofill®

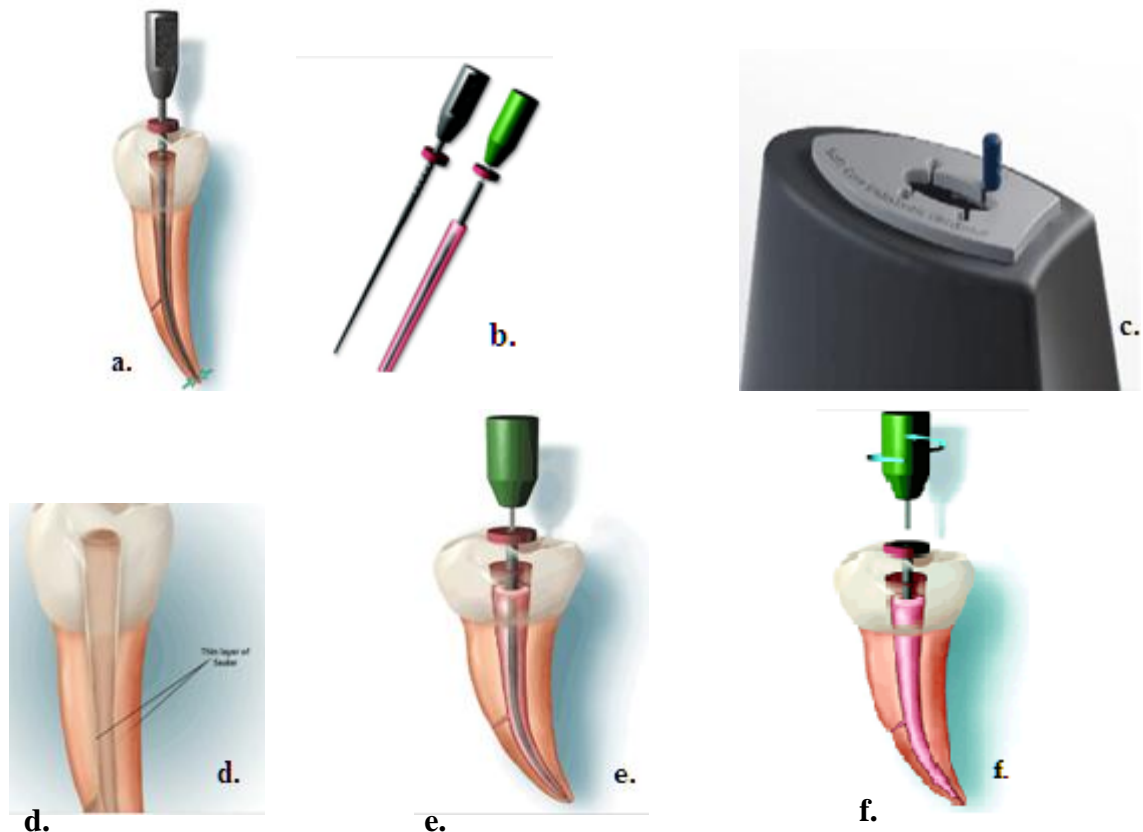
d.4-Le système Soft Core®

Le système Soft-Core® est une autre technique également comparable au Thermafil®. Les tuteurs enrobés de gutta-percha correspondent aux proportions ISO des dernières limes de préparations canalaires. Le protocole reste semblable à celui de Thermafil®⁽³⁾.



Source : (www.dentalcompare.com)

Figure 27 : Système Soft Core®



Source: www.dentalcompare.com/Featured-Articles/2198-Soft-Core-Endodontic-Obturers-Step-by-Step-Technique

Figure 28: Protocole opératoire de système Soft-Core®

- a et b-Déterminer la longueur de travail et sélectionner la taille appropriée de l'obturateur.
 c-Chauffer l'obturateur.
 d- Appliquer un ciment de scellement résistant à la chaleur.
 e- Insérer l'obturateur dans le canal, il doit être inséré sur toute la longueur de travail.
 f-Retirez la poignée, l'excès de l'obturateur et la gutta percha.

e-Les systèmes par injection de gutta chaude

Il s'agit des systèmes **Obtura®** de Yee et coll. apparu en 1983 et **Ultrafill®** commercialisé par la société Hygenic. Ces appareils permettent d'injecter directement dans le canal préparé, à l'aide d'une seringue munie d'un embout métallique, de la gutta-percha préalablement ramollie, en phase plastique. Ces techniques ont eu beaucoup de succès aux États-Unis, car la technique est très rapide et utilisait de la gutta chaude. Une fois la gutta-percha mise en place, l'opérateur pourra la compacter à l'aide de fouloir standard ⁽⁴³⁾.

f-Technique du System B®

La technique de compactage en "une vague" est une évolution de la technique du compactage vertical à chaud. **Le Système B®**, proposé par Buchanan dès 1994, est un

appareil qui simplifie le compactage vertical à chaud en restant fidèle aux principes de base de la technique initiale: choix et ajustage du maître cône non standardisé et condensation verticale de la gutta chaude.

L'Elément® et le Calamus Dental unit® sont de nouveaux dispositifs de la nouvelle génération du Système B®. Ces éléments combinent en un seul appareil un heat carrier électronique et une pièce à main utilisant des cartouches pour injecter la gutta percha thermoplastifiée dans le canal; ils fonctionnent tous selon le même principe qui consiste à chauffer et compacter la gutta avec le même instrument, en simplifiant, on peut ainsi parler de fouloir chauffant⁽⁴²⁾.



Source: www.dentaltix.com/fr/sybronendo/system-b-classique

Figure 29 : Système B®



Source: <https://www.kerrdental.com/kerr-endodontics/E2%84%A2-obturation-unit-fill-obturation>.

Figure 30 : Unité d'obturation Elements®



Source <https://www.megadental.fr/systemes- dobturation/calamus-dual-1.html>

Figure 31 : Calamus Dental Unit®

g-Technique d'injection de matériaux d'obturation coulable à froid : Gutta flow®

Le système Gutta Flow® combine ciment et gutta-percha en un seul produit. Il se compose d'une matrice fortement chargée en particules très fines de gutta-percha. Il reste à utiliser comme un ciment en complément de cône de gutta-percha⁽³⁾.



Source : <https://outletdental.wordpress.com/2013/05/21/puntas-guttaflow-coltene/guta-flow/>

Figure 32 : Système Gutta-Flow®

Tableau 2 : Tableau synthétique des méthodes d'obturation les plus courantes ^(44, 45)

Technique d'obturation	Matériel nécessaire	Avantages	Inconvénients
Compactage latéral à froid	finger-spreaders pluggers	-facilité -sans risque de fracture instrumentale -reproductible	-pas d'obturation tridimensionnelle -durée faible contrôle du risque d'extrusion
Technique de Compactage vertical à chaud	heat-carrier pluggers	-obturation tridimensionnelle -sans risque de fracture instrumentale. -reproductible	-ne convient pas pour les canaux courbes -apprentissage -durée -risque d'extrusion
Thermo- compactage	Guttacondensor® Plugger	-obturation tridimensionnelle - rapide -simple -reproductible	-risque de fracture instrumentale -apprentissage -risque d'extrusion
Technique mixte de Peli	Guttacondensor® plugger finger-spreader	- rapide -facile -reproductible -bon contrôle du risque d'extrusion Apicale	-obturation pas totalement tridimensionnelle -risque de fracture du compacteur
Systèmes à tuteur	-four -obturateur - Verifier® -fraise	-obturation tridimensionnelle -rapide -simple -canaux courbes et Ronds	-ne convient pas pour les canaux ovalaires ou les résorptions internes -risque d'extrusion
Compactage vertical à chaud en une seule vague (SystemB®)	-fouloirs chauffants du SystemB® -plugger	-obturation tridimensionnelle -rapide -sans risque de fracture instrumentale -reproductible	-apprentissage -risque d'extrusion

2.4.4-Restauration définitive

Il a été également démontré que la qualité de la restauration coronaire influençait significativement le succès du traitement endodontique car, en présence d'un défaut d'étanchéité, les taux d'échecs augmentent, et ce malgré la présence d'une obturation canalaire jugée radiographiquement satisfaisante (Ray et Trope, 1995).

Pour assurer un bon pronostic du traitement endodontique, une restauration coronaire appropriée et définitive, doit être réalisée le plus tôt possible après une obturation radiculaire tridimensionnelle de qualité, et dans le respect d'une occlusion atraumatique afin de maintenir une herméticité à la fois coronaire et radiculaire⁽⁴⁶⁾.

2.4.5-Le suivi clinique et radiologique

Les patients soumis à un traitement canalaire devraient être invités à revenir pour un rendez-vous dans un délai de 6-12 mois. Le but de ce rendez-vous est de contrôler, par un examen clinique et radiologique si la guérison est complète ou en cours. Les signes d'un succès sont l'absence des symptômes cliniques (douleurs, les fistules, les gonflements...).

L'inspection, la palpation, la percussion et le sondage de poche parodontale peuvent la confirmer une telle condition.

L'examen radiographique révèle la mesure dans laquelle une radio-clarté pré-opératoire a disparu. Après 4-6 mois, les radiographies peuvent révéler des signes déjà d'os guéri en cours ; bien que certaines lésions prennent plus de temps à guérir. Dans les cas d'une grande lésion, il est recommandé d'effectuer le rappel par 4-6 mois. Si la guérison n'est évidemment pas en cours, une chirurgie peut être envisagée⁽¹⁵⁾.

2.5-Percolation apicale (apical leakage)

La perte d'étanchéité, ou percolation apicale, a été définie d'après l'AAE comme le mouvement de fluides tissulaires péri-radiculaires, de microorganismes et de leurs toxines le long de l'interface entre les parois dentinaires et les matériaux d'obturation canalaire. C'est l'un des facteurs majeurs influençant la longévité des obturations canalaires et pouvant conduire à un échec de traitement endodontique.

Afin d'évaluer la capacité au scellement des techniques d'obturation radiculaire, plusieurs méthodes, principalement in vitro, ont été décrites, le plus souvent basées sur l'utilisation d'un traceur (colorants, isotopes radioactifs, bactéries...etc) afin de simuler l'infiltration bactérienne entre les parois canalaires et le matériau d'obturation.

2.5.1-Test de pénétration d'un colorant (Dye test)

Technique d'évaluation la plus utilisée, elle consiste en une mesure linéaire de pénétration d'un colorant entre les parois canalaires, et le matériau grâce aux phénomènes de capillarité ou de diffusion selon le vide (Wu et Wesselink, 1993). Les mesures sont obtenues après préparation de l'échantillon par usure (coupes longitudinales) ou par section (coupes transversales). Ce test permet une mesure semi-quantitative.

2.5.1.1-Marqueurs utilisés

La solution employée doit contenir des molécules suffisamment petites pour pénétrer un scellement inadéquat. Cette méthodologie, décrite pour la première fois par **Grossman** en 1939, utilise l'immersion d'une dent obturée pendant un temps déterminé dans un marqueur colorant qui peut être :

- L'éosine.
- Le bleu de méthylène.
- L'encre de chine.
- Le procion brillant bleu, vert ou rouge.
- Le violet de gentiane.
- La fuchsine basique.
- La fluorescéine.
- La rhodamine B.
- Le violet cristallisé.
- Le nitrate d'argent.
- L'encre Pelikan®

2.5.1.2-Le bleu de méthylène

Le bleu de méthylène est le colorant le plus fréquemment utilisé car il est peu onéreux, facile à manipuler, et a un poids moléculaire inférieure à celui des toxines bactériennes⁽⁴⁷⁾. Il est utilisé à des concentrations variables, allant de 0,015% à 5%. Cependant ce colorant n'est pas compatible avec la technique d'éclaircissement. Lorsque qu'une lecture des résultats par éclaircissement est prévue, l'encre de chine lui est préférée⁽⁴⁸⁾.

Le bleu de méthylène sera ainsi généralement préféré aux autres colorants en raison de son faible poids moléculaire (Kersten et Morrer, 1989), et d'une meilleure pénétration au sein du système canalaire (Matloff et coll., 1982).

Le bleu de méthylène (ou chlorure de méthylthioninium) était un colorant très largement répandu en odontologie, jusqu'à ce qu'il soit considéré comme mutagène (National Toxicology Program, 1990) et retiré du marché.

Il possédait de nombreuses indications, notamment en chirurgie endodontique où son application après résection apicale permettait de mettre en évidence des canaux non obturés, isthmes inter-canaux, ramifications apicales et craquelures dentinaires : Cambuzzi & Marshall proposaient dès 1983 d'ajouter la coloration au bleu de méthylène de l'apex sectionné au protocole chirurgical.

C'était aussi un colorant de choix pour l'aide à la localisation du second canal mésio-vestibulaire des molaires maxillaires. Selon Buhrey & coll. (2002), les endodontistes spécialistes utilisaient dans 2,6% des cas le bleu de méthylène pour repérer le MV2⁽¹⁰⁾.

✓ Avantages :

Son faible poids moléculaire et sa meilleure pénétration au sein du système canalaire⁽⁴⁹⁾.

✓ Inconvénients :

Ce produit est acide et déminéralise la dentine : l'infiltration est surévaluée.

Problème de décoloration : au contact de certains produits le bleu de méthylène se transforme en une forme transparente qui n'est plus détectée.

- Sous-évaluation : problème de diminution de la coloration (réaction oxydo-réduction au contact avec certains matériaux).
- Mesures erronées⁽²⁾.

2.5.1.3-Protocole

Les modèles les plus souvent utilisés sont des dents intactes extraites, mais on retrouve aussi des études conduites sur des dents en résine acrylique ou même sur des tubes de verre.

Une cavité d'accès est ensuite préparée, de la façon la plus standard possible. Après avoir effectué le traitement radiculaire, la cavité est obturée à l'aide du matériau à tester.

L'échantillon ainsi préparé est ensuite entreposé pendant un temps défini (de quelques minutes à plusieurs jours la moyenne étant de 24h) afin d'assurer la prise de matériau.

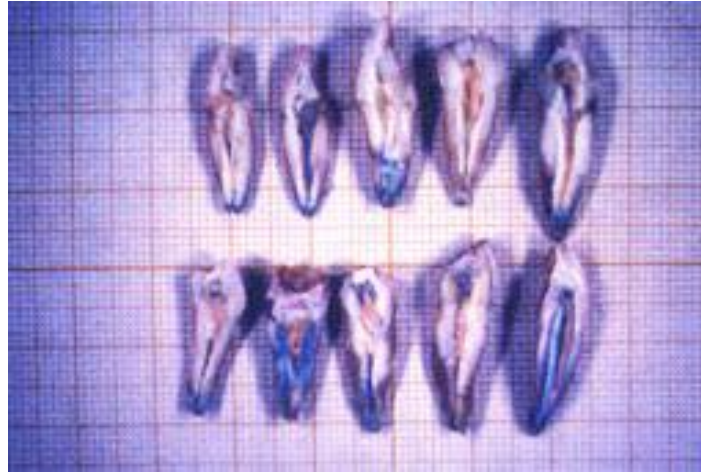
La dent est ensuite entièrement recouverte de vernis à ongles (deux ou trois couches) sauf au niveau de son extrémité apicale afin d'obturer les tubulis dentinaires pour ne tester que l'étanchéité apicale⁽⁴⁸⁾.

2.5.1.4-Observation et mesure de la percolation

L'observation de la percolation est réalisée par section longitudinale des échantillons, cette dernière est la technique la plus fréquemment utilisée, elle est réalisée selon un axe aléatoire choisi par l'opérateur, une mesure linéaire du niveau de pénétration le plus important est ensuite réalisée.

Après l'immersion dans le colorant, le degré de pénétration du colorant à l'interface dent/matériau est observé puis mesuré en millimètres souvent après grossissement au moyen de techniques d'imagerie (microscopie électronique ou photonique)⁽⁴⁸⁾.

La section longitudinale des échantillons est l'une des techniques qui permettent l'accès au niveau de pénétration du colorant le long des parois canalaire.



Source: www.lecourrierdudentiste.com/dossiers-du-mois/etude-experimentale-de-letancheite-des-obturations-canalaires-comparaison-entre-obturation-par-condensation-laterale-a-froid-et-obturation-au-thermafil.html

Figure 33 : Coupes longitudinales des dents marquées au bleu de méthylène

2.5.1.5-Technique d'extraction d'un colorant

Puisque l'utilisation de colorants ne permet pas d'obtenir une mesure quantitative de l'étanchéité. C'est pourquoi au lieu de sectionner la dent après mise en contact avec le colorant, certains auteurs ont cherché à élaborer une méthode afin d'extraire le colorant finalement présent dans la dent après immersion, nous permettant de quantifier ainsi le défaut d'étanchéité.

Cette méthode intervient à la place de l'observation par section des dents exposées à un colorant. Elle est aussi appelée méthode de dissolution. Les dents sont dissoutes dans de l'acide nitrique, libérant ainsi le colorant ayant pénétré l'interface dent/matériau. La densité optique est ensuite mesurée par spectrophotométrie⁽⁴⁸⁾.

2.5.2-Test de pénétration bactérienne

Cette méthode fait appel à l'utilisation d'un marqueur vivant, ce sont des bactéries de petite taille et très mobiles, la bactérie la plus souvent utilisée est l'Enterococcus faecalis (anaérobie facultative Gram positif) principale bactérie présente dans les parodontites

apicales chroniques, résistante, et également associée aux échecs de traitements endodontiques⁽³¹⁾.

Selon Fransen et al. ce test de pénétration bactérienne à l'aide de *E. faecalis* aurait une plus grande portée au niveau de l'interprétation clinique⁽³⁰⁾.

D'autres bactéries telles que *Proteus vulgaris* (bacille Gram négatif), *Staphylococcus epidermidis* (aérobie Gram positif) peuvent aussi être utilisées dans les études, car ce sont des bactéries de la cavité orale de grande mobilité et de petite taille, surtout *S. epidermidis* qui est facilement identifiable et mis en culture en laboratoire⁽³⁰⁾.

Streptococcus mutans est également choisi parfois pour son rôle potentiel dans la réinfection des canaux traités endodontiquement.

Les bactéries sont introduites au contact de la dent dans la partie coronaire, et l'on va rechercher leur présence dans la partie apicale après différents temps d'exposition. Les études relatent un taux élevé de contamination. Une étude de Torabinejad montrait que 50% des canaux obturés étaient totalement contaminés au bout de 19 jours⁽⁵⁰⁾.

2.5.3-Test de pénétration de radio-isotopes

C'est le même montage que le test de pénétration d'un colorant, à l'exception de la composition solution où sont immergées les dents. Elle contient ici des petites molécules marquées à l'aide d'isotopes radioactifs ((iode 125 combiné à des lysozymes (petites protéines)). Elles diffusent plus rapidement que les molécules colorantes⁽⁵¹⁾. On peut mesurer quantitativement et comparer les valeurs de radioactivité⁽²⁾.

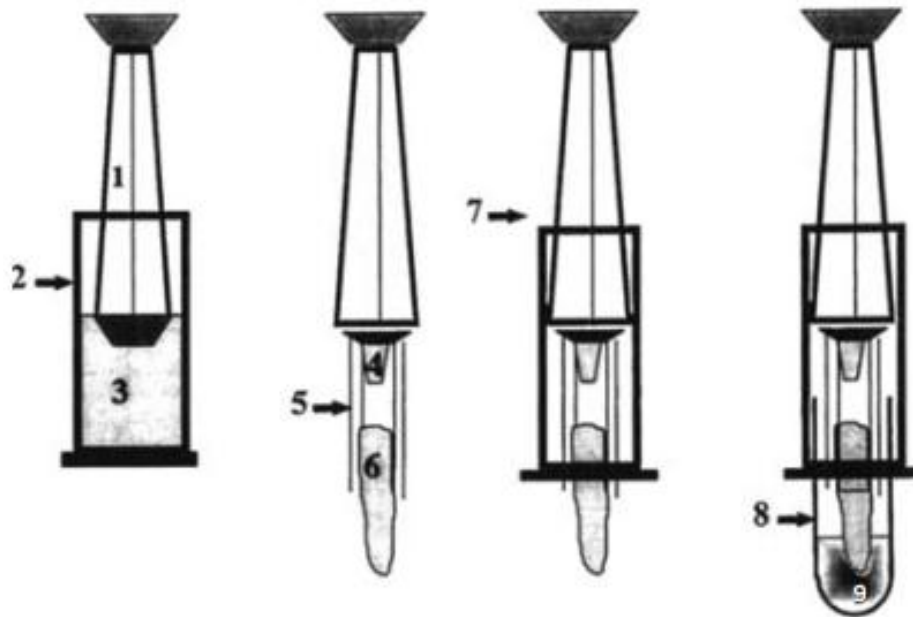


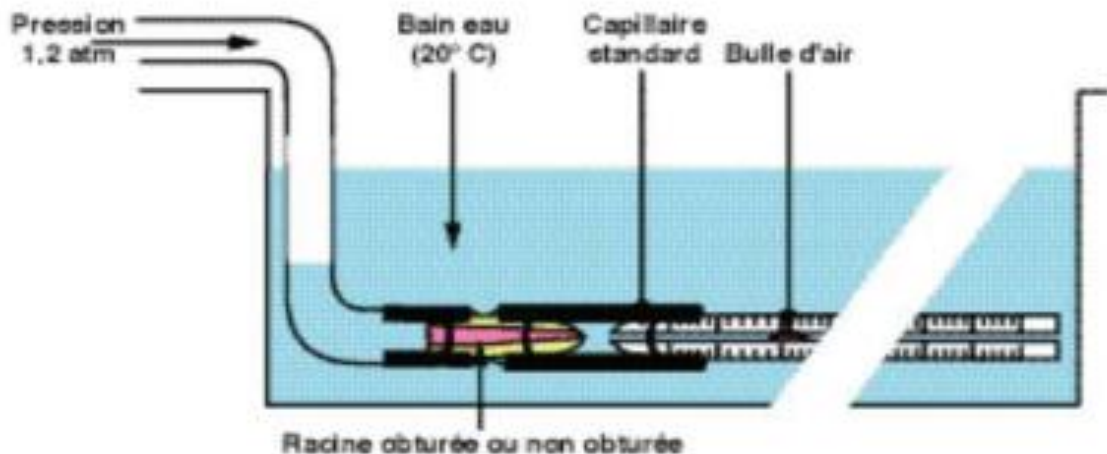
Figure 34 : Schéma expliquant la méthode de pénétration de radio-isotopes selon Haïkel et coll. 2000

(1 = piston ; 2 = chambre coulissante ; 3 = feuille de plomb ; 4 = seringue ; 5 = tube en PVC ; 6 = échantillon ; 7 = support de l'échantillon ; 8 = tube stérile ; 9 = solution radioactive)

2.5.4-Test de pénétration de fluides sous pression

On mesure le mouvement de fluides dans le canal. D'un côté, de l'eau est appliquée à faible pression contre la partie coronaire de la dent. De l'autre côté, un capillaire présentant une bulle d'air est placé à l'apex de la dent. La pression d'eau appliquée contre la dent va faire migrer les fluides dans les vides canalaires jusqu'au capillaire, ressortir de la dent et pousser la bulle d'air. La bulle de départ sera déplacée le long d'une règlette⁽⁵²⁾.

Cette technique a l'avantage d'être reproductible et de ne pas détériorer l'échantillon.



Source : Wu MK, De Gee AJ, Wesselink PR., Moorer WR. Fluid transport and bacterial penetration along root canal fillings. Int Endodont J 1993;26:203-208

Figure 35 : Schéma du montage de test de pénétration de fluides sous pression

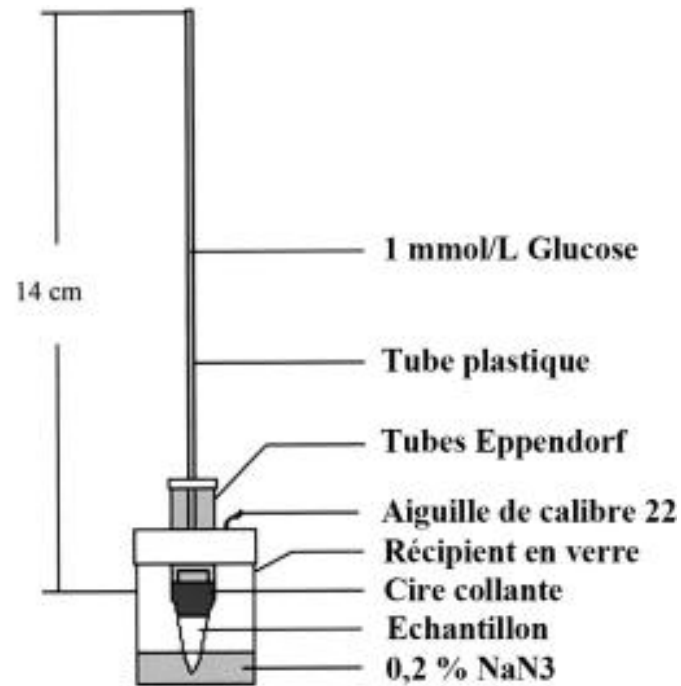
2.5.5-Test de pénétration de glucose

Cette méthode d'analyse est basée sur le taux de filtration de glucose le long de l'obturation canalair; la quantification des défauts d'étanchéité se fait par spectrophotométrie : la concentration de glucose est déterminée en utilisant une enzyme, la glucose oxydase. La réaction colore le milieu et la densité optique est mesurée par spectrophotométrie puis transcrite en concentration de glucose⁽³¹⁾.

Elle permet ainsi de quantifier le niveau d'étanchéité au niveau du foramen apical,⁽⁵³⁾ et ce, de façon continue au cours du temps, indépendamment de l'observateur⁽³¹⁾.

Le glucose a un poids moléculaire faible, et constitue donc un traceur plus pertinent que les autres traceurs utilisés dans les méthodes d'évaluation de l'étanchéité, et qui se rapproche plus de la clinique⁽³¹⁾.

Cependant, ces derniers auteurs ont montré que des matériaux d'obturation contenant de l'hydroxyde de calcium peuvent réagir directement avec le glucose, ce qui influence les résultats d'étanchéité des obturations réalisées avec de tels matériaux⁽⁵⁴⁾.



Source : Thèse sur l'étanchéité des matériaux d'obturations coronaires temporaires en endodontie. Anthony Loret ,2012

Figure 36 : Protocole expérimental de la méthode d'infiltration de glucose (d'après Xu et coll en 2005)

Tableau 3 :Tableau synthétique des différents tests d'évaluation de l'étanchéité ⁽³¹⁾

Test	Avantages	Inconvénients
Test de pénétration bactérienne	<ul style="list-style-type: none"> -plus fiable que le test de pénétration de colorant -plus grande portée au niveau de l'interprétation clinique 	<ul style="list-style-type: none"> - modèle limité, ne simulant pas exactement les conditions de la cavité buccale -impossibilité de déterminer la quantité de bactéries
Evaluation des vides et de la pénétration de ciment dans les tubulis au MCBL	<ul style="list-style-type: none"> -approche non destructive conditions proches de la normale -moindre production d'artefacts techniques -observation possible dans l'épaisseur des coupes (z) 	
Test de pénétration d'un Colorant	<ul style="list-style-type: none"> -sensible -taille des particules de l'encre de Chine proche de celle des bactéries 	<ul style="list-style-type: none"> -subjectif -peu comparatif -peu reproductible décoloration du bleu de méthylène -au contact du MTA, CaOH ou O-Zn eugénol
Test de filtration des Fluides	<ul style="list-style-type: none"> -simple -précis - reproductible -approche non destructive répétition possible des mesures -résultats enregistrés: absence de biais opérateur dépendant 	<ul style="list-style-type: none"> -diminution de la filtration avec le temps -méthode longue
Test de pénétration de radio isotopes	<ul style="list-style-type: none"> -mesures quantitatives facilement analysables et comparables -reproductible -spécifique -diffusion rapide de l'isotope 	<ul style="list-style-type: none"> -risque de réaction avec les structures dentaires pour certains isotopes (Ca)
Test de pénétration de Glucose	<ul style="list-style-type: none"> -mesure quantitative, continue, indépendante de l'observateur -facile à réaliser sensible -poids moléculaire faible se rapproche plus de la clinique 	<ul style="list-style-type: none"> -réaction du glucose avec les ciments contenant du CaOH

Partie expérimentale

Introduction

La multiplicité des techniques d'obturation canalaire qui sont à la disposition des praticiens a amené les endodontistes à les mettre à l'épreuve pour qualifier la technique la plus performante.

La mise en évidence de la technique d'obturation la plus crédible a fait l'objet de plusieurs études comparatives entre différentes techniques d'obturation, et ceci afin d'établir une distinction claire entre les avantages et les inconvénients propre à chacune d'elles, dans le but d'adopter la meilleure technique en matière d'étanchéité, homogénéité et herméticité de l'obturation canalaire.

L'évaluation de degré d'herméticité et d'étanchéité apicale des techniques d'obturation est un domaine important de la recherche endodontique; les études réalisées en laboratoire restent notre seul moyen d'évaluation dans des conditions souhaitées les plus proches de la clinique.

Afin d'obtenir une obturation canalaire totale ; plusieurs matériaux et techniques ont été développés. Cependant la plupart de ces techniques ne remplissent pas complètement le système canalaire.

Ainsi au cours de ces dernières décennies un nombre croissant d'études montrent que le compactage à chaud de la gutta percha semble être la technique conduisant à une obturation radiculaire de meilleure qualité ; l'obturation par thermocompactage permettrait d'obtenir une masse plus homogène et une meilleure adaptation de la gutta percha réchauffée, ainsi qu'une plus grande quantité de la gutta percha est également retrouvée dans les canaux latéraux et accessoires.

En se basant sur ces résultats, notre étude consiste à déterminer la technique d'obturation la plus fiable ; et ceci par une étude expérimentale qui compare les deux techniques d'obturation radiculaire : Thermocompactage par Revo-Condensor® Vs Compactage vertical à chaud manuel à l'aide des fouloirs.

Faisant suite à ces données d'innombrables questions nous traversent l'esprit :

- Est-il possible d'avoir une herméticité totale du réseau canalaire par les deux techniques étudiées ?
- L'évaluation d'étanchéité apicale par le test de pénétration de colorant (Dye test) est-elle un bon moyen d'apprécier la qualité des techniques d'obturation ?
- Sachant que les études antérieures confirmaient la fiabilité de la technique de compactage vertical à chaud ainsi que le Thermocompactage par Revo-Condensor[®] ; Existe-t-elle une différence significative entre elles ? Si oui qui parmi les deux techniques permet une meilleure obturation canalaire ?

Objectif principal

L'objectif principal de notre étude était d'évaluer et comparer entre deux techniques expérimentées : le thermocompactage par Revo-Condensor[®] et le compactage vertical à chaud en terme d'étanchéité apicale ainsi que de la qualité radiologique des obturations canalaires sur des dents extraites.

Chapitre II

MATERIELS ET METHODES

1- Type d'étude

Pour accomplir ce travail nous avons eu recours à une étude expérimentale ex-vivo qui consiste à comparer le degré d'étanchéité apicale et d'herméticité procuré par deux techniques d'obturation: le thermocompactage par Revo-Condensor[®] Vs Compactage vertical à chaud manuel à l'aide des fouloirs.

2- Lieu et durée de l'étude

Notre étude s'est déroulée au niveau du service d'odontologie conservatrice et endodontie - CHU Tlemcen, le laboratoire d'OCE et le laboratoire d'histologie au sein de la faculté de médecine de Tlemcen du mois d'octobre 2017 au mois d'avril 2018.

L'expérience a été réalisée par trois étudiantes en sixième année de médecine dentaire.

3- Population de l'étude

Notre étude est portée sur un échantillon composé de 70 dents humaines monoradiculées, permanentes, sans courbures marquées.

4- Choix de Spécimen

4.1- Critères d'inclusion

Dents monoradiculées.

Dents présentant un seul canal radiculaire.

Dents ayant des racines droites ou légèrement courbées.

4.2- Critères d'exclusion

Dents pluriradiculées.

Présence de plusieurs canaux radiculaires.

Présence de courbures accentuées.

Dents immatures.

5- Recueil des dents

Les dents ont été récupérées auprès du service de pathologie bucco-dentaire - CHU Tlemcen, EPSP, et de praticiens du secteur privé.

Dès leurs extractions les dents ont été lavées du sang, nettoyées puis désinfectées à l'hypochlorite de sodium 2,5%.

Les dents ont été recrutées selon les critères d'inclusion.

6- Méthode d'échantillonnage

Les dents ont été réparties en échantillons selon un tirage au sort équitable suivant une randomisation par la loi binomiale.

7- Critères de jugement (Outcomes)

L'évaluation qualitative consiste à réaliser une analyse radiographique et microscopique de chaque groupe de dents obturées.

7.1- Critères radiologiques

Plusieurs paramètres radiologiques ont été utilisés pour négocier la qualité de l'obturation canalaire et qualifier le traitement comme adéquat ou non adéquat.

La position de la limite apicale d'obturation :

La limite apicale d'obturation doit être à la constriction apicale.

La densité de l'obturation :

L'obturation doit être dense, homogène, n'incluant pas de vides ni d'espaces entre l'obturation et les murs dentinaires et qu'aucune vacuité (radioclarité) n'est décelée le long de la paroi canalaire ou au niveau du corps de l'obturation.

7.2- Critères microscopiques

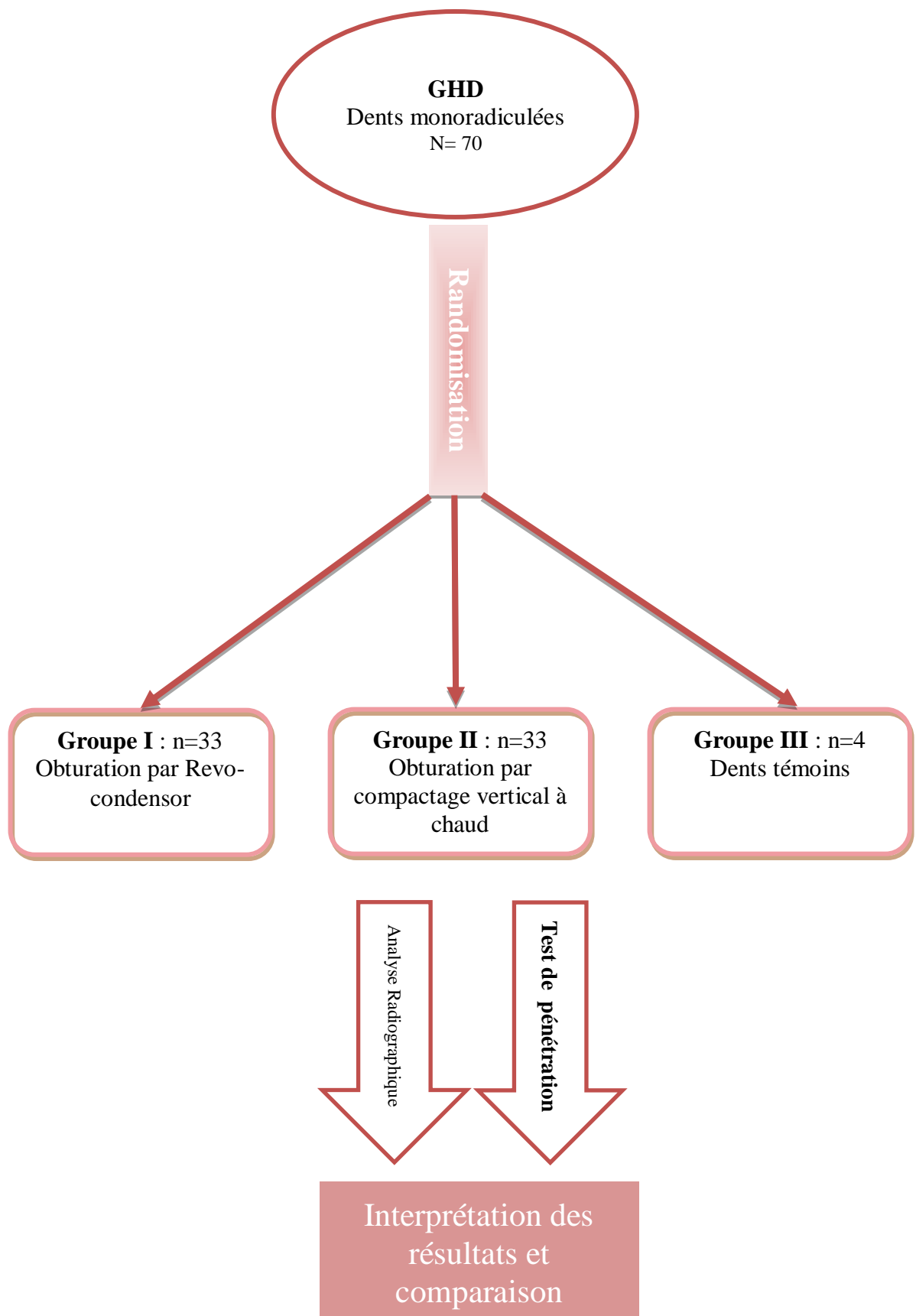
Se base sur la mesure linéaire de la remontée de colorant sur les coupes longitudinales des dents obturées.

7.3- La survenue d'une erreur iatrogène:

Fracture instrumentale.

Fracture dentaire.

8-Schéma illustratif de notre étude



9-Matériels

9.1- Phase du traitement endodontique



Source : Service de pathologie buccale et tout le matériel conservé à l'IPSP, CHU de Tiemours

Figure 37 : Spécimen d'étude

Figure 39 : Gants et masques



Source : Service d'odontologie conservatrice CHU Tlemcen

Figure 43 : Turbine

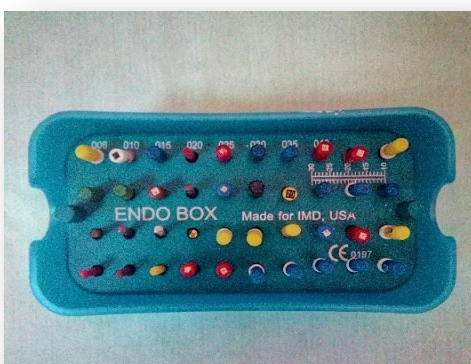
Figure 42 : Fraisier

Figure 41 : Contre-angle



Source : Service d'odontologie conservatrice CHU Tlemcen

Figure 44 : Clichés rétro-alvéolaires



Source : Service d'odontologie conservatrice CHU Tlemcen

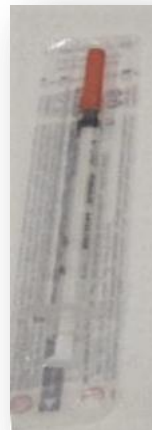
Figure 45 : Limes de préparation



Figure 46 : Revo-S®



Figure 47 : Contre-Angle endodontique



Source : Service d'odontologie conservatrice CHU Tlemcen

Figure 48 : Seringue d'irrigation

Figure 51 : Hypochlorite de sodium

Figure 50 : Seringue d'irrigation endodontique

Figure 49 : EDTA



Source : Service d'odontologie conservatrice CHU Tlemcen

Figure 52 : Cônes de papier absorbant



Figure 54 : Oxyde de Zinc-Eugénol



Figure 53 : Bourre-pâte de Lentulo

Source : Service d'odontologie conservatrice CHU Tlemcen

Figure 55 : Revo-Condensor®



Figure 56 : Cônes de gutta percha normalisés



Source : Service d'odontologie conservatrice CHU Tlemcen

Figure 58 : Fouloirs de compactage

Figure 57 : Cônes de gutta percha non normalisés



Source : Service d'odontologie conservatrice CHU Tlemcen

Figure 59 : Composite

9.2- Phase histologique



e de microbiol

Figure 61 : Bistouri



Source : Laboratoire de chimie
faculté de médecine Tlemcen

Figure 62 : Bleu de méthylène

Figure 60 : Etuve



Source : Service de Prothèse
CHU Tlemcen

*Figure 63 : Le disque diamanté
monté sur une pièce à main*



Source : CEM Messegmine Abdelkader Hammam-Bouhadjar

Figure 64 : Microscope
binoculaire

Figure 65 : Papier millimétré

10- Méthodes

10.1-Randomisation

Après la vérification de nos critères d'inclusion chaque dent est identifiée par un numéro afin d'être réparties dans un deuxième temps selon un tirage au sort équitable pour entamer le traitement endodontique dont : 33 dents ont été obturées par la technique de compactage vertical à chaud et les 33 autres ont été obturées par le Revo-Condensor®.



Les 4 dents restantes servent de dents témoins qui ne subiront pas d'obturation.

Source : Service d'Odontologie Conservatrice et Endodontie CHU Tlemcen

Figure 67 : La population d'étude

Figure 66 : La répartition des dents
après la randomisation

Le protocole opératoire fut appliqué de la manière suivante:

10.2- Radiographie

Lors de chaque traitement, des radiographies rétro-alvéolaires :

Pré-opératoire :



Source : Service d'Odontologie Conservatrice et Endodontie CHU Tlemcen

Figure 68 : RVG préopératoire

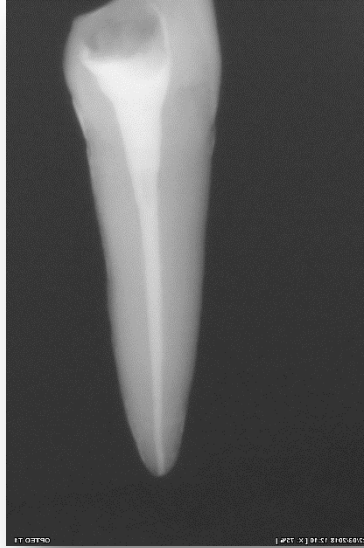
Per-opératoire : lince en place à la longueur de travail, maître cône à la LT.



Source : Service d'Odontologie Conservatrice et Endodontie CHU Tlemcen

Figure 69 : Radiographie per-opératoire maître-cône en place

Post-opératoire : obturation terminée afin d'avoir une vision d'ensemble de tout le système canalaire.



Source : Service d'Odontologie Conservatrice et Endodontie CHU Tlemcen

Figure 70 : RVG post-opératoire

Seront réalisées pour pouvoir évaluer tout au long du protocole la qualité du traitement endodontique.

10.3- Réalisation de la cavité d'accès

L'ouverture de la cavité d'accès se fait à l'aide d'une fraise boule diamantée puis elle est élargie avec une fraise tronconique, l'approfondissement de cette cavité se fait avec la même première fraise en suivant l'axe de la dent jusqu'à ce qu'on aboutit à la sensation de vide pulpaire ; celle-ci est repérée avec une sonde. On effectue la suppression du plafond pulpaire qui doit être contrôlée à l'aide d'une sonde qui détecte les éventuels surplombs cette sonde ne doit pas se raccrocher afin de repérer l'entrée canalaire

La finition est réalisée par une fraise endoZ, la cavité est mise en dépouille (Les parois sont régularisés) et rincée abondamment avec de l'hypochlorite de sodium (2,5%).

La forme de la cavité d'accès diffère selon l'anatomie de chaque dent ; elle est triangulaire sur les incisives et ovale sur les canines.



*Source : Laboratoire d'Odontologie Conservatrice et Endodontie
Département de médecine dentaire Tlemcen*

Figure 71 : Cavité d'accès réalisée sur une incisive inférieure

10.4- Cathétérisme

Le cathétérisme est réalisé avec une lime K n° 10 en lui impliquant un mouvement d'un quart de tour horaire /anti horaire sous irrigation à l'hypochlorite de Sodium (2,5%).

10.5- Préparation canalaire



*Source : Laboratoire d'Odontologie Conservatrice et Endodontie
Département de médecine dentaire Tlemcen*

Figure 72 : Matériels nécessaires pour l'étape de préparation

Après la détermination de la longueur de travail ;

La préparation canalaire de toutes les dents des trois groupes s'est déroulée en deux temps :

Une préparation manuelle avec des limes K et H en respectant la méthode « Step-back » jusqu'à la lime n° 20 sous irrigation abondante à l'hypochlorite de sodium NaOCl à 2,5% et en utilisant l'EDTA pour faciliter la perméabilité de la trajectoire canalaire.



*Source : Laboratoire d'Odontologie Conservatrice et Endodontie
Département de médecine dentaire Tlemcen*

Figure 73 : Préparation manuelle à l'aide d'une lime K n° 15

Ensuite, une préparation mécanisée a été faite par des limes Ni-Ti rotatives S1,S2,SU du Revo-S® (Micro-Mega) sous irrigation abondante à l'hypochlorite de sodium NaOCl 2,5% et en utilisant l'EDTA après le passage de chaque instrument, en respectant les principes de préparation ci-dessous :

Passage sans pression du SC1 jusqu'au 2/3 de la longueur de travail en pratiquant un mouvement lent de descente en un passage, sans pression.

Passage du SC2 jusqu'à la longueur de travail en appliquant un mouvement de descente progressif en trois passages (trois mouvements de va-et-vient).

Passage du SU jusqu'à la longueur de travail en pratiquant un mouvement lent de descente un passage sans pression. Puis si nécessaire réaliser un appui pariétal de remontée après perméabilité apicale contrôlée.

Après chaque introduction de l'instrument de préparation, ce dernier est nettoyé des débris dentinaires par une compresse avant sa réintroduction dans le canal.



Source : Laboratoire d'Odontologie Conservatrice et Endodontie
Département de médecine dentaire Tlemcen

Figure 74 : Préparation mécanisée au Révo-S® monté sur contre-angle endodontique

10.6- Assèchement du canal

Le canal est séché avec des cônes en papier absorbant. Le dernier cône en papier doit ressortir sec et propre.

10.7- Obturation canalaire

L'obturation canalaire intéresse le premier et le deuxième groupe des dents précédemment élues dont :

- Le groupe I : comprend 33 dents qui vont être obturées par thermocompactage avec le Revo-Condensor®
- Le groupe II : comprend 33 dents qui vont être obturées par la technique de compactage vertical à chaud manuel à l'aide des fouloirs.

10.7.1- Groupe obturé avec le Revo-Condensor®

Choix et essayage du maître cône

On utilise un maître cône normalisé, (25/100ème de mm et conicité de 6%)

Son adaptation est vérifiée par trois tests :

Test visuel : On ajuste le maître-cône à la longueur de travail moins un millimètre.

Test tactile : On perçoit une légère résistance au retrait du cône (thug back).

Test radiographique : Radiographie maître cône en place pour vérifier le cône par rapport à la limite apicale.

Le cône de gutta percha est ensuite essayé en milieu humide (NaOCl 2,5%). Il doit s'insérer librement jusqu'à la LT.

Le Revo-Condensor® est ensuite essayé à vide, il doit circuler librement dans le canal jusqu'à la longueur de travail moins 2 mm. Il est impératif de vérifier l'état des spires de l'instrument ainsi que le sens de rotation de celui-ci qui doit être dans le sens horaire.



*Source : Laboratoire d'Odontologie Conservatrice et Endodontie
Département de médecine dentaire Tlemcen*

Figure 75 : Essai du Revo-Condensor® à vide

Préparation de ciment de scellement

Le mélange poudre-liquide est réalisé à l'aide d'une spatule à ciment. La consistance idéale doit permettre d'étirer un fil de ciment avec la spatule sur une hauteur de 1 à 2 cm au-dessus de la plaque de verre. Nous utilisons un ciment à base d'oxyde de zinc-eugénoï ou eugénate.

Scellement du maître cône

On badigeonne légèrement les parois canalaires de ciment de scellement à l'aide d'un bourre pate de Lentulo dans le sens antihoraire ; L'extrémité du cône est enduite de ciment et le cône est introduit dans le canal.

Mise en place du cône de la gutta percha

Le maître cône est mis en place à la LT moins 0,5 mm, on recherche une résistance au retrait (thug back).

Le Revo-Condensor® est inséré jusqu'à son blocage le long du cône puis mis en rotation à 8000 tr/min jusqu'à la plastification de la gutta percha.

Le Revo-Condensor® est retiré lentement après l'avoir amené à la LT moins 2 mm avec de légers mouvements de va-et-vient en appuyant sur une paroi canalaire



*Source : Laboratoire d'Odontologie Conservatrice et Endodontie
Département de médecine dentaire Tlemcen*

Figure 76 ; Obturation par Revo-Condensor®

Condensation manuelle avec un fouloir.

Radiographie post-opératoire est prise pour évaluer la qualité d l'obturation.

10.7.2- Groupe obturé par compactage vertical à chaud

Pour cette technique on a travaillé avec des cônes de gutta percha non standardisés

Choix et essayage du maître cône

Un maître cône non normalisé avec différents diamètres « Fin, Fin medium, Medium fin, Medium et Large » est choisi, il est ajusté à la longueur de travail moins 1 mm.

Il doit se produire dans les derniers millimètres apicaux une légère friction, et l'on doit ressentir une légère résistance au retrait (thug back).

Une radiographie de contrôle est indispensable à ce stade.

Sélection des fouloirs verticaux

Les fouloirs à canaux de calibre décroissant ont été essayés dans le canal, ils doivent pénétrer dans le canal sans interférer avec les parois, jusqu'à des longueurs "autorisées"

correspondants respectivement à un travail au niveau du tiers cervical, à mi-longueur canalaire et au niveau du tiers apical.

Scellement du maître cône

Le ciment de scellement canalaire est déposé dans le canal à l'aide d'une lime.

Le maître cône dont l'extrémité apicale enduite de ciment est introduite dans le canal jusqu'à son blocage, il est sectionné au niveau de l'entrée canalaire avec un instrument chauffé au rouge.

Condensation verticale

Avec le premier fouloir de plus gros diamètre dont l'extrémité a été préalablement trempée dans la poudre d'oxyde de zinc, on effectue une première condensation en direction apicale.

Le même fouloir pénètre à nouveau la masse de gutta-percha ramollie en créant une dépression centrale. Il faut le retirer légèrement et effectuer une série de petites poussées verticales de faible amplitude en cherchant à ramener vers le centre la gutta percha pour obtenir une surface aussi plane que possible. Ces opérations sont répétées plusieurs fois jusqu'à ce que le premier fouloir atteigne son point de pénétration autorisé.

On utilise le deuxième fouloir pour réaliser la condensation de la partie médiane du canal en effectuant les opérations successives précédemment décrites. A ce stade l'extrémité apicale du maître cône n'est pas encore concernée par la condensation car l'élévation de la température dans la zone apicale reste faible.

Ce n'est qu'avec le troisième fouloir travaillant à une distance de 5 à 7 mm de l'extrémité apicale que l'on déplacera de façon contrôlée le bouchon de gutta-percha rendue plastique, et qu'on réalisera le scellement apical recherché.

Phase de remontée : avant de commencer, on a enlevé les débris de gutta qui collent aux parois du canal.

A l'aide du réchauffeur porté au rouge, on pique légèrement la masse de gutta déjà compactée dans la région apicale, pour en ramollir la surface. On colle le premier segment de gutta sur l'extrémité tiédie du fouloir et l'on insère, à froid au contact de la gutta déjà en place. Un petit mouvement de rotation permet de détacher le segment de gutta du fouloir ; Il est alors immédiatement compacté à froid. Le réchauffeur porté au rouge est alors à nouveau utilisé pour ramollir le segment collé que l'on compacte

immédiatement par une série de poussées verticales jusqu'à l'obtention d'une surface plane. L'opération est répétée pour les segments suivants en utilisant des fouloirs de calibre croissant jusqu'au remplissage complet du canal.

10.8- Restauration coronaire

Enfin pour achever notre traitement, après avoir fini les obturations des 2 groupes on passe à la restauration coronaire définitive au composite tout en respectant l'anatomie dentaire de chaque dent ainsi pour obvier les biais produits par la percolation coronaire.

10.9- Evaluation de l'étanchéité apicale

Dans un premier temps à l'aide d'une lame bistouri on débride soigneusement les racines dentaires des fibres desmodontales et des débris osseux pour avoir une surface radiculaire propre.

Les trois groupes de dents sont placés dans une étuve à 37°C et 100% d'humidité afin de simuler les conditions de l'environnement buccal et pour le ramollissement des matériaux thermoplastique question de faciliter leur coupes.



Source : Laboratoire de microbiologie Faculté de médecine Tlemcen

Figure 77 : La mise en place des échantillons dans l'étuve

Après avoir séjourné dans l'étuve pendant deux jours consécutifs ; Deux couches de vernis imperméable (dont la 2eme couche n'est appliquée qu'après l'assèchement total de la première) sont badigeonnées sur toute la surface dentaire pour éviter tout phénomène de percolation par les canaux accessoires et secondaires, mise à part les

deux derniers millimètres apicaux qui ont été isolés par la cire (qui vient empêcher le vernissage du bout apical), les bandelettes de cires sont retirées juste avant de mettre les dents dans le bleu de méthylène ; le colorant est donc amené à monter par capillarité uniquement par l'apex.



Source : Laboratoire d'histologie Faculté de médecine Tlemcen

Figure 78 : *L'isolation des 2mm apicaux des échantillons par des bandelettes de cire*

Le dernier essai destiné à l'évaluation de l'étanchéité de l'obturation endo-canaulaire a été effectué à l'aide d'un test de pénétration d'un colorant (Dye test).

Dans notre étude on a choisi d'utiliser le bleu de méthylène comme traceur.

La préparation de la solution du bleu de méthylène ou chlorhydrate de tétraméthylthionine à 2% se concrétise en faisant dissoudre 2g de bleu de méthylène en poudre dans 100ml d'eau distillée.



Source : Laboratoire de chimie Faculté de médecine Tlemcen

Figure 79 : *La préparation de la solution du bleu de méthylène à 2%*

Le bleu de méthylène à 2% est versé dans des flacons à analyse afin d'imprégner les bouts apicaux des racines dentaires dans la solution. L'immersion des apex dans le colorant dure 24h ; ensuite les dents sont nettoyées et rincées abondamment à l'eau courante puis séchées.

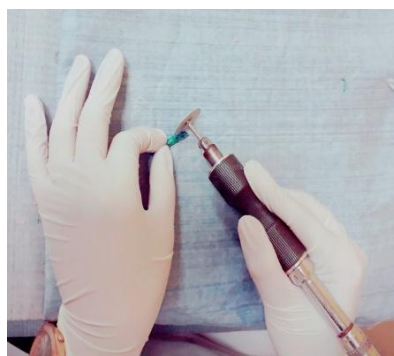


Source : Laboratoire d'histologie Faculté de médecine Tlemcen

Figure 80 : Les échantillons trempés dans le bleu de méthylène

Les deux couches du vernis préalablement appliquées sont éliminées pour pouvoir réaliser des coupes franches

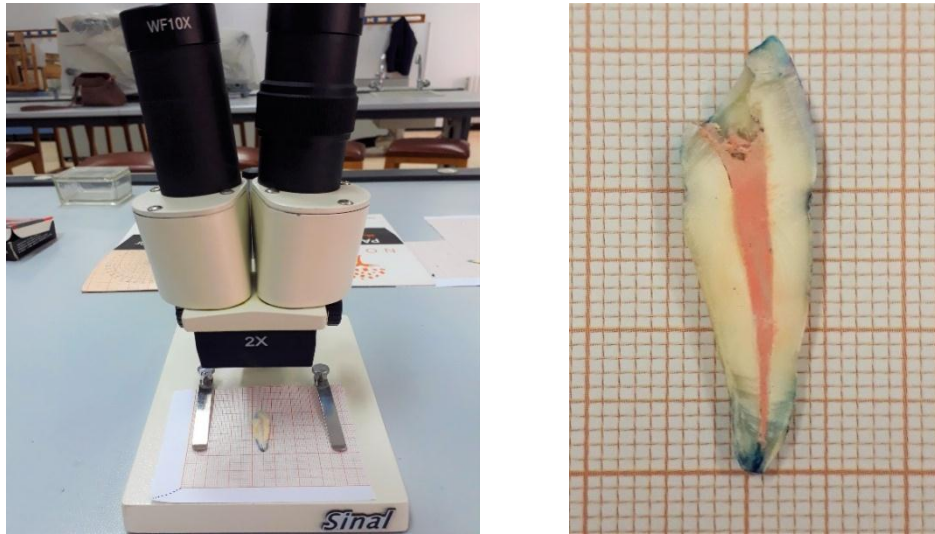
Dans un deuxième temps des coupes longitudinales au milieu de la racine selon le grand axe de la dent sont réalisées à l'aide d'un disque diamanté monté sur pièce à main à haute vitesse sur chaque dent des 3 échantillons dans le but d'objectiver le phénomène de percolation.



Source : Service d'Odontologie Conservatrice et Endodontie Tlemcen

Figure 81: La coupe longitudinale des dents

Les héli-dents sont observées avec un microscope binoculaire SINAL[®] avec un grossissement de 20x et la pénétration du colorant est mesurée à l'aide d'un papier millimétré.



Source : Laboratoire d'histologie de la faculté de médecine Tlemcen

Figure 82: Observation de la pénétration du Bleu de méthylène et mesure linéaire de la remontée de colorant

11- Statistiques

La saisie des données ainsi que l'analyse statistique des résultats ont été réalisées à l'aide du logiciel Excel 2013, IBM SPSS Statistics v21 et Epi-info 6.

Chapitre III

Résultats

1- Description de la population

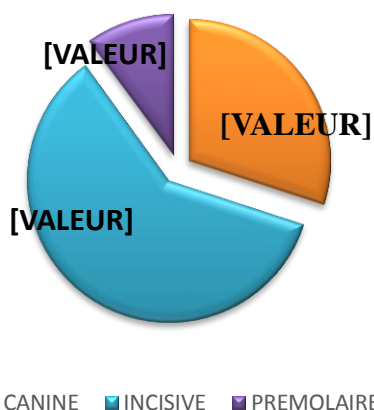


Figure 83 : Répartition de la population selon le type de dents

Notre population d'étude se compose au total de 42 incisives soit 60% ; 21 canines présentant 30% et 7 prémolaires présentant 10% de la population.

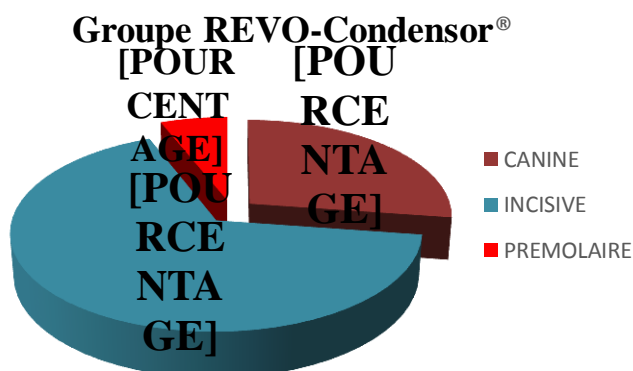


Figure 84: Répartition de l'échantillon de thermocompactage selon le type de dents

Dans ce premier échantillon, les incisives représentent plus que la moitié de l'échantillon soit 67% ; suivi par les canines avec une fréquence de 27% et les prémolaires avec 6%.

Compactage vertical à chaud

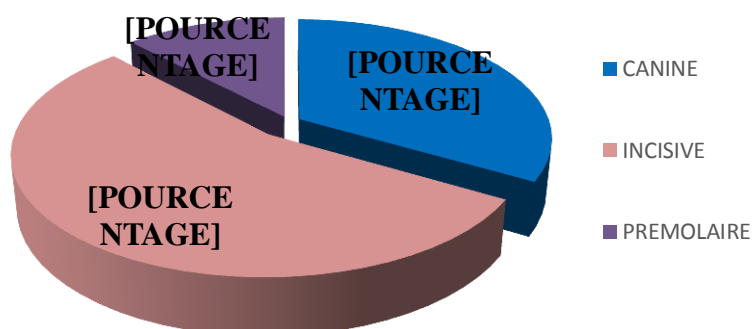


Figure 85 : Répartition de l'échantillon de compactage vertical à chaud selon le type de dents

Le deuxième groupe est composé de plus de la moitié de l'échantillon aussi d'incisives 55% ; de 33% de canines et de 12% de prémolaires.

Groupe Témoin

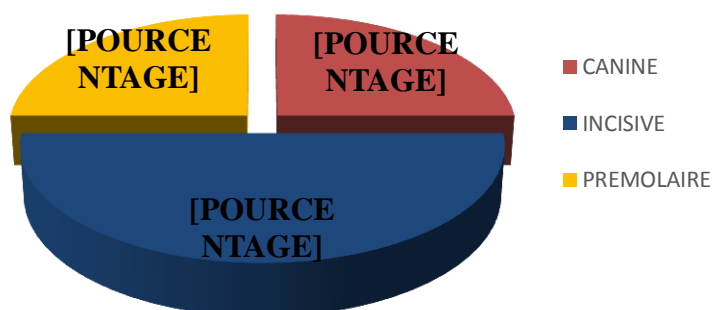


Figure 86 : Répartition de l'échantillon du groupe témoin selon le type de dents

Le groupe témoin représente l'échantillon le plus petit ; les dents de cet échantillon sont réparties à 50% des incisives, les canines et les prémolaires sont réparties équitablement soit 25% chacune.

2- Analyse radiographique

Afin de comparer les deux types d'obturation canalaire de chaque groupe, nous avons réalisé une analyse comparative radiologique

Les radiographies post-opératoires prises après l'obturation canalaire des deux groupes sont analysées selon plusieurs critères qui correspondent à une évaluation menée par l'assurance maladie (Article publié en juillet-septembre 2002) :

Longueur d'obturation:

1 = obturation complète

2 = obturation absente sur moins d'1/3 de la longueur canalaire

3 = obturation absente sur plus d'1/3 de la longueur canalaire

Et avril-juin 2003 :

Présence d'une ou plusieurs vacuités dans le traitement endodontique (VAC) Le long des parois canalaires et/ou dans la lumière canalaire.

Oui = 1 Non =0

Présence d'un bris instrumental ne permettant pas l'obturation complète et hermétique du canal dentaire (FRI)

Oui = 1 Non =0

2.1- Groupe I : Revo-condensor®

Tableau 4 : Les scores d'analyse radiographique des dents obturées par Revo-Condensor®

Numéro de la dent	Vacuité	Absence de fracture instrumentale	Longueur d'obturation
1	0	0	1
4	1	0	2
5	1	0	2
6	0	0	1
10	0	0	1
13	0	0	1
14	0	0	1
15	0	0	1
19	0	0	1
22	0	1	2
23	0	0	2
24	1	0	1
27	0	0	1
30	1	0	1
33	1	0	1
34	0	0	2
35	0	0	2
38	0	0	2
41	1	0	2
42	0	0	1
46	0	0	1
48	1	0	1
49	0	0	2
51	1	0	2
54	0	0	1
56	0	0	1
60	1	0	2
61	0	0	1
63	1	0	1
64	0	0	1
66	0	0	1
68	0	0	2
69	0	0	2
Taux	69,69%	96,96%	57,57%

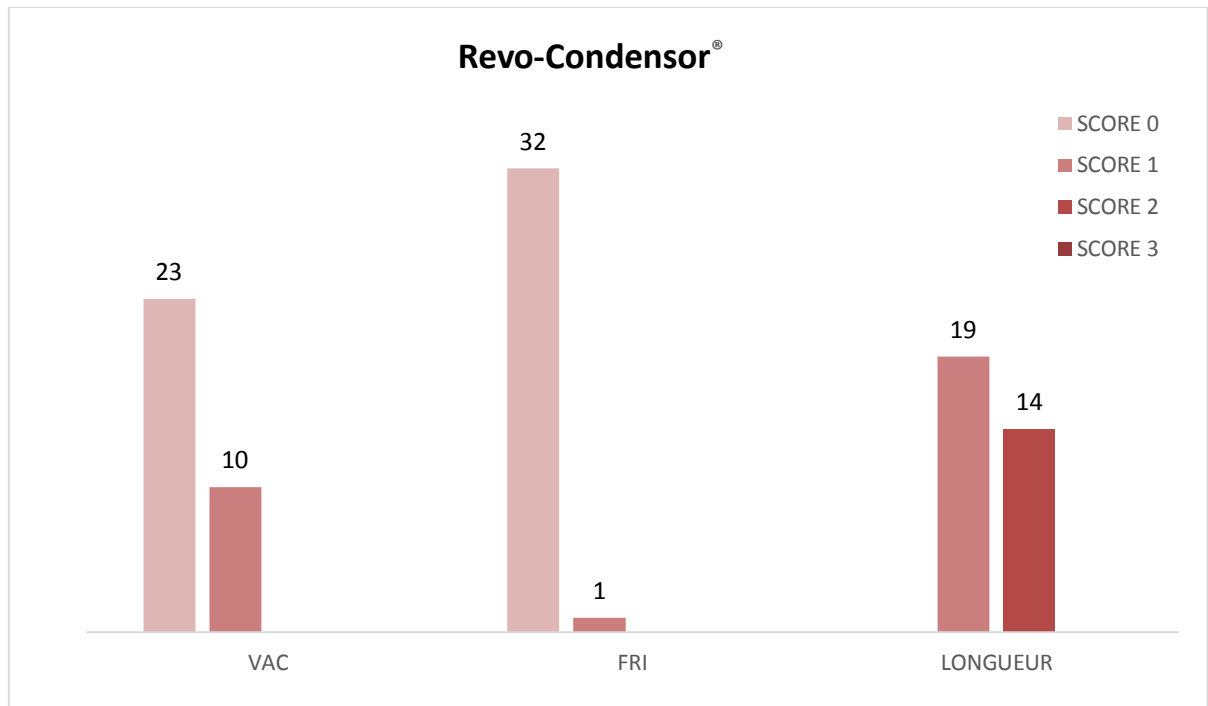


Figure 87 : Répartition des dents obturées par Revo-Condensor® selon les paramètres d'analyse radiographique

A partir du graphe ci-dessus, on note l'absence des vacuités sur 23 dents dont l'obturation est homogène alors que les 10 dents restantes présentent des vacuités dans la lumière canalaire.

Une seule fracture instrumentale a été décelée au cours de l'obturation de ce groupe.

19 dents sont obturées à la longueur de travail contre 14 dents qui présentent une obturation incomplète sur le 1/3 apical du canal.

2.2- Groupe II : Compactage vertical à chaud

Tableau 5 : Les scores d'analyse radiographique des dents obturées par Compactage vertical à chaud

Numéro de la dent	Vacuité	Absence de fracture instrumentale	Longueur d'obturation
2	0	0	1
3	1	0	1
7	1	0	1
8	0	0	1
11	0	0	1
12	1	0	1
16	0	0	2
17	0	0	1
20	0	0	1
21	0	0	1
25	1	0	1
26	1	0	1
28	0	0	1
29	1	0	1
31	0	0	2
32	1	0	1
36	0	0	1
37	1	0	1
43	0	0	1
44	1	0	1
45	1	0	1
47	1	0	1
50	0	0	1
52	1	0	1
53	0	0	1
55	0	0	1
57	0	0	2
58	1	0	1
59	0	0	1
62	1	0	1
65	0	0	1
67	0	0	2
70	0	0	1
Taux	57,57%	100%	87,87%

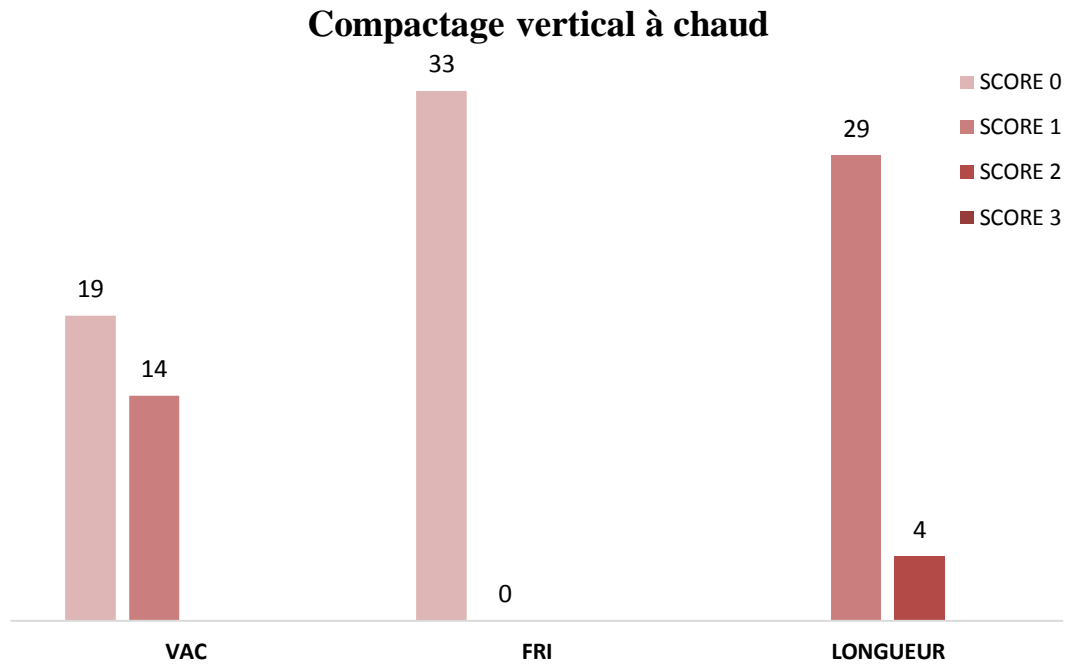


Figure 88: Répartition des dents obturées par compactage vertical à chaud selon les paramètres d'analyse radiographique

Pour ce groupe l'histogramme montre que 19 dents obturées par compactage vertical à chaud à l'aide des fouloirs présentent des obturations homogènes et aucune vacuité le long de la paroi canalaire, contre 14 dents présentant des vacuités et donc une obturation non homogène.

On ne note aucune fracture instrumentale radiologiquement décelée.

Presque la totalité des dents obturées par la technique de compactage vertical à chaud sont à la longueur de travail ; seulement 4 dents présentent l'absence de l'obturation sur moins d'1/3 de la longueur canalaire.

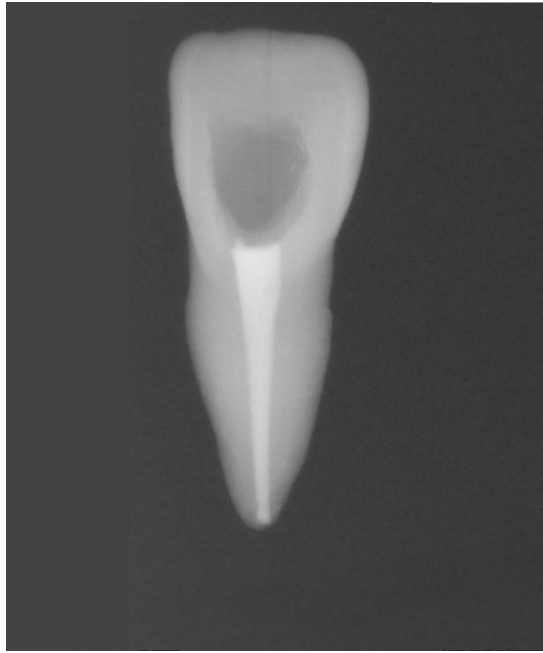


Figure 89 : Dent obturée par Revo-condonsor



Figure 90: Dent obturée par compactage vertical à chaud

2.3- Comparaison entre les deux techniques

Tableau 6 : Comparaison des paramètres d'analyse radiographique des deux techniques

	Revo-Condensor®	Compactage vertical
Vacuité	0 :23	0 :19
	1 :10	1:14
Absence de fracture instrumentale	0 :32	0 :33
	1 : 1	1 :0
Longueur d'obturation	1 :19	1 :29
	2 :14	2 :4
	3 :0	3 :0

Radiologiquement ; les obturations canalaires réalisées avec le Revo-Condensor® semblent être plus homogènes et présentent moins de vacuités que celles réalisées par la technique de compactage vertical à chaud : 23 dents denses dans tout le canal pour le Revo-Condensor® contre 19 avec le compactage vertical à chaud.

En terme de longueur de travail l'obturation par compactage vertical à chaud est meilleur ; dont 29 dents présentent une obturation complète contre 19 obturations complète par Revo-Condensor®.

Tableau 7: Comparaison statistique des deux techniques d'obturation par rapport aux paramètres d'analyse radiographique

Technique Utilisée	Vacuité N (%)	Absence de fracture instrumentale N (%)	Longueur d'obturation N(%)
Revo-Condensor	23 (69,69)	32 (96,96)	19 (57,57)
Compactage vertical à chaud	19(57,57)	33 (100)	29 (87,87)
Test du khi-deux	1,03	0,00	6,19
P-Value	0,44	1,0	0 ,012

Risque d'erreur $\alpha < 5\%$ Intervalle de confiance IC 95 %

Statistiquement parlant, Il n'existe pas une différence significative entre Les deux techniques d'obturation en terme de vacuité (P= 0,44) et fracture instrumentale (P=1,0).

Contrairement à la longueur d'obturation qui montre une différence significative entre les deux techniques (P=0 ,012).

3- Pénétration du bleu de méthylène

Dans le but de comparer l'étanchéité apicale de l'obturation canalaire de chaque technique évaluée par la pénétration du bleu de méthylène ; on a eu recours au système de scores établi par Aminoshariae et Coll :

Les codes suivant :

- 1 : code pour l'absence du colorant.
- 2 : le colorant s'étend sur moins que la moitié du périmètre du canal.
- 3 : le colorant s'étend sur plus que la moitié du périmètre du canal.
- 4 : le colorant occupe tout le périmètre du canal.

Ces scores sont attribués pour chaque coupe.

3.1- Groupe I : Revo-Condensor®

- Scores de pénétration de colorant

Tableau 8 : Les scores de pénétration de colorant des dents obturées par Revo-Condensor®

Numéro de la dent	Score de pénétration
1	2
4	2
5	2
6	2
10	2
13	2
14	2
15	2
19	2
22	2
23	2
24	2
27	2
30	2
33	2
34	2
35	1
38	2
41	2
42	3
46	2
48	3
49	2
51	2
54	2
56	3
60	2
61	2
63	2
64	2
66	2
68	2
69	3

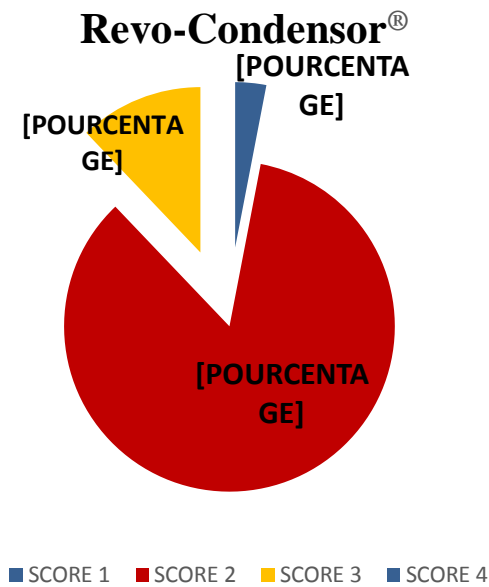


Figure 91 : Répartition des dents obturées par Revo-Condensor® selon les scores de pénétration de colorant

Nous observons que la majorité des dents, 28 sur 33 dents présentent le score de 2 ; 4 dents sur 33 présentent le score de 3 ; une seule dent présente le score de 1 et aucune dent ne présente le score 4.

- **Pourcentage de la remontée**

Tableau 9: Pourcentage de la remontée des dents obturées par Revo-Condensor®

Numéro de la dent	Longueur de la dent	Remontée du colorant	Pourcentage de la remontée de colorant
1	26	1,5	6%
4	22	3	14%
5	21	2	10%
6	24	3	13%
10	26	1	4%
13	23	7,5	33%
14	23	2	9%
15	22	3	14%
19	23	5,5	24%
22	24	4,5	19%
23	23	3	13%
24	26	4	15%
27	31	1	3%
30	27	3	11%
33	25	1,5	6%
34	27	5	19%
35	26	0	0%
38	20	3,5	18%
41	22	1,5	7%
42	22	13	59%
46	23	2,5	11%
48	22	11,5	52%
49	25	5	20%
51	23	1,5	7%
54	21	7	33%
56	22	13	59%
60	24	7	29%
61	23	3	13%
63	23	2,5	11%
64	21	8	38%
66	23	11	48%
68	22	2	9%
69	22	13	59%
Moyenne	23,5454545	4,71212121	21%

La moyenne de pourcentage de pénétration de colorant est de 21% pour cet échantillon obturé par Revo-Condensor®

3.2- Groupe II : Compactage vertical à chaud

- Scores de pénétration de colorant

Tableau 10 : Les scores de pénétration de colorant des dents obturées par Compactage vertical à chaud

Numéro de la dent	Score de pénétration
2	2
3	1
7	2
8	2
11	2
12	2
16	2
17	1
20	2
21	2
25	2
26	2
28	2
29	2
31	2
32	2
36	2
37	2
43	2
44	2
45	2
47	2
50	2
52	2
53	2
55	2
57	2
58	2
59	2
62	2
65	1
67	2
70	2

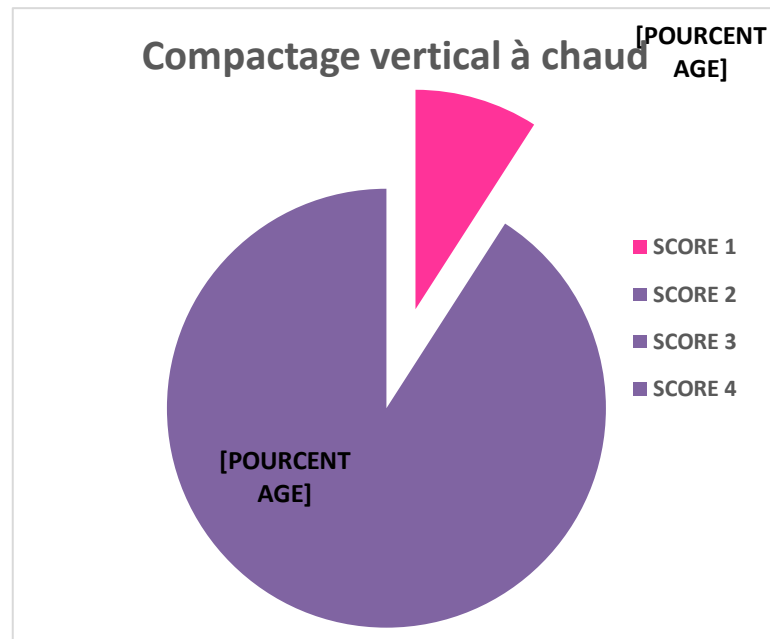


Figure 92 : Répartition des dents obturées par Compactage vertical à chaud selon les scores de pénétration de colorant

Nous constatons pour ce groupe 30 dents présentant un code de 2 alors que les 3 restantes présentent le code 1 ; aucune dent ne présente les scores 3 et 4.

- Pourcentage de la remontée de colorant

Tableau 11 : Pourcentage de la remontée des dents obturées par Compactage vertical à chaud

Numéro de la dent	Longueur de la dent	Remontée du colorant	Pourcentage de la remontée
2	20	3,5	18%
3	24	0,1	0%
7	23	3,5	15%
8	27	2,5	9%
11	26	1	4%
12	24	0,3	1%
16	22	7	32%
17	20	0	0%
20	25	4,5	18%
21	18	5	28%
25	20	3,5	18%
26	22	5	23%
28	28	0,5	2%
29	21	6	29%
31	30	2	7%
32	16	3	19%
36	22	4	18%
37	25	3	12%
43	22	6	27%
44	23	3,5	15%
45	21	6,5	31%
47	22	5	23%
50	18	3,5	19%
52	18	2,5	14%
53	26	1	4%
55	22	0,5	2%
57	21	5	24%
58	18	7	39%
59	23	4	17%
62	19	4,5	24%
65	20	0	0%
67	19	4	21%
70	23	2,5	11%
Moyenne	22,0606061	3,33030303	16%

La moyenne de pourcentage de la remontée de colorant est de 16% pour les obturations au compactage vertical à chaud.

3.3- Groupe Témoin

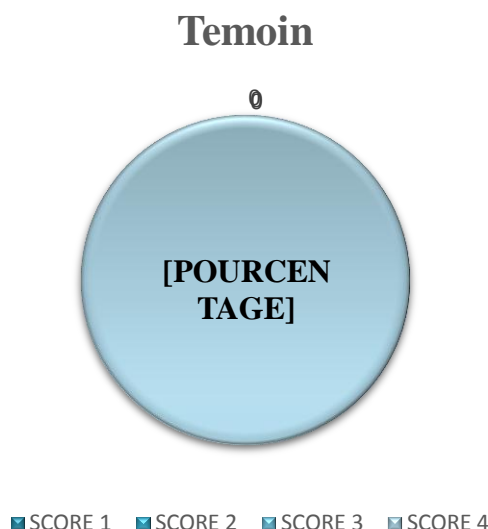


Figure 93 : Répartition des dents témoins selon les scores de pénétration de colorant

Nous tenons à préciser que la pénétration de colorant est de score 4 pour toutes les dents du groupe témoin.

3.4- Comparaison des deux techniques

Tableau 12: Comparaison des scores de pénétration de colorant des trois groupes

	Revo-Condensor®	Compactage vertical	Témoin
Score de pénétration	1 :1 2 : 28 3 :4 4 :0	1:3 2 :30 3 :0 4 :0	1 :0 2 :0 3 :0 4 :4

Pour le groupe témoin toutes les dents montrent un système canalaire totalement envahi par le colorant qui se traduit par le score 4

Nous remarquons que le groupe de compactage vertical présente plus de dent où le colorant est absent.

Le code 2 est le code prépondérant pour les deux groupes avec une fréquence légèrement plus supérieure pour le groupe Revo-Condensor®.

Le code 3 n'est retrouvé que dans le groupe Revo-Condensor®.

A partir de ces résultats nous concluons que le groupe obturé par compactage vertical à chaud est moins envahi par le colorant que le groupe obturé par Revo-Condensor®.

Tableau 13: Comparaison statistique des deux techniques d'obturation par rapport à la remontée de colorant

Technique Utilisée	Pourcentage de la remontée (%)
Revo-Condensor®	21
Compactage vertical à chaud	16
Test du khi-deux	0,19
P	0,80

Risque d'erreur $\alpha < 5\%$ Intervalle de confiance IC 95 %

Nous ne notons aucune différence statistiquement significative entre les deux techniques étudiées ($P > 5\%$).

Chapitre IV

Discussion

Discussion

Aujourd'hui, malgré l'innovation en endodontie, des échecs cliniques sont toujours rencontrés. L'une des principales causes est la percolation apicale qui pendant longtemps a été attribuée à une obturation défectueuse des canaux radiculaires ; cette dernière présente un des facteurs le plus souvent associés à des échecs endodontiques.

Down et Ingle avaient montré que la percolation apicale, en particulier dans les cas d'obturation incomplètes, représentaient environ 60% des échecs endodontiques.

1. Discussion du protocole

D'abord les critères de sélection des dents dans notre étude : monoradiculées, sans courbure canalaire accentuées et avec formation radiculaire complète ; ont permis d'éviter les biais en rapport avec les échantillons, et de standardiser les spécimens.

Le choix de la population d'étude s'est porté sur des dents monoradiculées dont le but de s'affranchir aux variables rencontrées lors de l'utilisation de dents pluriradiculées, et afin de limiter les risques de biais dus aux différences anatomiques radiculaires.

Pour avoir une standardisation tous les paramètres à savoir le système de préparation ; d'irrigation ; le temps d'étude ; l'origine de l'échantillon ; le ciment de scellement utilisé ; le type de colorant doivent être identique.

Dans notre étude, une seule technique de mise en forme a été protocolisée pour toutes les dents pour que la comparaison porte seulement sur la technique d'obturation, aussi afin d'éviter des biais de méthodologie et d'obtenir une meilleure reproductibilité ; On a opté pour l'instrument mécanique de mise en forme Revo-S[®], un système pluri-instrumental dont la séquence de base comprend 3 instruments SC1, SC2 et SU qui permettent de réaliser une préparation canalaire complète ; doté d'un très bon nettoyage et très bonne remontée des débris dentinaires.

Cette étude a fait l'objet de deux techniques d'obturation canalaire.

L'une est mécanisée (Revo-Condensor[®]) et l'autre (le compactage vertical à chaud manuel à l'aide des fouloirs) est manuelle. Il nous a paru intéressant de comparer ces deux techniques très différentes tant par leur principe que par leurs moyens d'exécution.

Le Revo-Condensor[®] c'est un instrument de thermocompactage qui a déjà fait ses preuves, il est efficace, rapide et économique, il se présente en un seul instrument quelle que soit la préparation ; le Revo-Condensor[®] étant un compacteur en Ni-Ti, il peut être amené au-delà des courbures canalaires pour réaliser une obturation thermomécanique

au plus près de l'apex ainsi que l'obturation des canaux courbes et des canaux latéraux ; il plastifie la gutta percha au-delà des courbures canalaires, ce qui fait que la totalité du cône d'obturation est réchauffé et donc plastifié. Il semble en découler une obturation tridimensionnelle et homogène au-delà des courbures canalaires.

Les inconvénients avec l'utilisation de cet instrument se résument en une forte impression d'échauffement radiculaire, le risque de vissage si le sens de rotation est inversé, un risque de déformation ou de fracture instrumentale. Il convient de préciser que le franchissement de coudures ou de courbures canalaires trop importantes est impossible sous peine de fracture instrumentale.

Il faut noter aussi que l'utilisation du Revo-Condensor® nécessite une grande vitesse de rotation et un apprentissage.

Le Revo-Condensor® n'a pas été l'objet de diverses études ; seulement deux l'ont mis en quête : L'étude de Pierre PORTAL en 2014 ⁽²⁵⁾ et l'étude de Catherine WILCOCK en 2015⁽⁵⁵⁾.

En ce qui concerne la 2^{ème} technique ; Le compactage vertical à chaud manuel a été codifié par H. Schilder en 1974. Cette technique d'obturation se déroule en deux phases :

- La phase descendante qui permet l'obturation des canaux accessoires et du tiers apical.
- La phase ascendante qui permet l'obturation des deux tiers coronaires du canal en remplissant la partie coronaire du canal laissé vide lors de la phase descendante.

Le compactage vertical à chaud exploite les propriétés thermoplastiques de la gutta percha. L'application de chaleur et d'une pression contrôlée sur la gutta-percha permet d'adapter celle-ci à la morphologie canalaire, et permet d'obtenir une obturation tridimensionnelle sans risque de fracture instrumentale.

C'est une technique sûre et efficace, elle est encore considérée par un très grand nombre de praticiens comme étant la technique de référence en endodontie mais elle est très longue à mettre en œuvre, et ne convient pas pour les canaux courbes, ainsi qu'elle présente un risque d'extrusion.

Contrairement au Revo-Condensor ; Le compactage vertical à chaud était le centre d'intérêt d'une pléthore d'études : Peng et al en 2007⁽²⁾ ; Xuedong Zhou et al en 2007⁽⁵⁶⁾ ; Haute Autorité de Santé en 2008⁽²⁾ ; Candice Perry en 2013⁽⁵⁷⁾ ; Li et al en 2014 ⁽²⁾ ; Selem et al en 2014 ⁽²⁾ ; Keles et al 2014⁽²⁾ ; Setya et al 2014 ⁽²⁾ Josette Camilleri

en 2014⁽⁵⁸⁾ ; Xue-Jun Gao et al en 2016⁽⁵⁹⁾ ; Ho ES, Chang JW, Cheung GS en 2016⁽⁶⁰⁾ ; Punjabi M .en 2017⁽⁶¹⁾ ; Wang R en 2017⁽⁶²⁾ ; ; Kim JA en 2017⁽⁶³⁾ ; Yilmaz Z en 2017⁽⁶⁴⁾ ; Küçükkaya Eren S en 2017⁽⁶⁵⁾ ; Zogheib C et Naaman A et al en 2017⁽⁶⁶⁾ ; Tennert C, Schurig T et al en 2017⁽⁶⁷⁾ ; Jahreis M en 2017⁽⁶⁸⁾ ; De-Deus G en 2017⁽⁶⁹⁾ ; Torabinejad M en 2018⁽⁷⁰⁾.

Notre travail présente l'intérêt d'utiliser une étuve, il s'agit d'un appareil permettant de maintenir la température à 37° à 100% d'humidité dans laquelle les spécimens sont mis pendant 48h dans le but de reconstituer au mieux les conditions dans lesquelles se trouvent une dent en bouche, Ce qui engendre au même temps le ramollissement des matériaux thermoplastiques (la gutta percha) et la prise du ciment endodontique.

Le degré d'étanchéité et d'herméticité des obturations est déterminé par plusieurs méthodes telles que la pénétration bactérienne, la pénétration des radio-isotopes, l'infiltration des fluides, mais le plus souvent est décelé par le degré d'infiltration d'un indicateur coloré^(71, 72) en raison de sa simplicité, de son utilisation répandue dans le monde entier⁽⁷³⁾. Pitout et al. ont rapporté que la méthode de pénétration du colorant apporte des résultats similaires à la méthode de fuite bactérienne⁽⁷⁴⁾, considérée comme la plus pertinente sur le plan clinique⁽⁷⁵⁾. Notre choix a porté sur la pénétration du bleu de méthylène ou chlorhydrate de tétraméthylthionine en direction apico-coronaire. PATHOMVANICH et EDMUNDS estiment que le bleu de méthylène pénètre mieux que les radio-isotopes. Il a l'avantage d'être détectable à la lumière visible. Il est choisi préférentiellement pour ses caractéristiques de coloration importante, de solubilité dans l'eau et de poids moléculaire très faible. En fait, le choix du colorant doit se baser sur sa taille moléculaire qui doit être proche de la taille moléculaire des toxines bactériennes. Selon Oliver et coll. la taille des particules du bleu de méthylène est semblable à celle des substances bactériennes comme l'acide butyrique qui peut passer dans le périapex et irriter les tissus périapicaux. De même, De-Deus et coll. ont signalé qu'une corrélation existe entre la percolation du bleu de méthylène in vitro et la percolation des toxines bactériennes in vivo. Il permet également facilement la mesure quantitative de l'extension de pénétration de colorant par des techniques de mesure linéaire^(76, 77).

LINKANGWALMONKOL et coll. rapportent également que le bleu de méthylène n'est pas absorbé par les cristaux d'apatite de la matrice dentinaire et ne réagit pas chimiquement avec les éléments en présence.

C'est ainsi que notre choix s'est fixé sur le bleu de méthylène.

Le bleu de méthylène est prédominant dans les protocoles expérimentaux depuis 1980. Parmi lesquels on cite quelques études récentes : Robberecht.L et coll en 2012⁽⁷⁸⁾ ; Fathia.E en 2012⁽⁷⁹⁾ ; Joseph.R, Singh S. 2012⁽⁸⁰⁾ ; Emmanuel.S et al 2013⁽⁸¹⁾ ; Pusinanti.L et al 2013⁽⁸²⁾ ; Yazdizadeh.M et al 2013⁽⁸³⁾ ; Tanikonda.R et coll 2016⁽⁸⁴⁾ ; Al-Maswary.AA et al 2016⁽⁸⁵⁾ ; Srinidhi.V. Ballullaya et coll 2017⁽⁸⁶⁾ ; Lone.MM , Khan.FR , Lone.MA 2018⁽⁸⁷⁾ ; Lone MM , Khan FR 2018 et Khan TN, Abidi SYA 2018⁽⁸⁸⁾ .

Toutefois, d'autres colorants ont fait leur apparition comme l'encre de chine. AHLBERG et coll. en 1995 confrontent le bleu de méthylène à India Ink ou l'encre de chine. Ils trouvent une percolation plus importante avec le bleu de méthylène dans les mêmes conditions. Ils concluent que India Ink, de poids moléculaire plus élevé (d'environ 3 micromètres soit 30000 angströms (Å)) que le bleu de méthylène d'environ 16 Å) pénètre moins profondément.

Au niveau du délai avant immersion, aucune référence n'a été établie pour déterminer le temps après lequel les échantillons doivent être immergés dans la solution colorante. Les délais présents dans la littérature vont de un jour à 200 jours, la raison la plus fréquemment citée étant celle du délai nécessaire à la prise du ciment.

Les colorants peuvent présenter différentes tailles moléculaires, différentes charges ioniques, différents pH ou différentes réactivités chimiques. Ils vont réagir différemment en présence ou non de la boue dentinaire, en fonction des variations de température pendant le cycle expérimental. Par exemple, le bleu de méthylène, s'il est acide peut provoquer une déminéralisation de la dentine et avoir des conséquences structurales sur l'échantillon étudié.

De ce fait la solution du bleu de méthylène a été préparée avec de l'eau distillée pour obtenir un pH neutre.

STARKEY et coll. estiment que le bleu de méthylène doit être tamponné à pH 7 pour donner les résultats d'une solution aqueuse et non pas ceux d'un acide qui aurait alors l'inconvénient de dissoudre en partie la composante minérale de la dentine.

La concentration des colorants fait aussi l'objet de discussions ; elle a également un rôle à jouer mais aucune étude ne compare des concentrations différentes d'un même colorant dans un seul protocole.

Les concentrations utilisées varient entre 0.25 et 10% ; Dans notre étude La solution du bleu de méthylène a été préparée à 2%.

Quant à la durée d'immersion des dents dans la solution, elle était de 24 heures dans notre protocole.

Le temps d'immersion des échantillons dans la solution est encore débattu. Les auteurs recensés depuis 10 ans n'ont pas adopté de durée d'immersion standard. Les durées respectées par les auteurs vont de 24 heures à 2 semaines.

La pénétration du colorant ne serait pas un bon moyen d'étudier la percolation apicale car celle-ci ne serait pas uniforme le long des parois canalaire : la section nécessaire pour l'observation des échantillons qui se fait au hasard pourrait intéresser une zone de plus faible pénétration du colorant, non représentative de l'échantillon total. Ceci peut entraîner une surestimation ou une sous-estimation de la percolation réelle⁽⁴⁷⁾.

Il apparaît donc au vu de la littérature et de notre expérimentation la grande difficulté à pouvoir tirer des conclusions quantitatives suite aux résultats obtenus d'un test de pénétration de colorant.

Plusieurs techniques apportant des données semi-quantitatives sur le test de pénétration pour objectiver le phénomène de percolation. Elles sont basées sur l'appréciation visuelle et sur la supposition que la pénétration linéaire d'un traceur va indiquer l'étendue des défauts d'interface avec tous les problèmes que cela implique:⁽⁸⁹⁾

- Coupes longitudinales.
- Coupes transversales, perpendiculaires au grand axe de la dent.
- Technique d'éclaircissement.

Le plus souvent dans les études ainsi que dans la nôtre, les spécimens sont sectionnés longitudinalement selon leur grand axe ; C'est la technique la plus simple à mettre en œuvre, ainsi qu'elle permet une vue d'ensemble de la percolation. Elle montre l'étendue du colorant, sa répartition verticale et aussi son épaisseur.

Mais cette méthode est destructive et permet la mesure de percolation dans un seul plan de l'espace ce qui rend l'évaluation objective difficile.

Or la pénétration de colorant n'est pas homogène et le maximum de pénétration de colorant ne se situe pas forcément dans le plan de coupe sélectionné.

L'observation des héli-dents colorées fait appel à un microscope optique binoculaire afin d'enregistrer une mesure linéaire du maximum de pénétration, et de la localisation des défauts d'herméticité et une analyse morphologique fine des interfaces. Cette technique utilisée en corrélation avec d'autres méthodes (coloration, marquage fluorescent...) donne une image globale du comportement des matériaux d'obturation.

2. Discussion des résultats

2.1- Analyse des résultats radiographiques

Pour procéder à cette analyse on a eu recours à une évaluation menée par l'assurance maladie (Article publié en Avril-Juin 2003) qui se repose sur plusieurs critères (Vacuité, Présence de fracture instrumentale et Longueur d'obturation) codifiés en score.

- Présence d'une ou plusieurs vacuités (radioclarités) dans le traitement endodontique et/ou le long des parois canalaires (VAC) : Ce critère englobe la présence d'un contour périphérique irrégulier ou flou du scellement jusqu'à la présence d'une radioclarité en bordure ou au sein même du scellement. Il signe une insuffisance de contact pariétal du scellement.
- Présence d'un bris instrumental ne permettant pas l'obturation complète et hermétique du canal dentaire (FRI)^(90, 91) : Sont retenus dans ce critère, les bris instrumentaux laissant en aval plus de 2mm de lumière canalaire sans scellement. Cet accident peut être dû à une fatigue excessive des instruments endodontiques ou à une faute technique de l'opérateur (absence de contrôle de l'instrumentation, non-respect des règles de manipulation)
- Longueur d'obturation : Ce critère discute la présence d'un manque d'obturation le long du canal radiculaire, ce qui signifie une insuffisance du matériau d'obturation dans la partie apicale.

En se basant sur ces indices nous pouvons dire que les obturations par Revo-Condensor[®]

sont homogènes dans l'ensemble avec l'absence de vacuités le long de la paroi canalaire.

Ces résultats se concordent avec l'étude de Pierre PORTAL en 2014, et celle de Catherine WILCOCK en 2015 qui montrent toutes les deux que les obturations par Revo-Condensor[®] sont denses et homogènes.

Une seule fracture instrumentale a été décelée lors de l'obturation. Cela pourrait être expliqué par la vitesse élevée nécessaire à l'utilisation de cet instrument, ou aussi par la notion de torsion, qui se produit lors de l'engagement de l'instrument dans un canal de diamètre inférieur.

Cette fracture a été expliquée par François TIBER en 2015 par une torsion maintenue. L'instrument soumis à une torsion peut subir une déformation élastique dans un premier

temps mais reprendre sa forme initiale une fois la torsion s'arrête. Si la torsion est maintenue la déformation devient permanente, qui était le cas avec l'un de nos instruments Revo-Codensor[®] qui a été déformé. L'instrument atteint sa limite de déformation élastique et se fracture. Ce mode de fracture est aussi appelé fracture ductile.

L'étude de de Pierre PORTAL est la seule à discuter la fracture instrumentale, elle ne note aucune fracture lors de l'obturation par le Revo-Condensor[®].

En terme de longueur d'obturation 14 dents ne sont pas obturées à la longueur de travail et présentent un manque sur le 1/3 apical. Qui pourrait être justifié par un manque de thermoplastification de la gutta percha par l'instrument à ce niveau.

Ces résultats s'opposent à ceux de Pierre PORTAL en 2014 et Catherine WILCOCK en 2015 qui approuvent des obturations complètes dans l'ensemble par le Revo-Condensor[®].

Quant au compactage vertical à chaud, rares sont les études qui ont réalisé une analyse radiographique des obturations obtenues par cette technique.

La moitié des obturations de ce groupe présente des vacuités et donc une obturation non homogène. Cela est probablement dû à un manque de compactage apical causé par la progression insuffisante des fouloirs et éventuellement à l'absence de poussée verticale de la gutta percha. Venturi et Breschi (2004) ont signalé que le chauffage multiple a montré qu'il produisait des taux élevés de retrait de la gutta-percha⁽⁹²⁾. Il est possible que la gutta-percha chauffée se dilate autour des fouloirs au lieu d'être forcé dans les irrégularités. Ce pourrait être la raison pour laquelle la technique de compactage vertical à chaud a montré moins de pourcentage de surface remplie de gutta-percha.

Nos résultats ne s'accordent pas avec ceux de MBATHIO DIOP en 2008 qui a montré que le compactage vertical à chaud présente des obturations homogènes et sans vacuités.

Le compactage vertical à chaud semble avoir de bons résultats sur le plan de la longueur d'obturation. Ce qui est semblable à l'étude de MBATHIO DIOP en 2008⁽²⁴⁾.

Radiologiquement, il semble que les obturations canalaires réalisées par le Revo-Condensor[®] sont plus homogènes que celle obtenues par compactage vertical à chaud.

23 obturations homogènes sur tout le long du canal par Revo-Condensor[®] contre 19 avec le compactage vertical à chaud. De plus les obturations faites par compactage vertical à chaud présentent plus de défauts d'obturation.

A partir du test de chi-deux nous constatons qu'il n'existe pas une différence significative entre le groupe obturé par le Revo-Condensor et celui obturé par compactage vertical à chaud.

Sur le plan de la longueur d'obturation, les résultats montrent que l'obturation est plus proche de la longueur de travail dans le compactage vertical à chaud ; 29 dents contre 19 avec le Revo-Condensor®.

Le test de chi-deux montre une différence statistiquement significative entre les deux techniques, le niveau de signification a été maintenu de 0,014.

2.2- Analyse des résultats de percolation apicale

Pour l'établissement de cette analyse nous nous sommes réfugiées à un système de scores établi par Aminoshariae et coll⁽⁹³⁾.

Aucune étude portant sur le Revo-Condensor et le compactage vertical à chaud n'a eu recours aux scores de pénétration de colorant utilisés dans notre étude.

Une obturation parfaite représente le score « 1 » de pénétration de colorant selon les critères d'Aminoshariae, seulement 3% des dents obturées par Revo-condensor® présentent une obturation parfaite selon les scores estimés, définie par l'absence totale du colorant le long des parois canalaires.

Nous constatons que les obturations par Revo-Condensor® présentent, une moyenne de « 2 » du score indiquant l'étendu du colorant sur moins que la moitié du périmètre du canal.

La remontée de colorant est expliquée par l'absence d'étanchéité apicale de l'obturation, ainsi que par l'obturation incomplète précédemment observée radiologiquement.

Le pourcentage de la remontée de colorant pour ce groupe est moyennement de 21% qui est un peu inférieur à la moyenne de remontée de colorant (37,58%) de l'étude de Pierre PORTAL en 2014⁽²⁵⁾.

Nos résultats sont en conformité avec l'étude de Mente and coll en 2007⁽⁹⁴⁾ qui montrent que le Revo-Condensor® procure une percolation apicale comparable ; et celle de MOURLAN Loïc en 2013⁽⁹⁵⁾ qui a rapporté que la percolation apicale par Revo-Condensor est moyenne.

Pour le 2eme groupe représenté par la technique de compactage vertical à chaud nous remarquons que les obturations présentent la moyenne des scores similaires à celle du Revo-Condensor®.

Uniquement 9,09% des obturations par compactage vertical à chaud peuvent être considérées comme étant parfaites, ayant un score de « 1 ».

Le pourcentage de remontée de colorant constaté pour le compactage vertical à chaud est de 16%.

Nos résultats se conforment avec les résultats obtenus dans l'étude de MOURLAN Loïc en 2013⁽⁹⁵⁾ qui a conclu que la percolation apicale marquée lors de l'obturation par le compactage vertical à chaud est faible ; aussi avec l'étude de Pitout.E en 2009, la percolation des échantillons obturés par condensation verticale à chaud, est peu importante ; pareillement, Selon Bhambhani en 2014 la condensation vertical à chaud en terme d'étanchéité apicale offre le moins de fuite apicale.

Cependant la comparaison entre les deux techniques ne révèle pas d'une différence statistiquement significative.

Aucune technique ne permet d'empêcher la survenue de percolation (De Moor et De Boever, 2000)⁽³⁷⁾

De ce fait, il n'existe pas de technique parfaite, chacune a ses avantages et ses inconvénients.

Tableau 14: Tableau récapitulatif des avantages et inconvénients des deux techniques expérimentées.

	Compactage vertical à chaud	Thermocompactage par Revo condensor®
Apprentissage	Difficile	Difficile
Facilité de la technique	Difficile	Difficile
Durée de l'obturation	Très longue	Rapide
Spécificité de la conicité	Les fouloirs doivent descendre dans le canal	Courbure contre-indiquées
Longueur d'obturation	Respectée	Moins respectée
Homogénéité	Moyenne	Bonne
Risque de fracture instrumentale	Non	Oui
Obturation tridimensionnelle	Oui	Oui
Etanchéité apicale	Bonne	Moyenne
Coût	Faible	Modéré

3. Difficultés et contraintes de notre étude

Durant notre étude nous étions confrontés à de nombreuses difficultés :

- Notre étude est originale, ce qui a restreint nos ressources (l'absence des références et les travaux similaires ayant rapport avec notre étude).
- La taille de l'échantillon est limitée, dû à la courte durée de l'étude et au protocole très long.
- Les conditions de travail et le manque d'instrumentation et des moyens adaptés (on était obligé de ramener nous même le microscope optique d'un autre établissement)
- Le test de percolation souffre de nombreuses divergences de protocole : principalement les colorants utilisés, les modes d'observation et les types de mesures.
- La non coopération des responsables pour l'obtention des autorisations concernant l'utilisation de certains matériels, ce qui a prolongé la durée de notre étude.
- Absence de source de refroidissement qui a rendu les coupes difficiles et très gênantes pour nous surtout ainsi que pour notre entourage.
- Les difficultés rencontrées par rapport à la préparation canalaire : formation répétée des bouchons dentinaires, le souci principal des expériences ex-vivo qui se servent de dents sèches.
- L'absence du réchauffeur ou Heat-carrier pour réchauffer la gutta percha lors du compactage vertical à chaud.

Recommandations

L'analyse des nombreux articles traitant le sujet d'herméticité, nous enseigne que:

- La recherche de l'herméticité est aujourd'hui un problème majeur de l'endodontie.
- Pour améliorer les chances de succès du traitement endodontique, il ne faut négliger aucun aspect thérapeutique : analyse préopératoire, préparation, obturation et scellement coronaire. Les éléments les plus performants concernant chaque étape thérapeutique, s'ajoutent en termes de qualité d'herméticité.
- Le niveau d'expérience et de maîtrise clinique et technique de l'opérateur influe de manière considérable sur la qualité de l'obturation.
- Les techniques de préparation et d'obturation radiculaire ont beaucoup évolué et évolueront encore.

Dans l'état actuel des connaissances, nous savons que la réalisation d'un traitement endodontique le plus hermétique possible obéit à certaines conditions qui peuvent se résumer dans les points suivants qu'on appellera points cardinaux de l'herméticité :

- Détermination exacte de la longueur de travail.
- Technique de préparation apportant une bonne conicité.
- Technique d'obturation tridimensionnelle.
- Scellement coronaire performant.

Chapitre V

Conclusion

Conclusion

Le succès du traitement endodontique dépend de la technique d'obturation canalaire utilisée et de la capacité de l'opérateur à sceller de manière tridimensionnelle tout le canal radiculaire principal et ses collatéraux secondaires et accessoires.

La tendance actuelle est à l'utilisation de l'instrumentation unique afin de simplifier les protocoles opératoires tout en gardant un maximum de sécurité. Cela est aussi vrai pour l'obturation endodontique avec l'utilisation du **Revo Condensor®**, un compacteur unique en Ni-Ti qui nous a permis de faciliter l'obturation par thermocompactage ainsi qu'un gain de temps dans notre course contre la montre dans notre métier.

D'un autre côté le **compactage vertical à chaud** est une technique aussi performante fondée sur les propriétés thermoplastiques de la gutta percha.

Dans ce travail, nous avons comparé ces deux techniques sur le plan radiologique et microscopique après une fuite apicale et nous avons conclu qu'une technique parfaite n'existe pas, chacune a ses avantages et ses inconvénients et donc quelque soit la technique d'obturation utilisée le praticien reste le seul juge du choix thérapeutique en fonction du patient, de la situation clinique, et de ses propres compétences.

Les études in vitro n'étant pas suffisantes pour juger la qualité de l'obturation destinée à un usage clinique ; Aucune méthode n'est reconnue universellement et aucune méthode ne reproduit parfaitement le mécanisme complexe qui conduit à une infection apicale dans le cadre d'une obturation radiculaire, pour ce fait une étude sur des dents naturelles s'avère nécessaire pour compléter les données et d'observer le comportement des instruments et des matériaux au contact des tissus dentaires minéralisés.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

1. ØRstavik D. Materials used for root canal obturation: technical, biological and clinical testing. *Endodontic topics*. 2005;12(1):25-38.
2. Suso E. EVALUATION DE L'ETANCHEITE DE DEUX TECHNIQUES D'OBTURATION CANALAIRE EN MICROSCOPIE CONFOCALE. 2016:77.
3. Vincent M. Obturation canalaire en endodontie: techniques actuelles: UHP-Université Henri Poincaré; 2011.
4. Stéphane SIMON PM, Wilhelm-Joseph PERTOT. ENDODONTIE: CDP; 2012. 514 p.
5. Torabinejad M, Fouad A, Walton RE. *Endodontics-e-book: Principles and practice*: Elsevier Health Sciences; 2014.
6. Gutie JH. Microscopic and macroscopic investigation on results of mechanical preparation of root canals. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*. 1968;25(1):108-16.
7. Nallapati S. Anatomie canalaire et traitement endodontique. *Revue d'odontostomatologie*. 2010;39(4):239-62.
8. Nacoulma M. Etude des traitements endodontiques des dents à morphologie complexe: cas de canaux courbes. *Th Chir Dent, Dakar*. 1998(26).
9. Vertucci FJ. Root canal anatomy of the human permanent teeth. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology*. 1984;58(5):589-99.
10. Alexia F. La configuration canalaire de la racine mesio-vestiulaire des molaires maxillaires : Implications physico-pathologiques et conséquences cliniques FACULTE D'ODONTOLOGIE DE NANCY; 2015.
11. Ahmed H, Neelakantan P, Dummer P. A new system for classifying accessory canal morphology. *International endodontic journal*. 2018;51(2):164-76.
12. OLIVIER V. *l'endodontie*. 2012.
13. Schilder H. Filling root canals in three dimensions. *Journal of endodontics*. 2006;32(4):281-90.
14. RENAUD C. Le soin pulpaire chez l'enfant. UNIVERSITE DE LORRAINE FACULTE D'ODONTOLOGIE 2015:189.
15. Gunnar Berhenhoits ;Prebenllorsted-Biuds lev ; Claesreit *textbook of endodontology : second edition 2010 Blackwell publishing Ltd2010*.
16. Gardon N. Le champs opératoire en endodontie et (ailleurs) l'élément primordial du succès. 2016.

17. Laëtitia B. LA DIGUE: RECOMMANDATIONS THEORIQUES ET USAGES AU CABINET DENTAIRE: UNIVERSITE DE NANTES; 2013.
18. Raja BMBHB. Evaluation clinique et radiologique du traitement des parodontites péri apicales chroniques en une séance versus multiples séances. 2017.
19. LUGAND M. Les ultrasons en odontologie conservatrice et en endodontie. 2013.
20. Dahan S. Determination de la longueur de travail. 2006.
21. Bun San Chong B, Eng LFR. Harty's Endodontics in Clinical Practice, 6e. 2010.
22. Castelo-Baz P, Varela-Patiño P, Ruíz-Piñón M, Abella F, Miguéns-Vila R, Martín-Biedma B. Continuous Apical Negative-Pressure Ultrasonic Irrigation (CANUI): a new concept for activating irrigants. *Journal of clinical and experimental dentistry*. 2017;9(6):e789.
23. Ingle JJ, Beveridge EE, Glick DH, Weichman JA, Abou-Rass M. Modern endodontic therapy. *Endodontics*. 1994;2:1-57.
24. Fatou L. L'obturation Du Systeme Canalaire Bilan Des Cinq Techniues Experimentees Au Departement d'odontologie De Dakar: UNIVERSITE CHEIKH ANTA DIOP DE DAKAR; 1977.
25. Portal P. Étude comparative de deux techniques d'obturation canalaire par thermocompactage: Gutta Condensor® et Revo Condensor®. 2014.
26. Endodontology ESo. Quality guidelines for endodontic treatment: consensus report of the European Society of Endodontology. *International Endodontic Journal*. 2006;39(12):921-30.
27. Pertot W-J, Simon S. Le traitement endodontique: Quintessence international; 2003.
28. JORDANA F. CP, COLAT-PARROS J. La GuttaPercha. Societe Francophone de Biomateriaux Dentaires ; © Université Médicale Virtuelle Franco phone. 2009-2010.
29. Humeau X. Comparaison de 3 matériaux d'obturation endocanalaire (Gutta-percha, Resilon et EndoRez) 2012.
30. Fransen JN, He J, Glickman GN, Rios A, Shulman JD, Honeyman A. Comparative assessment of ActiV GP/glass ionomer sealer, Resilon/Epiphany, and gutta-percha/AH plus obturation: a bacterial leakage study. *Journal of endodontics*. 2008;34(6):725-7.
31. Balbi S. Evaluation comparée de l'étanchéité et de l'herméticité canalaire de deux ciments de scellment endodontique. 2016:74.
32. Pommel L, Camps J. In vitro apical leakage of system B compared with other filling techniques. *Journal of Endodontics*. 2001;27(7):449-51.

33. Lee M, Winkler J, Hartwell G, Stewart J, Caine R. Current trends in endodontic practice: emergency treatments and technological armamentarium. *Journal of endodontics*. 2009;35(1):35-9.
34. Simon S, Machtou P, Pertot W-J. JPIO Endodontie. Quintessence international, nov 2003. 2012.
35. Schilder H. Vertical compaction of warm gutta-percha. *Techniques in clinical endodontics*: WB Saunders, Philadelphia; 1983. p. 76-98.
36. Péli J-F, Oriez D. Obturation canalaire.
37. Vincent D. Dépassements de matériaux d'obturation canalaire dans le sinus maxillaire: étiologies, diagnostic, conséquences et traitements: UHP-Université Henri Poincaré; 2011.
38. Schäfer E, Nelius B, Bürklein S. A comparative evaluation of gutta-percha filled areas in curved root canals obturated with different techniques. *Clinical oral investigations*. 2012;16(1):225-30.
39. Carvalho-Sousa B, Almeida-Gomes F, Carvalho PRB, Maníglia-Ferreira C, Gurgel-Filho ED, Albuquerque DS. Filling lateral canals: evaluation of different filling techniques. *European journal of dentistry*. 2010;4(3):251.
40. Kfir A, Basrani B. General principles of radiology in endodontics. *Endodontic radiology* 2nd ed West Sussex: Wiley-Blackwell. 2012:5-17.
41. Wu MK, Wesselink P. A primary observation on the preparation and obturation of oval canals. *International Endodontic Journal*. 2001;34(2):137-41.
42. Anima B, Asmaa K. ETUDE EXPÉRIMENTALE DE L'ÉTANCHÉITÉ APICALE DES OBTURATIONS CANALAIRES: COMPARAISON ENTRE DEUX MÉTHODES D'OBTURATION: LA CONDENSATION LATÉRALE A FROID ET A LA TECHNIQUE MOMO-CÔNE UNIVERSEL MODIFIÉE. 2013.
43. Médioni E. Obturation canalaire. EMC d'odontologie. 1995.
44. Arens D.E GAH, Peters C.I, Peters O.A. Endodontic obturation in "Practical lessons in endodontic treatment". Quintessence Publishing Co, Hanover Park. 2009:233-8.
45. S. HVA. Sealing ability of three hydrophilic single-cone Obturation Systems: An in vitro glucose leakage study;. *Contemp Clin Dent*;. 2015.
46. HAS. Traitement endodontique. Rapport d'évaluation technologique 2008.
47. Veríssimo DM, do Vale MS. Methodologies for assessment of apical and coronal leakage of endodontic filling materials: a critical review. *Journal of oral science*. 2006;48(3):93-8.
48. Loret A. Étanchéité des matériaux d'obturations coronaires temporaires en endodontie 2012.

49. Mathur R, ShaRMA M, ShaRMA D, RaiSingani D, Vishnoi S, Singhal D, et al. Evaluation of Coronal Leakage Following Different Obturation Techniques and in-vitro Evaluation Using Methylene Blue Dye Preparation. *Journal of clinical and diagnostic research: JCDR*. 2015;9(12):ZC13.
50. Torabinejad M, Ung B, Kettering JD. In vitro bacterial penetration of coronally unsealed endodontically treated teeth. *Journal of Endodontics*. 1990;16(12):566-9.
51. Haikel Y, Freymann M, Fanti V, Claisse A, Poumier F, Watson M. Apical microleakage of radiolabeled lysozyme over time in three techniques of root canal obturation. *Journal of endodontics*. 2000;26(3):148-52.
52. WU MK, Gee AD, Wesselink P, Moorer W. Fluid transport and bacterial penetration along root canal fillings. *International Endodontic Journal*. 1993;26(4):203-8.
53. Brosco VH, Bernardineli N, Torres SA, Consolaro A, Bramante CM, de Moraes IG, et al. Bacterial leakage in obturated root canals—part 2: a comparative histologic and microbiologic analyses. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology and Oral Radiology*. 2010;109(5):788-94.
54. Shemesh H, Souza E, Wu MK, Wesselink P. Glucose reactivity with filling materials as a limitation for using the glucose leakage model. *International endodontic journal*. 2008;41(10):869-72.
55. WILCOCK C. L'obturation canalaire avec le Revo-Condensor : étude expérimentale sur le choix et l'ajustage du cône de gutta percha. 2015.
56. Peng L, Ye L, Tan H, Zhou X. Outcome of root canal obturation by warm gutta-percha versus cold lateral condensation: a meta-analysis. *Journal of Endodontics*. 2007;33(2):106-9.
57. Perry C, Kulild JC, Walker MP. Comparison of warm vertical compaction protocols to obturate artificially created defects in the apical one-third. *Journal of endodontics*. 2013;39(9):1176-8.
58. Camilleri J. Sealers and warm gutta-percha obturation techniques. *Journal of endodontics*. 2015;41(1):72-8.
59. Qu W, Bai W, Liang Y-H, Gao X-J. Influence of warm vertical compaction technique on physical properties of root canal sealers. *Journal of endodontics*. 2016;42(12):1829-33.
60. Ho ESS, Chang JWW, Cheung GSP. Quality of root canal fillings using three gutta-percha obturation techniques. *Restorative dentistry & endodontics*. 2016;41(1):22-8.
61. Punjabi M, Dewan RG, Kochhar R. Comparative evaluation of fracture resistance of root canals obturated with four different obturating systems. *Journal of Conservative Dentistry*. 2017;20(6):445.

62. Cen R, Wang R, Cheung GS. Periodontal Blood Flow Protects the Alveolar Bone from Thermal Injury during Thermoplasticized Obturation: A Finite Element Analysis Study. *Journal of endodontics*. 2018;44(1):139-44.
63. Kim J-A, Hwang Y-C, Rosa V, Yu M-K, Lee K-W, Min K-S. Root Canal Filling Quality of a Premixed Calcium Silicate Endodontic Sealer Applied Using Gutta-percha Cone-mediated Ultrasonic Activation. *Journal of endodontics*. 2018;44(1):133-8.
64. YILMAZ Z, EREN SK, UZUNOĞLU E, GÖRDUYSUS M, GÖRDUYSUS MÖ. Interaction of backfilling techniques and MTA plugs with additives: Fracture strength and adaptation analyses. *Dental materials journal*. 2017;36(6):809-15.
65. Eren KS, Örs AS, Yılmaz Z. Effect of Post Space Preparation on Apical Obturation Quality of Teeth Obturated with Different Techniques: A Micro-ct Study. *Journal of Endodontics*. 2017;43(3):e15.
66. Zogheib C, Hanna M, Pasqualini D, Naaman A. Quantitative volumetric analysis of cross-linked gutta-percha obturators. *Annali di stomatologia*. 2016;7(3):46.
67. Tennert C, Schurig T, Al-Ahmad A, Strobel SL, Kielbassa AM, Wrbas K-T. Antimicrobial influence of different root canal filling techniques in experimentally infected human root canals. *Quintessence International*. 2017;48(4).
68. Krug R, Krastl G, Jahreis M. Technical quality of a matching-taper single-cone filling technique following rotary instrumentation compared with lateral compaction after manual preparation: a retrospective study. *Clinical oral investigations*. 2017;21(2):643-52.
69. De-Deus G, Belladonna F, Silva E, Souza E, Carvalhal J, Perez R, et al. Micro-CT assessment of dentinal micro-cracks after root canal filling procedures. *International endodontic journal*. 2017;50(9):895-901.
70. Keleş A, Torabinejad M, Keskin C, Sah D, Uzun İ, Alçın H. Micro-CT evaluation of voids using two root filling techniques in the placement of MTA in mesial root canals of Vertucci type II configuration. *Clinical oral investigations*. 2017:1-7.
71. Fróes JAV, Horta HGP, da Silveira AB. Smear layer influence on the apical seal of four different obturation techniques. *Journal of endodontics*. 2000;26(6):351-4.
72. SIMON S. L'obturation canalaire (3ème partie) Système de gutta chaude: Système B®. 2007.
73. Schirrmester JF, Kielbassa A. Coronal leakage of calcium phosphate-based root canal sealers compared with usual sealers. *SCHWEIZER MONATSSCHRIFT FÜR ZAHNMEDIZIN*. 2006;116(3):224.
74. Pitout E, Oberholzer TG, Blignaut E, Molepo J. Coronal leakage of teeth root-filled with gutta-percha or Resilon root canal filling material. *Journal of Endodontics*. 2006;32(9):879-81.

75. Torabinejad M, Rastegar AF, Kettering JD, Ford TRP. Bacterial leakage of mineral trioxide aggregate as a root-end filling material. *Journal of endodontics*. 1995;21(3):109-12.
76. Roy D, Chowdhury F, Shaik MM, Alam MK. Apical sealing ability of resilon/epiphany system. *Dental research journal*. 2014;11(2):222.
77. Bodrumlu E. Apical leakage of ResilonTM obturation material. *J Contemp Dent Pract*. 2006;7:1-6.
78. Robberecht L, Colard T, Claisse-Crinquette A. Qualitative evaluation of two endodontic obturation techniques: tapered single-cone method versus warm vertical condensation and injection system an in vitro study. *Journal of oral science*. 2012;54(1):99-104.
79. Fathia E, Abu-bakr NH, Yahia I. A comparative study of the microleakage of resilon/epiphany and gutta-percha/AH-plus obturating systems. *Iranian endodontic journal*. 2012;7(3):139.
80. Joseph R, Singh S. Evaluation of apical sealing ability of four different sealers using centrifuging dye penetration method: An in vitro study. *J Contemp Dent Pract*. 2012;13(6):830-3.
81. Emmanuel S, Shantaram K, Sushil KC, Manoj L. An in-vitro evaluation and comparison of apical sealing ability of three different Obturation technique-lateral condensation, Obtura II, and Thermafil. *Journal of international oral health: JIOH*. 2013;5(2):35.
82. Pusinanti L, Rubini R, Pellati A, Zerman N. A simplified post preparation technique after Thermafil obturation: evaluation of apical microleakage and presence of voids using methylene blue dye penetration. *Annali di stomatologia*. 2013;4(2):184.
83. Yazdizadeh M, Bouzarjomehri Z, Khalighinejad N, Sadri L. Evaluation of apical microleakage in open apex teeth using MTA apical plug in different sessions. *ISRN dentistry*. 2013;2013.
84. Tanikonda R, Nalam PN, Sajjan GS, Lakshmi BV, Varma KM, Satish RK. Evaluation of the Quality of Obturation with Obtura at Different Sizes of Apical Preparation Through Microleakage Testing. *Journal of clinical and diagnostic research: JCDR*. 2016;10(4):ZC35.
85. Al-Maswary AA, Alhadainy HA-H, Al-Maweri SA. Coronal microleakage of the resilon and gutta-percha obturation materials with epiphany SE Sealer: An in-vitro Study. *Journal of clinical and diagnostic research: JCDR*. 2016;10(5):ZC39.
86. Ballullaya SV, Vinay V, Thumu J, Devalla S, Bollu IP, Balla S. Stereomicroscopic Dye Leakage Measurement of Six Different Root Canal Sealers. *Journal of clinical and diagnostic research: JCDR*. 2017;11(6):ZC65.
87. Lone MM, Khan FR. Evaluation of micro leakage of root canals filled with different obturation techniques: An in vitro study. *Journal of Ayub Medical College Abbottabad*. 2018;30(1):34-9.

88. Lone MM, Khan FR, Lone MA. Evaluation of Microleakage in Single-Rooted Teeth Obturated with Thermoplasticized Gutta-Percha Using Various Endodontic Sealers: An In-Vitro Study. *Journal of the College of Physicians and Surgeons--Pakistan: JCPSP*. 2018;28(5):339-43.
89. Olivier C. Etanchéité apicale de ciments canalaires: revue de littérature et expérimentation: UHP-Université Henri Poincaré; 2002.
90. Hess J, Medioni E, Vene G. Therapeutique endodontique. Ensemble pulpodentarie. Pulpotomie. *Encycl Med Chir Odontologie*. 2002(1):201-15.
91. Scully C. *Medical Problems in Dentistry E-Book*: Elsevier Health Sciences; 2010.
92. Bhambhani SM, Sprechman K. Microleakage comparison of thermafil versus vertical condensation using two different sealers. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology*. 1994;78(1):105-8.
93. Aminoshariae A, Hartwell GR, Moon PC. Placement of mineral trioxide aggregate using two different techniques. *Journal of Endodontics*. 2003;29(10):679-82.
94. Mente J, Werner S, Koch MJ, Henschel V, Legner M, Staehle HJ, et al. In vitro leakage associated with three root-filling techniques in large and extremely large root canals. *Journal of endodontics*. 2007;33(3):306-9.
95. Mourlan L. Pénétration de ciment de scellement endodontique dans les tubules dentinaires: pré-étude en microscopie à fluorescence de trois techniques d'obturation 2013.

Annexes

Annexes

Tlemcen le 17 Octobre 2017

Etudiants en 6^{ème} année encadrés par Dr.HIMEUR :

- MOHAMMED BELARBI Menel
- BOUAZZI Sarah
- MOULKRALOUA NESRINE

Endodontie
 Odontologie Conservatrice
 Maître Assistante CHU Tlemcen
 Dr. HIMEUR B. sp. BENZINEB

**A Monsieur le chef de département de médecine dentaire
PR. OUDGHIRI**

Objet : Demande d'une autorisation pour travailler au laboratoire .

Nous avons l'honneur de solliciter de votre bienveillance de bien vouloir nous accorder la permission d'exercer la partie expérimentale de notre étude de thèse au sein du laboratoire

La période exacte vous sera communiquée dès sa fixation par l'enseignante encadrant , elle se situera entre le mois de novembre 2017 et le mois de janvier 2017.

Dans l'attente de votre réponse favorable, veuillez agréer monsieur le chef de département l'expression de notre profond respect .

Signature du chef de département :

Dr. P. Oudghiri


 رئيس قسم طب الأسنان
 مستشفى مصطفى باي
 تلمسان

Résumé

Objectif :

L'objectif est d'évaluer deux techniques expérimentées « thermocompactage par le Revo condensor® versus compactage vertical à chaud manuel » en terme d'étanchéité apicale ainsi que la qualité radiologique des obturations canalaires.

Méthodologie :

Il s'agit d'une étude expérimentale qui consiste à comparer le degré d'étanchéité apicale procurée par deux techniques « thermocompactage par le Revo Condensor® versus compactage vertical à chaud manuel » en effectuant une fuite apicale à l'aide d'un test de pénétration de colorant.

L'étude s'est déroulée au sein du service d'odontologie conservatrice, le laboratoire d'OCE ainsi qu'au niveau du laboratoire d'histologie au sein de la faculté de médecine Tlemcen entre Octobre 2017 et Avril 2018.

Un échantillon composé de 70 dents humaines, monoradiculées, réparties selon une randomisation. Les paramètres étudiés radiologiquement étaient: la longueur et la densité de l'obturation et la survenue d'une erreur iatrogène. Après avoir séjourné dans une étuve à 37°C à 100% d'humidité. Les dents étaient immergées par leur extrémité apicale dans une solution de bleu de méthylène à 2% pendant 24h. La mesure de la percolation des coupes longitudinales des dents a été vérifiée par un microscope binoculaire. Les données ont été analysées statistiquement en utilisant le test khi-deux.

Résultat :

Il n'y a pas eu de différence significative entre les deux techniques d'obturation (p value > 0,05) sauf au niveau du paramètre de la longueur d'obturation où le compactage vertical à chaud a montré de meilleurs résultats.

Conclusion :

Les résultats de cette étude suggèrent que le test de pénétration de colorant peut ne pas être le paramètre d'évaluation le plus tranchant lorsqu'on tente de déterminer le degré d'étanchéité des obturations du canal radiculaire.

Mots clés : obturation canalair -compactage vertical à chaud – Revo-Condensor® -Thermocompactage- percolation apical - bleu de méthylène-homogénéité- longueur d'obturation.

Abstract :

The objective is to evaluate two techniques, "thermocompaction by Revo condensor® vs warm vertical compaction" in terms of apical sealing and the radiological quality of root canal filling.

Methodology: This is an experimental study that compares the degree of apical sealing provided by two techniques "thermocompacting by Revo Condensor® versus warm vertical compaction" by apical leakage using a dye test. The study was realised in the department of dentistry, the laboratory of histology in the faculty of medicine Tlemcen between October 2017 and April 2018. After access cavity preparation and canal preparation in 70 teeth, they were randomly divided into two groups and filled with two different obturation. The parameters studied radiologically in this study were: the length and the density of the obturation and the occurrence of an iatrogenic error. After staying in an oven at 37 ° C at 100% humidity. Teeth were placed in 2.0% methylene blue solution, sectioned longitudinally, observed under microscope. Amount of dye penetration was measured in millimetre from apex to most coronal part of dye penetration. Data was analysed using SPSS 21.0. Fisher's test and chi-square test was applied to compare micro leakage values in the two study groups. Level of significance was kept at 0.05.

Results : There was no significant difference between the two techniques (p value <0.05) except at the work length where warm vertical compaction showed better results.

Conclusion : The results of this study suggest that the dye penetration test may not be the best way for evaluation when we try to determine the degree of root canal fillings.

Key words: root canal filling - warm vertical compaction - Revocondensor® - apical percolation - methylene blue - homogeneity –work length.

نبة مختصرة : الهدف هو عمل مقارنة علمية لتقييم نظامين من الانظمة المستعملة في التكتيف العمودي لحشو جذور الاسنان ... نظام التكتيف الميكانيكي العمودي الخاص بشركة ميكرو ميغا ريفونكتيف ونظام التكتيف العمودي الحراري التقليدي.

الطريقة : تم استعمال تجربة اختبار التسرب القمي لمعرفة مدى دقة الختم الذروي عند استعمال النظامين سابقا الذكر في حشو الجذور ومدى الازاحة الحاصلة على مستوى الذروة .. الدراسة تمت على مستوى مصالحة الترميم و المعالجة اللبية للأسنان ، قسم طب الأسنان، كلية الطب بتلمسان بالتعاون مع قسم علم الأنسجة الكائن بجامعة تلمسان ، مدة الدراسة حددت في الفترة الزمنية بين شهري اكتوبر 2017 وشهر ابريل 2018 . تم استعمال 70 سن بشري أحادي الجذور، تم اختيار الأسنان بعد القيام بقرعة، من ثم تمت مراقبة نتيجة الدراسة على الأسنان بواسطة الأشعة لمراقبة دقة الطول والتكتيف لحشوات الجذور مراعين وجود عامل الخطأ البشري. بعد وضع الاسنان في فرن بدرجة حرارة 37 سيلسيوس ورطوبة 100 بالمئة .. تم غمر الأسنان من الناحية الذروية بمحلول أزرق الميتيل بتركيز 2 بالمئة بعدها تمت مراقبة الترشيح الحاصل على مستوى المقطع الطولي للأسنان بواسطة مجهر ثنائي العدسات مع تحليل النتائج المتحصل عليها إحصائيا. **النتائج :** لم تظهر النتائج أي فروقات تذكر بين النظامين المستعملين بالتكتيف العمودي مع أفضلية بسيطة لنظام التكتيف العمودي الحراري التقليدي. **الاستنتاج :** الدراسة أظهرت أن استعمال تقنية اختبار التسرب القمي ليست دقيقة بشكل كافي لتحديد نوعية الختم الذروي الافضل بين النظامين وكذلك للفصل بين نوعية الحشوات اللبية.

الكلمات المفتاحية : حشوات جذور الاسنان ...تكتيف عمودي حراري ...تكتيف عمودي ميكانيكي ..ختم ذروي

...محلول الميتيلين الازرق ..تجانس