

UNIVERSITE DE NANTES

UNITE DE FORMATION ET DE RECHERCHE
D' ODONTOLOGIE

Année 2006

Thèse n° 1

Etude expérimentale du système d'irrigation endodontique
Rinsendo®

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

*Présentée
et soutenue publiquement par :*

Mademoiselle POUCH Daphné
Née le 10/01/1981

Le 06/01/2006, devant le jury ci-dessous :

Président : Monsieur le Professeur H. HAMEL
Assesseur : Monsieur le Docteur D. MARION
Assesseur : Mademoiselle le Docteur V. ARMENGOL

Directeur de thèse : Monsieur le Professeur O. LABOUX
Co-Directeur de thèse : Monsieur le Professeur P. CALAS

Table des matières

Table des matières.....	1
-------------------------	---

Introduction

1. <u>Caractéristiques de l'endodonte et des tissus dentaires</u>	9
2. <u>L'enduit pariétal nécrotique = boue dentinaire = smear layer</u>	9
3. <u>Infection de l'endodonte</u>	11
4. <u>L'irrigation canalaire</u>	12

Chapitre I. : les différents agents d'irrigation canalaire

1. <u>Définition</u>	15
2. <u>Eau</u>	15
2.1. <u>Eau distillée, stérile ou chauffée</u>	
2.2. <u>Eau ozonée</u>	
2.3. <u>Eau activée électrochimiquement</u>	
3. <u>Sérum physiologique et solutions salines</u>	17
4. <u>Composés acides (ions H⁺)</u>	18
5. <u>Bases (ions OH⁻)</u>	20
6. <u>Abaisseurs de la tension superficielle</u>	20
7. <u>Peroxyde d'hydrogène (H₂O₂) 10 volumes</u>	20
8. <u>Alcool</u>	22
9. <u>Solution de métronidazole</u>	22
10. <u>Cetrimide</u>	22
11. <u>Produits à base de chlorhexidine</u>	23
12. <u>Acide éthylène diamine tétra-acétique (EDTA)</u>	25
13. <u>Dérivés chlorés</u>	28
13.1. <u>Chloramine (NCl)</u>	
13.2. <u>Dichloroisocyanate de sodium (DCClNa)</u>	
13.3. <u>Hypochlorite de sodium</u>	

Chapitre 2. : les différentes techniques d'irrigation canalaire

1. <u>Irrigation manuelle : seringue + aiguille</u>	37
2. <u>Irrigation ultrasonique</u>	37
3. <u>Irrigation mécanisée : système RINSENDOR®</u>	39
4. <u>Conséquences d'une pression d'éjection excessive</u>	40

Chapitre 3. Evaluation du système d'irrigation canalaire Rinsendo®

1. <u>Introduction</u>	44
2. <u>But</u>	44
3. <u>Matériel et méthodes</u>	44
4. <u>Résultats</u>	48
4.1. <u>Statistique descriptive</u>	
4.2. <u>Statistique analytique</u>	
5. <u>Discussion</u>	72
5.1. <u>Mise en œuvre des expérimentations</u>	
5.1.1. <u>Les traitements endodontiques</u>	
5.1.2. <u>La coupe des échantillons</u>	
5.1.3. <u>Les observations au MEB</u>	
5.2. <u>Résultats</u>	

<u>Conclusion</u>	75
--------------------------------	----

<u>Annexe</u>	76
----------------------------	----

<u>Bibliographie</u>	94
-----------------------------------	----

INTRODUCTION

1) Caractéristiques de l'endodonte et des tissus dentaires :

Le but de tout traitement endodontique est d'**éliminer le contenu du système canalaire radiculaire** : pulpe, bactéries et toxines (11,98), par le nettoyage et la mise en forme du canal (24). Or, le réseau canalaire radiculaire peut présenter des canaux latéraux, des anastomoses ou des ramifications apicales et ainsi se révéler très complexe (55,95,98). Ces zones, souvent présentes, sont rarement correctement nettoyées, mises en forme et désinfectées.

Histologiquement, de la cavité endodontique vers l'extérieur, il est mis en évidence le **tissu pulpaire**, les **odontoblastes** organisés en réseau palissadique, les **tubuli dentinaires**, qui, sur dent dépulpée, ne contiennent que les débris nécrotiques des prolongements odontoblastiques. Ils peuvent être aisément franchis dans les deux directions par les micro-organismes, les toxines et les médicaments. Les tubuli dentinaires peuvent abriter des bactéries originaires de la cavité buccale comme de l'endodonte. Ces bactéries pouvant être à l'origine d'échec endodontique, elles doivent être supprimées.

2) L'enduit pariétal endodontique = boue dentinaire = *smear layer* :

Le traitement endodontique, réalisé à l'aide d'**instrumentation manuelle ou rotative**, de par l'effet de coupe (36), entraîne de façon systématique la formation microscopique de débris adhérents à la surface des parois canales (36,75), pénétrant dans les tubuli dentinaires par capillarité (5,28), mélange de fragments de prédentine, d'odontoblastes, de bactéries et de tissu pulpaire (4), dont la quantité dépend de la séquence instrumentale et du type d'irrigation utilisé (36). Ce mélange est nommé enduit pariétal, crépis organominéral, boue dentinaire ou ***smear layer*** (97). On met en évidence une quantité plus importante de *smear layer* dans le tiers apical radiculaire que dans les tiers cervical et moyen (75).

Les copeaux sont produits par l'instrumentation : leur formation dépend de **l'angle d'attaque** de l'instrument et de la **nature du matériau** (copeaux fragmentés ou longs) (62).

La boue dentinaire n'est pas d'**épaisseur** constante (1 à 2 μ à la surface des murs canaux (97), et jusqu'à 40 μ en intra dentinaire) (36) : elle varie selon les caractéristiques des tissus dentaires et de l'instrumentation utilisée. Toutefois, cet enduit pariétal présente de façon constante une **fraction organique** (originale de la pulpe, des odontoblastes et de la prédentine) et une **fraction minérale** (dérivée de la dentine). Cette *smear layer* doit être éliminée pour deux raisons : éviter la persistance de bactéries sur la paroi dentinaire du canal, et ouvrir au maximum les tubuli dentinaires pour permettre une pénétration du ciment de scellement (54) et de la gutta-percha dans les tubuli dentinaires lors de l'obturation, et augmenter de façon significative la qualité du scellement définitif du réseau canalaire radiculaire (36,96).

L'enduit pariétal empêche toute pénétration de ciment de scellement dans les tubuli dentinaires. Toutefois, certains suggèrent, *in vitro*, que la présence de *smear layer* empêcherait la colonisation bactérienne des canaux radiculaires lors du traitement endodontique (28). Au contraire, les parois dentinaires exemptes de *smear layer* permettent une pénétration intra-tubulaire de ciment de scellement, pénétration variable en fonction du ciment utilisé (53). Ainsi, on met en évidence une **étanchéité de l'obturation radiculaire** significativement plus importante au niveau des dents obturées après élimination de la *smear layer* (21). Cette élimination dépend directement de la nature chimique et de la quantité de l'irrigant utilisé, ainsi que de la méthode utilisée pour mettre en œuvre l'irrigation (4).

Conclusion :

L'élimination chimique de l'enduit pariétal débute dès l'utilisation de l'irrigant endodontique, si celui-ci est actif contre ses constituants. L'élimination physique est réalisée par l'éventuelle utilisation d'ultrasons.

L'élimination chimique de la partie minérale de la *smear layer* utilise une solution d'irrigation à la fois active sur la boue dentinaire mais aussi sur les structures environnantes : **dentine péricanaliculaire** et **intercanaliculaire**. De façon générale, les composants matriciels associés aux espaces situés entre les fibres de collagène disparaissent (37).

3) Infection de l'endodonte :

Au stade de la nécrose pulpaire, les bactéries colonisent l'endodonte, en empruntant diverses voies d'accès : à partir d'une **cavité de carie** (les cellules bactériennes présentes dans la lésion carieuse vont pénétrer dans les tubuli des couches dentinaires sous-jacentes et ainsi gagner l'endodonte) ; par **infiltration** le long des parois dentinaires en cas de présence d'obturation coronaire non étanche ; en cas de **fêlure** ou de **fracture coronaire** ; lors de **lésion du parodonte** (les bactéries de la poche atteignent l'endodonte en empruntant les canaux accessoires ou le foramen apical : infection *a retro*). Un accès par voie générale existerait, via la circulation sanguine, par **anachorèse**.

La population bactérienne de l'endodonte n'est pas spécifique. Un **écosystème** se crée dans le canal, certaines bactéries permettant à d'autres de survivre, et des antagonismes se créant entre elles. L'endodonte est un **habitat sélectif** de par le manque d'oxygène : on retrouve alors des **bactéries anaérobies strictes et facultatives** (*Enterococcus faecalis* (39)). Dans une dent fermée, on peut compter jusqu'à 95% d'anaérobies strictes, contrairement à la lésion carieuse, dans laquelle, en présence d'oxygène, *Streptococcus mutans* et *Lactobacillus* prédominent. La flore anaérobie de l'endodonte présente principalement des **bacilles gram –** (39) (*Porphyromonas*, *Prevotella*, *Campylobacter*, *Tréponèma*, *Fusobacterium*), des bacilles gram + (*Eubacterium*, *Propionibacterium*, *Aracnia*, *Lactobacillus*, *Actinomyces*), quelques cocci gram – (*Veillonella*) et quelques cocci gram + (*peptostreptococcus*) (16). La majorité des bactéries des canaux infectés est immobile. Ces bactéries produisent des **endotoxines** (lipopolysaccharides surtout), à l'origine du développement de lésions granulomateuses (14).

Les bactéries colonisent l'ensemble du réseau canalaire radiculaire. On les retrouve sur les parois canalaire, sur les restes de tissu pulpaire, à l'intérieur des tubuli dentinaires (sur une profondeur de plusieurs microns), dans les canaux accessoires et les deltas apicaux, dans les cryptes cémentaires apicales.

Les conséquences au niveau local sont des **lésions inflammatoires péri-apicales**, évoluant selon un mode aigu ou chronique. Au niveau général, des foyers infectieux à distance (par exemple endocardite Oslérienne) peuvent se développer lorsque les bactéries passent au-delà du foramen apical, dans la circulation sanguine (bactériémie transitoire).

Les bactéries colonisant l'endodonte doivent donc être éradiquées. Pour cela, on fait appel à la **préparation mécanique (16)**, qui élimine une grande partie de la population bactérienne (39), et à l'**irrigation canalaire**. L'instrumentation mécanique, et plus particulièrement celle qui utilise la rotation continue, permet d'éliminer jusqu'à 90% des bactéries canalaire dans les zones accessibles aux instruments endodontiques (22) ; mais de nombreuses irrégularités anatomiques affectent chaque espace canalaire, comme les diverticules et les canaux accessoires (39) ; ces aires anatomiques ne sont donc pas touchées par le travail instrumental, et les bactéries en présence ne peuvent pas être éliminées mécaniquement. L'utilisation d'un irrigant antibactérien devient alors obligatoire.

4) L'irrigation canalaire :

C'est en 1859 que la notion d'irrigation canalaire apparaît lorsque Taft recommande des irrigations fréquentes à la seringue du canal radiculaire, pour enlever les « irritants » ; jusqu'à la moitié des années 40 où l'endodontie, avec Louis Grossman, est devenue un domaine à part entière de l'odontologie.

L'irrigation, utilisée **conjointement** aux manœuvres instrumentales, est un facteur décisif du succès endodontique (1,33). Les solutions d'irrigation utilisées lors du traitement canalaire contribuent, d'une part à la **désinfection** du canal en éradiquant les bactéries, et, d'autre part, améliorent l'**herméticité** de l'obturation canalaire en éliminant la *smear layer*.

L'irrigant devra avoir une action **physique** et **chimique** complémentaire : action physique de lavage (par rejet vers l'extérieur des débris tissulaires ainsi que d'une partie des bactéries) ; mise en suspension des débris et copeaux afin d'éviter la formation de bouchon dentinaire) ; antiseptie des tubuli dentinaires en progressant par capillarité (15) ; **lubrification** des instruments travaillant en milieu humide ; action chimique solvante (qui s'exerce sur les tissus), antiseptique, chélatante (sur la fraction minérale). L'irrigant devra être **biocompatible** avec les tissus péri-apicaux (39).

Réaliser un traitement canalaire sans irrigation revient à laisser beaucoup plus de débris que lors de l'utilisation d'irrigant (26), et aucun irrigant ne présente toutes les propriétés requises, il est donc nécessaire de **combinaison** les agents d'irrigation afin de **potentialiser** leurs actions (57,89).

Un traitement canalaire est un tout. Il ne peut être efficace que si la préparation utilise en **synergie** une instrumentation mécanique et une irrigation efficace qui permettent d'éliminer les composants organiques, inorganiques et bactériens du réseau canalaire radiculaire. L'irrigation débute dès l'ouverture de la chambre pulpaire et doit être continue jusqu'au moment qui précède l'obturation.

L'irrigation canalaire est un facteur décisif dans le succès du nettoyage et de la mise en forme endodontique, à condition de respecter les six points suivants : utiliser une séquence correcte, utiliser un volume et une concentration adéquats pour chaque solution, apporter la solution profondément dans le canal avec des aiguilles endodontiques, élargir le canal en profondeur afin de favoriser la pénétration apicale des irrigants, commencer à irriguer le plus tôt possible après l'ouverture de la chambre pulpaire ; et enfin, consacrer 5 minutes à l'irrigation finale.

<u>En bref</u> : évacuation et dissolution des débris (95) inorganiques et organiques, antisepsie, lubrification, hémostase, effervescence, blanchiment, désodorisant sont autant de qualités souhaitées pour une solution d'irrigation canalaire idéale (17,105).
--

CHAPITRE I :

Les différents agents d'irrigation canalaire

CHAPITRE I. Les différents agents d'irrigation canalaire

1. Définition :

Un irrigant est un désinfectant utilisé **extemporanément** au parage canalaire.

2. Eau :

2.1 Eau distillée, stérile ou chauffée :

L'eau présente les avantages suivants :

- elle est **biocompatible**
- elle est **bon marché**
- elle permet une élimination mécanique des débris macroscopiques en emportant par lavage les bactéries dans le flux et le reflux de la solution.

En revanche :

- pas d'action sur la *smear layer*
- pas de stérilisation de l'endodonte

L'eau peut être utilisée pour :

- éliminer les débris **macroscopiques** pulpaire, les **pansements** canalaires. Toutefois, dans l'élimination des débris canalaires, l'hypochlorite de sodium à 2.5% se montre plus efficace (3).
- **rincer** en urgence la région péri-apicale en cas d'extrusion accidentelle de solution d'irrigation.

2.2 Eau ozonée :

L'ozone (O₃) est connue pour être un **puissant agent antimicrobien** contre les bactéries, les virus et les levures. C'est un composé très instable qui se décompose facilement **en libérant de l'oxygène**. Son état gazeux permet une meilleure diffusion dans le réseau canalaire radiculaire, incluant les canaux accessoires. Un système commercial utilisant l'ozone est aujourd'hui proposé en odontologie conservatrice (Healozone®, Kavo). Son emploi en endodontie pourrait être envisagé.

L'eau ozonée, *in vitro*, présente une activité antibactérienne contre *Enterococcus Faecalis* et *Streptococcus Mutans* presque équivalente à celle de l'hypochlorite de sodium à 2,5% (69). De plus, l'eau ozonée présenterait une cytotoxicité envers les fibroblastes inférieure à celle de NaOCl.

2.3 Eau activée électrochimiquement – ionophorèse :

Principe :

Cette technique est actuellement abandonnée. Il apparaît toutefois intéressant de préciser les principes de cette technique, à des fins historiques.

Le fait de plonger, dans une solution électrolytique, **deux électrodes** reliées à une source de **courant continu**, met les ions en mouvement. Les anions sont attirés vers l'anode, et les cations vers la cathode. A leur contact, les ions perdent leur charge électrique et retournent à l'état anatomique puis moléculaire. L'ionophorèse dépend de l'**intensité** du courant et du **temps**.

La dent est d'abord isolée de la salive par digue et séchée. Les obturations métalliques sont supprimées. Une électrode indifférente est mise en place, en contact avec une zone tégumentaire quelconque, et une électrode active est installée dans la chambre pulpaire. Un courant électrique est ensuite appliqué, mesuré par son ampérage. L'intensité est augmentée doucement jusqu'à 3 mA environ, en observant des paliers afin que l'opération ne soit jamais douloureuse pour le patient.

L'activation électrochimique permet une diffusion de l'irrigant jusqu'à l'apex et aux canaux accessoires non accessibles par le traitement mécanique, et éventuellement à l'intérieur d'un granulome. Le point négatif est le dépassement **possible de l'apex**, ainsi que la nécessité de réaliser **plusieurs séances** de traitement pour obtenir une désinfection canalaire adéquate.

L'eau activée électrochimiquement présente les propriétés suivantes :

- nettoyage des **débris de surface** des parois canalaire plus efficace que l'hypochlorite de sodium
- qualités inférieures à l'hypochlorite de sodium en ce qui concerne l'élimination de *Enterococcus Faecalis* de canaux radiculaires de dents extraites, ainsi qu'en l'élimination de la charge bactérienne intracanaire **(48)**.
- cytotoxicité très inférieure à NaOCl **(48)**

3. Sérum physiologique et solutions salines :

Le sérum physiologique est une **solution saline isotonique**. Il :

- est lubrifiant et ne présente aucune action antiseptique ou chimique.
- permet une diminution considérable de la flore, mais ne permet pas de la faire disparaître totalement. En effet, les solutions salines, *in vitro*, ne permettent pas d'éliminer *Enterococcus Faecalis* **(93)**, et de façon générale ne présentent pas d'activité antibactérienne **(50,99)**

- n'élimine pas (106) ou peu (26) la *smear layer*, et ainsi son utilisation affecte la qualité et l'étanchéité du scellement apical, celui-ci n'étant plus étanche 270 jours après l'obturation (38).

- ne provoque pas de réaction inflammatoire lorsqu'il se produit un dépassement, lors de l'irrigation endodontique, dans le péri-apex.

- permet d'éliminer les débris intracanaux.

Conclusion :

Le sérum physiologique peut être utilisé pour les rinçages. Il est systématiquement utilisé comme témoin des expérimentations des différentes solutions d'irrigation.

Son utilisation clinique se limitera au rinçage et à l'élimination de débris macroscopiques.

4. Composés acides (ions H⁺) :

L'usage de solutions déminéralisantes a été indiqué afin d'éliminer la *smear layer*, ainsi que pour permettre une meilleure progression des instruments endodontiques dans les canaux minéralisés (4).

Les acides forts de type acide chlorhydrique, acide sulfurique, acide nitrique, eau régale ou eau régale inversée sont totalement abandonnés car cytotoxiques et dangereux à manipuler.

Les solutions proposées aujourd'hui sont l'acide phosphorique de 6 à 40% ou l'acide citrique. Ce sont des solvants de la portion minérale. Ils peuvent être intéressants dans les cas de canaux calcifiés.

L'avantage des composés acides est qu'ils éliminent la portion minérale de la *smear layer*.

Ces acides présentent :

- une efficacité limitée comme antiseptiques et solvants organiques
- une action **agressive** avec des signes de **déminéralisation** des parois dentinaires
- une désactivation rapide au contact des débris organiques, il faut donc les renouveler fréquemment

- une tendance à cristalliser et précipiter sur la surface dentinaire, il faut donc rincer le canal à l'eau distillée
- une action très agressive pour la dentine péritubulaire et intertubulaire.

L'acide citrique à 10% :

Est existant à l'état physiologique dans le corps humain : il constitue une étape du cycle mitochondrial de KREBS (37).

- élimine mieux la *smear layer* lorsqu'il est utilisé durant trois minutes que lorsqu'il est utilisé pendant 10 ou 15 minutes (84). Ceci est mis en évidence par des observation en microscopie électronique à balayage.
- est moins efficace que l'EDTA à 17% en ce qui concerne l'élimination de la *smear layer* (84), mais selon une autre étude, l'acide citrique à 1mol/l (19%) est aussi efficace que l'EDTA à 15% (27)
- capacité accrue à **solubiliser l'hydroxyapatite** : dissolution de la trame minérale par l'acide citrique neuf fois supérieure à celle de NaOCl (37)
- activité antimicrobienne nettement inférieure à celle de NaOCl (37)
- est aussi **chélatant** que l'EDTA à 17% (83), voire plus (4,63)
- concentré à 15%, entraîne une plus grande perméabilisation de la dentine que l'EDTAT (17)
- perd son efficacité dans le temps (68)
- ne présente pas une capacité de dissolution des tissus satisfaisante pour un traitement canalaire (67)

L'acide citrique, à 25% comme à 19%, présente une efficacité de déminéralisation supérieure à l'EDTA 17%, ceci étant mis en évidence par la diminution de la dureté de la dentine après immersion dans des solutions d'EDTA 17% et d'acide citrique à 25% ou 19% (4,29).

Conclusion :

L'utilisation des acides forts est abandonnée car trop toxiques pour les tissus péri-apicaux et trop décalcifiants, pouvant être à l'origine de perforation radiculaire.

5. Bases (ions OH-) :

Les bases agissent sur les graisses en les saponifiant, et les savons formés sont solubles donc éliminables facilement ; ils sont doués d'un grand **pouvoir mouillant**, qui aide à la diffusion médicamenteuse. Une action nécrotique sur le péri-apex peut se produire, si la base dépasse le foramen apical.

NaOH, la soude, a connu un grand succès par le passé. Elle a rarement été utilisée en l'état, mais comme résultat de l'action d'autres substances (fabrication intracanaulaire de soude) et en particulier du **dioxyde de sodium** (la soude est alors formée par contact du dioxyde de sodium et de l'eau).

Le dioxyde de sodium (Na_2O_2) est une base forte, avide d'eau, d'où une diffusion rapide dans tout le réseau canalaire radiculaire, y-compris les canalicules. C'est un bon antiseptique, protéolytique et cytotoxique (65).

Son stockage est contraignant, sa manipulation délicate. Il est nécessaire d'utiliser la digue et de neutraliser la soude avec des mèches de teinture d'iode.

Son utilisation est abandonnée.

6. Abaisseurs de la tension superficielle :

Ce ne sont pas des irrigants à proprement parler, mais des produits qui améliorent la diffusion dans le réseau canalaire en abaissant de 15 à 20% la tension superficielle des solutions. Ils contribuent à l'amélioration du nettoyage canalaire (41)

Exemple : polysorbate 80®

L'application se fait au début de l'irrigation, 5 minutes avant le début du parage mécanique.

7. Peroxyde d'hydrogène (H_2O_2) 10 volumes :

Au contact des matières organiques, H_2O_2 se décompose en libérant de l'oxygène O_2 , et plus particulièrement de l'**oxygène gazeux** et nettement oxydant :

- **toxique pour les anaérobies**, mais moins efficace que la chlorhexidine (72)

- action **effervescente** transitoire mais énergique, favorable à la remontée des débris et à l'élimination mécanique des microorganismes

- action **blanchissante**
- H₂O₂ seul n'est pas assez bactéricide et solvant
- H₂O₂ produirait des gaz provoquant des douleurs post-opératoires importantes
- diminue l'action solvante de NaOCl
- ne permet pas une bonne élimination de la *smear layer*, qui reste visible au microscope électronique sur les parois canalaire après irrigation au H₂O₂ (40)
- H₂O₂ à 3% comme à 30%, ne présente pas une capacité de dissolution des tissus satisfaisante pour un traitement canalaire (68)
- H₂O₂ à 3% n'altère pas la dureté des parois canalaire lorsqu'il est utilisé en tant que solution d'irrigation (6)
- H₂O₂ à 24 volumes présente un potentiel d'**irritation des muqueuses** plus important que H₂O₂ 12 volumes et EDTA 17% (travaux de l'Université de médecine de Rome).

H₂O₂ associé à NaOCl :

- réaction **effervescente**
- action **solvante** de NaOCl
- action **désinfectante** des deux solutions
- action **blanchissante** des deux solutions

Les radicaux actifs peuvent être irritants pour le péri-apex : il faut donc rincer le canal à l'eau distillée avant obturation.

L'utilisation du peroxyde d'hydrogène est aujourd'hui déconseillée.

8. Alcool :

Il est inefficace sur la plupart des micro-organismes ainsi que sur les lipopolysaccharides (14).

Il était autrefois utilisé en rinçage final pour déshydrater les parois canalaire et favoriser ainsi la pénétration des ciments et de la gutta percha dans les tubuli dentinaires.

9. Solution de métronidazole :

Le métronidazole est acide, et donc détruit ainsi la boue dentinaire. C'est un antibiotique, et n'est pas cytotoxique. Son action est **sélective** sur certains types bactériens mais ne couvre pas tous les micro-organismes.

10. Cétrimide :

Forme commerciale : cetrexidin® ; Le Vebas ; San Giuliano ; Mila, Italie.
chélasolv® (Edetate de sodium, cetrimide, excipients)

La cétrimide (ammonium quaternaire) **diminue la tension superficielle**, facilitant ainsi la pénétration dans les tubuli dentinaires même les plus étroits. La cétrimide à 0,2% présente un effet antibactérien envers *Enterococcus Faecalis* supérieur à NaOCl concentré à 5,25% ; de plus, il est **moins cytotoxique**.

11. Produits à base de chlorhexidine :

On utilise en général du gluconate de chlorhexidine concentré entre 0.10 et 2% : c'est un **biguanide cationique** (39).

Propriétés :

- **activité antibactérienne** : due à la désorganisation de la membrane cytoplasmique de la cellule suivie de la coagulation des macromolécules intracellulaires (30)

- Actif *in vitro* contre les bactéries gram + et gram - (30)
- *In vitro* à une concentration de 0,12%, n'élimine pas les lipopolysaccharides (14) ni *Enterococcus Faecalis*, mais l'élimine pour des concentrations de 0,5 et 1%, que ce soit après une action de 5, 15 ou 30 minutes (81). De plus, à 5 minutes, le gluconate de chlorhexidine à 2% élimine mieux *Enterococcus Faecalis* que NaOCl à 5,25% (73), sur une profondeur dentinaire de 100µm (99), et mieux que Ca(OH)₂ (85).
- *In vitro*, la chlorhexidine à 2% inhibe *Streptococcus mutans* durant 72h (103)
- *In vivo*, en comparaison avec NaOCl à 5,25%, le gluconate de chlorhexidine à 2% présente un meilleur pouvoir antibactérien à 48h sur les anaérobies (73), mais selon d'autres études, de façon générale, la différence entre les pouvoirs antibactériens de NaOCl et de la chlorhexidine ne serait pas statistiquement significative (52)
- Est actif *in vivo* sur *Streptococcus mutans* (31)
- Préviend l'activité microbienne *in vivo* pendant 48h (peut être utilisé comme pansement intracanalair à court terme) (61) et *in vitro* pendant 168h (102)
- *In vitro*, inhibe l'adhérence des macrophages (86)
- *In vitro*, inhibe *Streptococcus sanguinis* de façon supérieure à NaOCl à 5% (102)

- Son utilisation peut être associée à celle de NaOCl pour obtenir une meilleure antiseptie canalaire (106)
- Son utilisation en irrigation finale (concentration à 2%) après traitement canalaire réalisé en utilisant une irrigation de NaOCl à 1% diminue de façon notable la population bactérienne (89,106).
- La chlorhexidine est un agent antibactérien efficace lors des traitements canalaires sur pulpes nécrosées ainsi que sur dents présentant une lésion apicale (32).
- La CMI de la chlorhexidine à 2% est de 0,000002% pour *Streptococcus aureus*, de 0,02% pour *Enterococcus faecalis*, *B. subtilis* et *Candida albicans*, et de 0,002% pour *P. aeruginosa*. Dans les tests d'exposition directe, le digluconate de chlorhexidine à 2% est efficace sur *S. aureus*, *E. faecalis* et *C. albicans*, et inefficace sur *P. aeruginosa* (35)

- activité organolytique très inférieure à celle de NaOCl : la chlorhexidine ne présente pas de capacité à dissoudre les tissus organiques (39), principal inconvénient contre-indiquant l'utilisation seule du gluconate de chlorhexidine en tant qu'irrigant (68).

- activité **antifongique** sur *Candida albicans*

- action solvante faible, que ce soit organique ou sur le minéral.

- diffusion améliorée par ajout de substances tensioactives type cétrimide.

- **rémanence dans le canal** : la chlorhexidine est maintenue active dans le canal jusqu'à 12 semaines (78)

- cytotoxicité : injectée dans les tissus sous-cutanés de rats, la chlorhexidine s'est montrée **moins cytotoxique que NaOCl** (69). De même, dans des cavités péritonéales de souris, le gluconate de chlorhexidine n'entraîne pas de réaction inflammatoire.

- action d'élimination de la *smear layer* insuffisante, augmentée par l'adjonction d'un rinçage final à l'EDTA, mais toujours inférieure à l'association NaOCl-rinçage final à l'EDTA (91). Pour certains la chlorhexidine ne présente aucune action d'élimination de la *smear layer* (105).

- *in vitro*, l'utilisation du gluconate de chlorhexidine à 0,12% comme irrigant n'affecte pas l'étanchéité du scellement apical, le scellement étant toujours étanche 180 jours après obturation (64).

- après utilisation comme irrigant, le gluconate de chlorhexidine à 0,2% est la seule solution d'irrigation qui n'altère pas la dureté de la dentine, par comparaison avec NaOCl et EDTA (6).

Conclusion :

La chlorhexidine doit être associée au moins à l'hypochlorite de sodium, la combinaison des deux agents augmentant leurs effets respectifs.

11. Acide éthylène diamine tétra acétique (EDTA):

L'EDTA à 17% a été introduit en 1957 par Ostby (cité par Cury et coll. (25)) en tant **qu'agent chélatant (4)**.

Il peut se présenter seul en solution entre 15 et 17% mais le plus souvent on le retrouve associé à d'autres produits sous forme de gel ou de solution.

On trouve dans le commerce de l'EDTA-T, c'est-à-dire de l'EDTA à 17% couplé à du sodium lauryl ether sulfate à 1,25%. D'après Scelza et coll (82), l'EDTA-T est un agent chélatant moins efficace que l'EDTA 17% et l'acide citrique 10%.

Quelques formes commerciales :

- RC Prep® de Premier Dental, gel d'EDTA peroxyde d'urée propylène glycol. Sa composition n'autorise pas sa totale élimination des parois canalaire.

- Glyde® de Dentsply Maillefer, gel d'EDTA, peroxyde de carbamide et méthyl cellulose.

- R-EDTA® ou Largal-Ultra® de Septodont : solutions d'EDTA concentré entre 15 et 17% et cétrimide.

Propriétés :

- l'efficacité de l'EDTA est influencée par le pH (25) : **pH optimum entre 5 et 6** (l'EDTA est plus efficace à un pH neutre qu'à un pH de 9). De plus, aucune variation de pH ne se produit lorsque l'EDTA agit dans le canal (89): l'EDTA est **chélateur de calcium**, ce qui dissout la partie minérale de la *smear layer* et ouvre les tubuli et les canaux calcifiés. Ceci entraînant une disparition de l'EDTA présent dans la solution, il faut le **renouveler** continuellement dans l'endodonte afin d'utiliser de l'EDTA actif.

L'irrigation à l'EDTA seule ne permet pas une bonne élimination de la *smear layer*. L'**utilisation de NaOCl et EDTA en alternance** ne permet pas non plus une élimination satisfaisante de la *smear layer*. Les meilleurs résultats ont été obtenus en irrigant tout au long de la préparation avec NaOCl, puis en procédant avant obturation à une irrigation d'EDTA, suivie d'un rinçage final à l'hypochlorite de sodium. Les mêmes résultats sont obtenus avec une application finale de Glyde® (47)

L'utilisation de l'EDTA à 17% en vue de l'élimination de la *smear layer* est aussi efficace voire plus efficace que celle de l'acide citrique à 10% : en effet, en microscopie électronique, on constate un plus grand nombre de tubuli dentinaires ouverts par mm² pour l'EDTA 17% (83). De plus, l'utilisation de l'EDTA en irrigation finale après irrigation à la chlorhexidine ou à l'hypochlorite de sodium augmente singulièrement la quantité de *smear layer* éliminée (91).

- l'EDTA à 15% est caractérisé par une action solvante sur les débris minéraux, mais présente une légère tendance à laisser des débris dans le 1/3 apical.

- l'EDTA à 3% permettrait un meilleur mouillage de la dentine (diminuerait l'angle de contact entre la dentine et le ciment de scellement) que l'EDTA à 15% (70)

- l'EDTA est capable de solubiliser la partie minérale de la dentine et une partie de la matière organique de la pulpe (10).

- action **lubrifiante** bénéfique lorsqu'il est sous forme de gel, particulièrement lors de l'utilisation d'instrumentation en Nickel-Titane (51)

- effets **blanchissants**

- **cytotoxicité**
- pas d'action protéolytique
- pouvoir antiseptique limité
- faible action *in vitro* sur l'élimination des polysaccharides
- diffusion améliorée par ajout de substance tensioactive type cétrimide
- la meilleure étanchéité de scellement après obturation canalaire est obtenue lorsque les dents sont irriguées par NaOCl et EDTA
- augmente la perméabilité dentinaire, plus que l'acide citrique à 10%, 15% ou 25% (5)
- le **meilleur nettoyage des parois**, quant à l'élimination de la *smear layer*, semble être obtenu avec NaOCl à 2,5% utilisé en combinaison avec de l'EDTA, en obtenant toutefois un nettoyage du tiers apical inférieur au nettoyage des tiers cervical et moyen (90,106)
- l'EDTA à 17%, utilisé *in vitro* durant 15 minutes, présente un effet chélateur de calcium et de phosphore, mais ne chélate pas le potassium, le magnésium et le soufre (7)
- lorsque l'on compare *in vitro* les effets de l'EDTA 17% et de l'EGTA 17% (ethylene-glycol tétraacétique acid), utilisés en combinaison avec l'hypochlorite de sodium à 5%, on met en évidence une meilleure efficacité de l'EDTA quant-à l'élimination de la *smear layer*, mais provoquant après 2 minutes d'application une **érosion des tubuli dentinaires**. L'EGTA élimine de façon acceptable la *smear layer* sans provoquer d'érosion des tubuli dentinaires (19). L'EGTA pourrait donc être une alternative à l'EDTA. D'autres investigations sont toutefois nécessaires.
- la durée d'utilisation de l'EDTA 17%, avant rinçage final à l'hypochlorite de sodium, doit être relativement courte (environ une minute). En effet, une durée d'action importante (10 minutes) entraîne une érosion péri-tubulaire et inter-tubulaire trop importante (20). Selon d'autres auteurs, la meilleure efficacité de l'EDTAC est obtenue après 15 minutes d'application (44).

Conclusion :

L'EDTA doit être utilisé en application après irrigation lors du traitement canalaire par NaOCl, suivi d'un rinçage final à NaOCl, afin d'obtenir le meilleur nettoyage du réseau canalaire radiculaire.

12. Dérivés chlorés :

C'est en 1972 que Javelle introduit les premières solutions chlorées, en faisant « barboter » du chlore gazeux dans une solution de potasse. Après un siècle d'utilisation sporadique, en 1915, une solution d'hypochlorite de sodium 0,5% neutralisée avec de l'acide borique est utilisée afin de nettoyer les blessures lors de la guerre de 14-18. La solution de Dakin fut très utile en tant que désinfectant, mais présente l'inconvénient d'être instable.

12.1 : Chloramine (NCl) :

C'est un composé chloré de **synthèse**.

Elle présente une action voisine de celle de l'hypochlorite, mais moins rapide. Elle est soluble dans l'eau.

Elle est moins toxique que NaOCl, de par un **pH proche de la neutralité**.

12.2 : Dichloroisocyanate de sodium (DCClNa) :

En présence de matières organiques, son **action antiseptique** est significativement **supérieure à NaOCl**.

Comparé à NaOCl 1%, H₂O₂ 3%, H₂O₂ 30%, chlorhexidine 10% et acide peracétique 10%, seul l'hypochlorite de sodium présente une capacité de dissolution des tissus. Le dichloroisocyanate de sodium ne présente pas cette propriété (**68**).

12.3 : Hypochlorite de sodium NaOCl :

C'est, de loin, la solution d'irrigation la plus utilisée en thérapeutique endodontique.

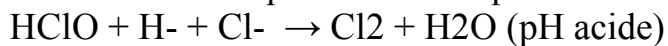
Exemple de forme commerciale : Parcan® : solution stabilisée et tamponnée de NaOCl 3%,

L'hypochlorite de sodium est utilisé pour la première fois en **1920** pour irriguer les canaux radiculaires (9).

La fabrication de l'hypochlorite de sodium fait généralement appel à une réaction directe entre le chlore et la soude :



La réaction est instable : NaClO réagit avec H₂O pour former de l'acide hypochloreux (HClO). En fonction du pH, la composition chimique de l'eau de javel varie selon les équilibres chimiques suivants :



La dissolution du dioxyde de carbone de l'air, en diminuant le pH de l'eau de javel, peut entraîner un déplacement des équilibres chimiques dans le sens de la décomposition de celle-ci.

Il existe deux mécanismes de dégradation de l'hypochlorite de sodium : dégradation avec libération d'oxygène ou formation de chlorate. Dans le premier cas, il s'agit d'une réaction naturelle, réaction limitant la durée de conservation de l'eau de javel. Certains métaux favorisent aussi cette réaction. Le second mécanisme, la formation de chlorates, est favorisé par la présence de lumière et de chaleur.

L'hypochlorite de sodium doit impérativement être **protégé de la lumière**. De plus, l'ouverture constante du récipient contenant NaOCl apparaît être la plus grande cause de la diminution de la concentration en chlorure dans les solutions diluées. De plus, les solutions de NaOCl se **dégradent** avec le temps (74).

L'hypochlorite de sodium présente des caractéristiques chimiques très intéressantes en endodontie : il présente un pH élevé, et de ce fait son efficacité est durable dans le temps à l'intérieur du réseau canalaire radiculaire.

- l'alcalinité de NaOCl permet une dissolution des tissus nécrotiques
- sa propriété de former de l'acide hypochlorique et de libérer du chlore lui confère des effets antiseptiques

- une élévation de la température diminue la stabilité de NaOCl et les solutions diluées dans de l'eau distillée sont plus stables que les solutions concentrées

Propriétés :

- **Alcalin** : NaOCl, comme expliqué ci-dessus, se décompose au contact des matières organiques en libérant du chlore et de l'oxygène naissant, c'est un agent oxydant et hydrolysant.
- **Biocompatible** : les solutions à 5% présentent une certaine **cytotoxicité** (52) pour les tissus péri-apicaux, par ailleurs cette concentration n'améliore pas de manière significative les qualités par rapport aux solutions concentrées à 2.5-3%.
- **Antiseptique** : arme majeure contre le VIH ainsi que contre la majorité des micro-organismes.

In vitro, NaOCl à 1% et 5% est efficace contre *Enterococcus faecalis* (81). NaOCl à 0.5%, 1% ; 2.5% et 5.25% est efficace contre *Actinomyces naeslundii* et *Candida albicans*, dont les seuils deviennent indétectables au bout de 10 secondes. Par contre *Enterococcus faecalis* se montre plus résistant à NaOCl : en effet pour obtenir un seuil indétectable, il faut un contact de 30 minutes avec NaOCl à 0.5% ; 10 minutes avec NaOCl à 1%, 5 minutes avec NaOCl à 2.5% et 2 minutes avec NaOCl à 5.25% (76). *In vitro*, NaOCl à 5% et 2.5% sont plus efficaces contre *porphyromonas* et *prevotella* (bactéries gram négatives pigmentées en noir) que NaOCl à des concentrations plus faibles, et que la chlorhexidine à 0.2 ou 2% (92).

En comparant les effets antibactériens contre *Enterococcus faecalis* de NaOCl et de la chlorhexidine à des concentrations équivalentes, on met en évidence que NaOCl et la chlorhexidine sont de même efficacité contre ce pathogène. Ces deux solutions d'irrigation réduisent de façon significative la quantité de bactéries dans les 100 premiers microns des tubuli dentinaires (99). Par contre, de façon générale, la chlorhexidine est plus efficace contre les anaérobies que NaOCl (72).

En comparant *in vitro* l'effet antiseptique de différentes concentrations de NaOCl (1%, 2.5% et 5.25%) sur *Enterococcus faecalis*, on se rend compte que les trois solutions réduisent significativement le nombre de bactéries dans le canal radiculaire. Ceci suggère qu'un renouvellement régulier de la solution d'irrigation et l'usage de grandes quantités d'irrigant devraient maintenir l'effet antibactérien de NaOCl, ceci étant plus important que la concentration (93).

Toutefois, NaOCl utilisé à une concentration de 1% serait plus efficace face à *Escherichia Coli* et *Streptococcus Mutans* que NaOCl à 2% (12).

Associé à l'acide citrique à 6%, l'hypochlorite de sodium à 6.25% réduit de façon significative l'adhésion de *Streptococcus sanguis in vitro* (18).

L'usage combiné de NaOCl à 2.5% et du gluconate de chlorhexidine à 0.2% permet un meilleur pourcentage de réduction de la flore intra-canaulaire. Cet effet est supérieur à celui de l'usage de NaOCl seul, mais égal à celui du gluconate de chlorhexidine seul (57). Par contre, utilisées seules ou en combinaison, ces deux solutions sont faiblement actives sur les lipopolysaccharides (14).

NaOCl à 5.25% est un agent d'irrigation antibactérien efficace sur des dents présentant une pulpe nécrotique ou une pathologie péri-apicale (32) mais présente une cytotoxicité importante.

- **Lubrifiant** (lié à sa basse tension superficielle), très efficace pour récupérer les débris pulpaire des canaux accessoires
- **Corrosif** pour les instruments endodontiques
- La **CMI** de NaOCl 1% est de 0.1% pour *S. aureus*, *E. faecalis*, *P. aeruginosa* et *C. albicans* et égale à 1% for *B. subtilis* (34)
- **Faible coût**
- **Solvant organique** (protéolytique) très efficace sur les débris pulpaire (87), dissout les albumines et est partiellement efficace sur la matrice collagène de la pré dentine sauf pour le Dakin (concentration insuffisante 1%), mais action faible sur les calcosphérites et sur la matrice inorganique de la *smear layer*. Dépolymérise les protéines et saponifie les graisses (37).

Un temps d'action minimal (20 minutes) est nécessaire pour obtenir une dissolution des débris. NaOCl à 5.25% serait capable de dissoudre virtuellement la composante organique de la dentine (10).

- Entraîne une **diminution** significative **de la dureté dentinaire** (dureté Vickers) (6), jusqu'à 1500 µm de la lumière canalaire, pour des concentrations de 2.5 et 6%, la diminution de la microdureté étant plus importante lors de l'utilisation de NaOCl 6% ; ceci, quelle que soit la durée d'irrigation (5, 10, 15 ou 20 minutes)
- **Mouillant** : sa diffusion dans les cryptes du système canalaire est facilitée par une basse tension superficielle (37)
- Se montre **insuffisant pour éliminer la smear layer** (39), à une concentration de 5% comme pour les autres concentrations (8). Il est efficace lorsqu'il est utilisé en association avec l'EDTA 17% avec un rainçage final à NaOCl (88), et bien supérieur à la chlorhexidine. Toutefois, le tiers apical n'est jamais aussi bien nettoyé que les tiers cervical et moyen (106).

L'efficacité de NaOCl comme solvant organique peut être augmentée :

- en utilisant des solutions chauffées à environ 40°C
- en agitant et réchauffant les solutions par l'utilisation de limes ultrasonores
- en utilisant des médications intra canalaire à base de Ca(OH)₂ pour profiter des avantages de l'action synergique des deux substances
- en l'utilisant en combinaison avec un agent tensioactif afin de favoriser sa pénétration dans les tubuli dentinaires et de réduire le nombre de bactéries intra-tubulaires.
- En l'alternant avec H₂O₂ 10 volumes (3%), afin de profiter de l'action mécanique liée au dégagement gazeux de H₂O₂, et de potentialiser l'action antiseptique de NaOCl (37). Toutefois, l'action d'une grande quantité de NaOCl (20ml par canal par exemple), permet d'éliminer de façon satisfaisante les débris et bactéries. L'usage de H₂O₂ est donc superflus.

- **Capacité de dissolution des tissus :**

Lorsque l'on compare la capacité de dissolution des tissus mous nécrotiques de l'hypochlorite de sodium à 1%, de la chlorhexidine à 10%, du peroxyde d'hydrogène à 3 et 30%, de l'acide peracétique à 10%, du dichloroisocyanurate à 5%, et de l'acide citrique à 10%, il résulte que seul l'hypochlorite de sodium présente une capacité de dissolution des tissus (68).

NaOCl, qu'il soit à des concentrations de 2.5 ou 5.25% est un excellent solvant des débris pulpaire et de la prédentine. Seul NaOCl à 0.5% se montre d'une efficacité insuffisante (8). Lorsque l'on irrigue exclusivement à l'aide de Dakin®, on met en évidence la présence de *smear layer* à forte prédominance inorganique (26).

De plus, l'hypochlorite, qu'il soit concentré à 5.25% ou 2.5% présente la même capacité de dissolution pulpaire (10).

- **Cytotoxicité (39) :** le principal inconvénient de l'hypochlorite de sodium est sa toxicité tissulaire, inconvénient mis en évidence par les réactions tissulaires engendrées lors d'extrusion d'irrigant au-delà de l'apex radiculaire et contact avec les tissus péri-apicaux, lorsque la pression d'éjection est trop importante.

L'importance de la cytotoxicité de l'hypochlorite de sodium augmente avec sa concentration et varie en fonction de la technique d'irrigation utilisée (37). Ce facteur sera à prendre en compte lors du choix de la concentration en NaOCl de la solution d'irrigation (43). En effet, dès la concentration de 0,5%, NaOCl, placé dans la cavité péritonéale de souris, provoque une réaction inflammatoire.

- **Réduction de la résistance des dents :** l'exposition de la dentine à une solution de NaOCl 5% réduit la force de flexion et le module d'élasticité alors qu'une solution à 0.5% n'a aucun effet notable

Une augmentation significative des contraintes de surface a été mise en évidence après traitement de la dent avec une solution de 5.25% de NaOCl, lorsque la dent était soumise à des cycles de contraintes répétés.

Le module de flexion de la dentine préparée à l'hypochlorite (3 ou 5%) est significativement plus faible ($P < 0.001$) que lorsqu'elle est préparée avec de l'hydroxyde de calcium. De plus les risques de fracture n'augmentent significativement qu'avec une solution d'hypochlorite supérieure à 5%.

Pourtant d'autres études semblent montrer que c'est le fait même d'irriguer qui fragilise la dent plus que le produit utilisé.

En bref :

NaOCl est alcalin, antiseptique, organolytique, lubrifiant, mouillant, corrosif, bon marché, présente une certaine cytotoxicité, réduit la résistance dentinaire et est insuffisant pour éliminer la smear layer.

Quelle concentration de NaOCl utiliser ?

Lorsque l'on compare les études, on ne retrouve pas de consensus concernant la concentration d'hypochlorite de sodium à utiliser. Certains conseillent d'utiliser une concentration de 5.25%, ce sont le plus souvent des auteurs américains (11), d'autres de 1% qui sont plutôt des auteurs européens (12).

Si l'on compare les différentes concentrations de NaOCl (0.5 ; 1 ; 2.5 ; 5.25 ; 6%) selon les propriétés requises pour un agent d'irrigation :

- **antiseptique** : il apparaît que toutes les concentrations sont efficaces, le pouvoir antibactérien étant plus dépendant de la durée d'action de la solution. Par exemple, toutes les concentrations sont efficaces contre *E. Faecalis*, mais l'éradication de cette bactérie est plus rapide avec les solutions les plus concentrées. Les solutions les moins concentrées devront agir plus longtemps (46)
- **Solvant organique** : seules les concentrations de 0.5 et 1% s'avèrent insuffisantes
- **Diminution de la dureté de la dentine** : cette diminution est inférieure lors de l'utilisation de NaOCl à 2.5% par rapport à NaOCl à 6%
- La **résistance à la contrainte de la dentine** reste la même, quelle que soit la concentration de NaOCl utilisée (45)
- **Elimination de la smear layer** : elle est insuffisante quelle que soit la concentration utilisée, c'est pourquoi on réalisera une irrigation à l'EDTA en fin de préparation
- **Dissolution des tissus** : elle est satisfaisante pour des concentrations supérieures ou égales à 1%
- **Cytotoxicité** : elle est toujours présente et augmente avec la concentration de NaOCl.

Conclusion :

Au vu de ces éléments, on optera pour NaOCl à 2,5%, possédant les mêmes qualités que les concentrations supérieures, sans en présenter la cytotoxicité.

CHAPITRE 2 :

Les différentes techniques d'irrigation canalaire

CHAPITRE 2. Les différentes techniques d'irrigation canalaire

Certaines études ont mis en évidence que l'**action lavante** est plus importante que le type d'irrigant, et que le nettoyage est plus fonction de la **quantité** que du type d'irrigant (1). Il existe différentes techniques utilisées afin de nettoyer le réseau canalaire radiculaire : irrigation manuelle à l'aide d'une seringue, irrigation ultrasonore, utilisation du laser (71), irrigation sous pression (Rinsendo®).

1. Irrigation manuelle à l'aide d'une seringue :

Principe :

On charge une seringue du liquide d'irrigation désiré. Sur celle-ci on adapte une aiguille, droite ou coudée selon le cas, avec laquelle on irrigue la cavité dentaire. Il faut s'abstenir d'insérer profondément l'aiguille dans le canal, sous peine d'éjecter l'irrigant sous une trop forte pression. La séquence retenue est : **contact** (jusqu'aux murs canalaire) - **retrait** (de 1 à 2mm) - **éjection** (sous très faible pression). La solution, évacuée par l'orifice coronaire, est aspirée par l'aspiration chirurgicale.

L'inconvénient de ce système est que l'**on ne maîtrise pas la pression d'éjection du liquide d'irrigation**. Plus l'aiguille sera fine, plus la pression exercée sur le piston de la seringue sera importante. De plus, aucun effet mécanique n'est appliqué pour potentialiser l'effet chimique de l'irrigant. Enfin, **la pénétration de l'aiguille est limitée par son diamètre**.

Le nettoyage des débris canalaire est **dépendant de la taille du canal**, du diamètre de l'aiguille d'irrigation, et de sa profondeur de pénétration dans le canal radiculaire (1). L'irrigation manuelle n'est efficace qu'à partir d'un **élargissement canalaire** à une taille de 40/100° (77).

Le problème de l'irrigation manuelle est que la pénétration de la solution d'irrigation est limitée par la **profondeur d'insertion de l'aiguille d'irrigation (101)** ; et ne dépasse, en direction apicale, que de très peu la lumière de l'aiguille utilisée (37).

2. Irrigation ultrasonique :

Principe :

L'activation ultrasonique consiste en une **oscillation**, le plus souvent sinusoïdale, décrite par l'extrémité de l'instrument utilisé. Ayant besoin d'un espace de mouvement, une lime ultrasonique est peu efficace avant ampliation car « bloquée » dans le canal. Il paraît donc plus intéressant d'utiliser les limes ultrasonores **une fois le canal élargi (100)**.

L'intérêt des ultrasons consiste en leur effet particulier de « **cavitation** » : cela correspond à la formation de vides microscopiques, dus à l'éclatement du produit d'irrigation, sous la pression alternée des ondes ultrasonores (37).

L'irrigation ultrasonique permet d'**augmenter la température** par agitation de l'irrigant, potentialisant ainsi l'effet antibactérien et organolytique de l'agent d'irrigation. En effet, l'action biophysique ondulatoire des ultrasons permet une lyse des bactéries par **éclatement des parois bactériennes**, d'où un effet antibactérien conséquent (59).

Mécaniquement, un « **décapage** » (59), une meilleure élimination des débris créés par l'instrumentation mécanique est constatée, ainsi qu'un nettoyage des canaux accessoires.

Matériel : lime K endosonore, générateur d'ultrasons.

La lime ultrasonique ne doit jamais être introduite à plus de la longueur de travail (LT) -1mm, afin de ne pas créer d'épaulement dans le canal.

Les limes endosonores les plus fines génèrent une oscillation plus importante, dont la vitesse augmente avec l'augmentation de la puissance ultrasonore (2).

Afin d'obtenir un maximum d'efficacité, l'irrigation ultrasonore est assurée en utilisant une lime endosonore n°15 qui respecte la longueur de travail, diminuée de 1mm (37).

Bactériologie :

Lorsqu'une **solution saline** est activée avec les ultrasons, *in vitro*, on obtient une charge bactérienne résiduelle intracanalair inférieure à celle obtenue avec une irrigation manuelle (24,94). Par contre, face à *Escherichia Coli* et *Streptococcus mutans*, l'irrigation manuelle se montre plus efficace que l'irrigation ultrasonique (12). Expérimentalement, on met en évidence une nette supériorité de l'irrigation ultrasonique lorsque l'irrigation est réalisée avec une

solution saline, mais une **différence significativement réduite** lorsque l'irrigation est réalisée avec **NaOCl à 2.5%** (23,24).

En bref :

Les meilleurs résultats obtenus avec l'irrigation ultrasonore sont expliqués par :

- la cavitation : des chocs et vagues de stress mécanique entraînent une lyse des parois bactériennes
- une action chimique de l'irrigant augmentée par les vibrations
- des gradients de chaleur localisés engendrés par les vibrations (24)

Il apparaît que l'irrigation ultrasonique avec NaOCl à 12% élimine efficacement les bactéries des couches superficielles, moyennes et profondes de la dentine. L'irrigation ultrasonique avec des concentrations inférieures à 12% s'avère insuffisante pour éliminer toutes les bactéries. Cependant la cytotoxicité de NaOCl 12% contre-indique son usage en endodontie en tant qu'irrigant.

Nettoyage canalaire :

- L'irrigation ultrasonique est plus efficace que l'irrigation sonique en ce qui concerne l'**élimination des débris du canal (49,80)**.
- L'EDTA à 17% activé ultrasoniquement ne permet pas une réduction satisfaisante de la **smear layer**. De façon générale, l'irrigation ultrasonique n'apporte rien, comparé à l'irrigation manuelle, en ce qui concerne l'élimination de la smear layer et des débris pariétaux (66).
- L'efficacité de l'irrigation ultrasonique est **fonction de l'importance de l'ampliation canalaire (104)**. L'augmentation du diamètre de la lumière canalaire permet une meilleure élimination de débris dentinaires artificiels (56,60).
- *In vitro*, l'irrigation ultrasonique présente une supériorité sur l'irrigation manuelle, concernant l'élimination de débris placés dans des faux canaux, ce qui permet de supposer que l'irrigation ultrasonique pourrait être utile en ce qui concerne l'accès aux canaux accessoires (60). Par contre, dans une autre étude (3), aucune supériorité de l'irrigation ultrasonore sur l'irrigation manuelle n'est mise en évidence, concernant l'élimination des débris canalaires.

3. Irrigation mécanisée : le système RINSENDOR

RinsEndo® est une nouvelle méthode d'irrigation des canaux radiculaires, qui repose sur l'**activation hydrodynamique** de la solution de rinçage, par une technique d'**aspiration-pression**.

Ce système est composé d'une pièce à main en titane de 87g (qui s'emboîte dans le raccord turbine de l'unit dentaire), mesurant 150mm de longueur sur 22mm de largeur et 35 mm de hauteur, dans laquelle est placé un **transmetteur d'impulsions** déclenchant l'injection de 65 microlitres de solution à une fréquence de 1.6 Hz dans le canal (vitesse de rinçage : 6.2 ml/min), sous une **pression de 2.3 à 4.2 bars**, via une canule spécifique de 0,45x28 mm à ouverture latérale. La solution d'irrigation est prélevée d'une seringue adaptée à la pièce à main. L'injection de la solution est couplée à une injection d'air, dont la consommation est de 0.5 l/min.

Afin que le patient et le praticien soient protégés de toute éclaboussure, la canule est munie d'une protection sur laquelle l'aspiration peut être placée pour éliminer l'excès de solution d'irrigation.

Le système RinsEndo® est fourni avec une solution de décontamination, et la pièce à main est **stérilisable** par passage à l'autoclave à 134°C. **Les canules et protections ne sont pas stériles.**

Le principe est d'associer une action mécanique à l'action chimique de la solution d'irrigation, et d'obtenir ainsi un nettoyage jusqu'à l'apex du canal radiculaire, même en présence de conditions anatomiques défavorables (forte courbure ou faible diamètre), en introduisant la canule dans le **tiers coronaire** du canal.



Figure 1 : Système Rinsendo®

4. Conséquences d'une pression d'éjection excessive :

La question de la pression d'éjection lors de l'irrigation canalaire est peu fréquemment abordée dans les études cliniques. Or, les conséquences d'une éjection de NaOCl avec une pression trop importante sont largement décrites (9,13,42,43,58,73,79): la pression excessive du liquide d'irrigation à l'intérieur du canal radiculaire entraîne une **extrusion** accidentelle de NaOCl dans les tissus péri-apicaux.

NaOCl étant cytotoxique, des réactions cliniquement significatives se produisent : on peut décrire des **suintements radiculaires**, des **hématomes**, une **nécrose locale** de la muqueuse orale ou une **desmodontite** (43,58). Dans tous les cas, la réponse tissulaire est **dysproportionnée** par rapport à la quantité de liquide extrusée (79).

Les réactions du patient lors d'un dépassement d'hypochlorite de sodium dans le péri-apex sont constantes : lors d'une irrigation canalaire, le patient ressent une **douleur violente**, suivie d'un **œdème** impressionnant des tissus mous péri-dentaires pouvant toucher l'ensemble de l'hémiface. Cet œdème dure environ **5 jours**. Un hématome complète le tableau clinique, conséquence d'un saignement interstitiel, ou intraoral à travers le réseau canalaire radiculaire. Les antalgiques sont peu efficaces contre la **douleur qui dure de 2 à 5 jours** (79). Fréquemment, on décrit une nécrose des tissus sous-cutanés. En effet, l'hypochlorite de sodium présente une haute toxicité envers les tissus vivants (42).

Expérimentalement chez la souris, l'introduction de NaOCl 0.5% dans la cavité péritonéale permet de mettre en évidence le développement d'une réaction inflammatoire, ce qui ne se produit pas avec la chlorhexidine à 2%. Les mêmes résultats sont obtenus en renouvelant cette expérience sur les tissus sous-cutanés de rats avec NaOCl 5.25% et de la chlorhexidine à 0.2 et 2% (73).

Plusieurs facteurs sont à l'origine d'une extrusion d'hypochlorite de sodium dans les tissus péri-apicaux : l'hôte, la concentration d'hypochlorite de sodium utilisée, la fermeture apicale, le type d'aiguille d'irrigation, la distance de l'aiguille au foramen, et la quantité d'irrigant délivrée (58).

Pour prévenir l'extrusion accidentelle d'hypochlorite de sodium dans le péri-apex, il est toujours prudent de confirmer la **longueur de travail** et l'intégrité du système canalaire radiculaire avant d'irriguer avec des solutions de NaOCl, les effets de l'extrusion croissant avec l'augmentation de la concentration de NaOCl.

Il est nécessaire d'utiliser des aiguilles d'irrigation à **ouverture latérale**, et de veiller à **ne pas bloquer l'aiguille** dans le canal avant d'irriguer.

Il semble évident qu'il faut éjecter l'hypochlorite de sodium sous faible pression afin d'éviter son extrusion dans les tissus péri-apicaux. Cependant, la quantification de cette pression n'est pas possible.

CHAPITRE 3 :

Expérimentation d'un nouveau système d'irrigation canalaire : système RinsEndo®

CHAPITRE 3. Expérimentation d'un nouveau système d'irrigation canalaire : système RinsEndo

1. Introduction :

La littérature nous montre qu'une irrigation réalisée avec NaOCl 2.5% tout au long de la préparation canalaire, couplée à une irrigation finale avec EDTA 17% et rinçage final à NaOCl est la meilleure solution de nettoyage des parois canalaire. Cependant, dans toutes les études, il est rapporté que les tiers cervical et moyen sont toujours beaucoup mieux nettoyés que le tiers apical, ce dernier présentant toujours une forte persistance de *smear layer* et de débris.

Cette étude se propose de comparer *in vitro* différents systèmes d'irrigation canalaire afin de mettre en évidence une éventuelle supériorité de l'un de ces trois systèmes dans le tiers apical.

2. But :

Mettre en évidence quel système d'irrigation canalaire permet le meilleur nettoyage canalaire, par observation au **microscope électronique à balayage de l'état de surface de la paroi canalaire dans ses tiers cervical, moyen et apical.**

3. Matériels et méthodes :

90 dents humaines extraites pour raison carieuse ou parodontale sont utilisées dans cette étude, décontaminées et conservées dans une solution d'alcool à 70°.

Seules les racines des dents sont conservées, les couronnes sont sectionnées à l'aide d'une fraise diamantée montée sur turbine (Kavo®), à la jonction émail-cément.

Sur chaque dent, après mise en évidence visuelle de la longueur de travail par une lime manuelle de diamètre 15/100° et conicité 2%, un traitement endodontique est réalisé : la préparation cervicale est assurée par passage d'Endo Flare®, et l'ampliation est réalisée à l'aide de limes Hero Shaper® (MicroMega®), séquence instrumentale bleue, montées sur contre-angle double bague verte (MicroMega®), à un diamètre de 30/100°, jusqu'à la longueur de travail (LT) -2mm avec la conicité 6%, et jusqu'à LT avec la conicité 4%.

L'irrigation est effectuée avec 20ml de NaOCl à 2,5% (5ml après détermination de la longueur de travail, 5ml après passage de l'Endo Flare®, 5 ml après passage de Hero Shaper® 6%, 5 ml après passage du Hero Shaper® 4%), une irrigation finale à l'EDTA 17% (3 minutes, 5ml) et rinçage à NaOCl (5ml).

Trois groupes de 30 dents monoradiculées sont séparés de façon aléatoire avant réalisation des traitements endodontiques. Seul le mode d'irrigation canalaire diffère :

- groupe 1 : irrigation à la **seringue** 5 ml et aiguille d'irrigation à bout borgne et ouverture latérale
- groupe 2 : utilisation de **limes ultrasonores** 15/100° (Satelec®) montées sur insert ultrasonore (Satelec®)
- groupe 3 : utilisation du **système RinsEndo®** (Dürr Dental®) comprenant pièce à main, seringue d'irrigation, aiguille d'irrigation spécifique du Rinsendo®.

Après traitements endodontiques des 90 racines (conservées dans l'alcool à 70°), celles-ci sont coupées à l'aide d'une pièce à main (Kavo®). Deux encoches longitudinales profondes juxta-canales, de chaque côté de la racine, sont créées à l'aide d'un disque diamanté monté sur mandrin, puis des encoches transversales délimitant les tiers cervical, médian et apical, sont réalisées, tout autour de la racine. Ceci pour les 90 racines.

La réalisation des encoches est suivie de cassures à la pince coupante, permettant de conserver l'axe canalaire. Une quantité conséquente de déchets est obtenue, seuls 440 échantillons sont exploitables (sur 540 attendus au départ), la coupe ne passant pas par le canal. Les tiers de racines obtenus sont nommés **A** pour les **tiers cervicaux**, **B** pour les **tiers moyens**, et **C** pour les **tiers apicaux**.

Les échantillons sont ensuite **déshydratés** par passage dans des solutions d'alcool de degré croissant : bain de 20 minutes dans de l'alcool à 95° (éthanol), suivi de trois bains de 20 minutes dans de l'alcool à 100°. Ils sont ensuite conservés dans de l'acétone.



Figure 2 : Échantillons placés sur un support avant métallisation

Les échantillons à métalliser sont choisis de façon aléatoire dans chaque groupe. Ainsi, 15 échantillons sont choisis pour le groupe 1A, 19 pour le groupe 1B, 18 pour le groupe 1C, 11 pour le 2A, 13 pour le 2B, 14 pour le 2C, 9 pour le 3A, 12 pour le 3B, 27 pour le 3C.

Enfin, chaque échantillon est **métallisé**. Un métalliseur DENTON VACUUM DESK III est utilisé. Une première phase de vide est réalisée, puis les échantillons sont métallisés avec un mélange or/palladium.



Figure 3 : Echantillons métallisés

On effectue ensuite une observation au **Microscope Electronique à Balayage** Scanning Electron Microscope (SEM) VP 1450 ZEISS (Germany).



Figure 4 : Microscope électronique à balayage



Figure 5 : Echantillons placés sur support MEB

Les clichés obtenus sont **analysés** avec le programme ACDSee, seuls les clichés exploitables sont conservés. Ainsi, on obtient 196 clichés pour le groupe 1A, 166 pour le groupe 1B, 65 pour le groupe 1C, 187 pour le groupe 2A, 52 pour le groupe 2B, 33 pour le groupe 2C, 87 pour le groupe 3A, 88 pour le groupe 3B et 96 pour le groupe 3C (diagramme ci-dessous).

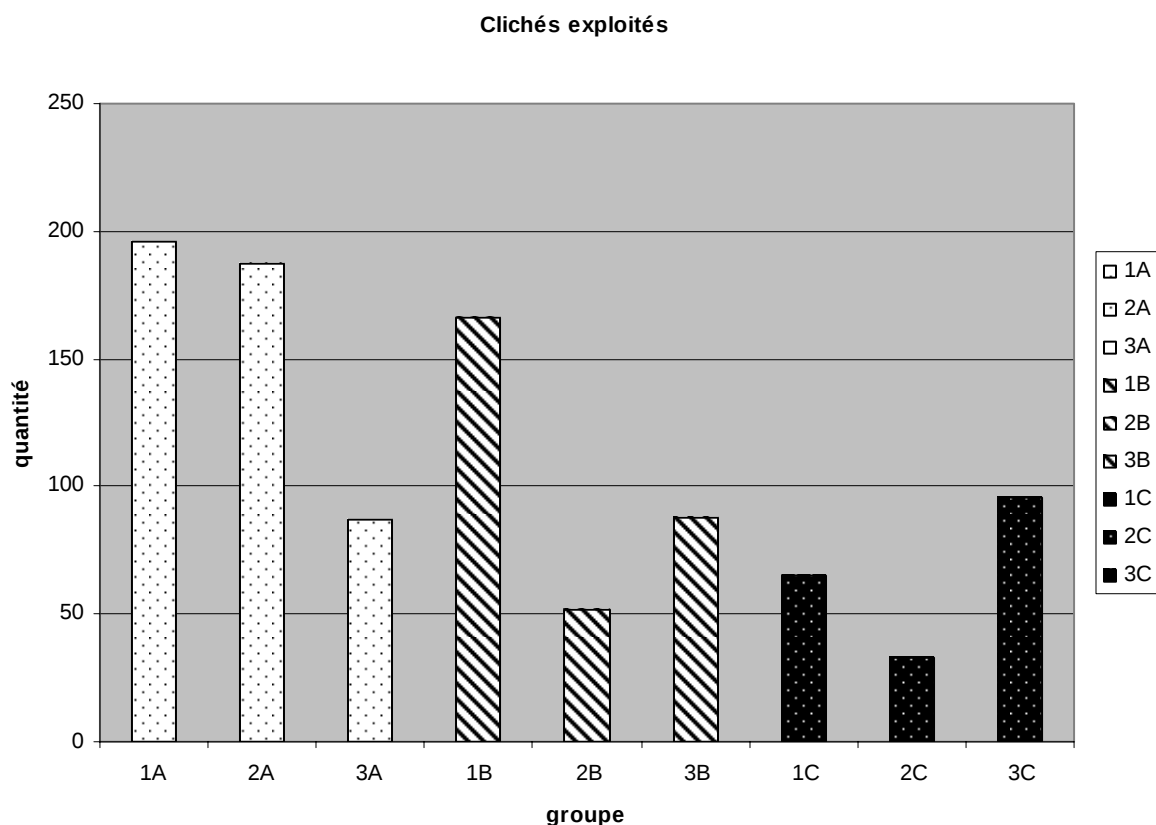


Figure 6 et tableau I : Nombre de clichés exploités

groupe	nombre de photos exploitées
1A	196
2A	187
3A	87
1B	166
2B	52
3B	88
1C	65
2C	33
3C	96

L'évaluation de l'efficacité de chaque méthode se fait, par **calcul informatique**, à partir d'un programme original (Paul PILET, centre régional de microscopie), de la surface canalaire occupée par les débris, par rapport à la surface canalaire totale de chaque photo.

4. Résultats :

4.1. Statistique descriptive :

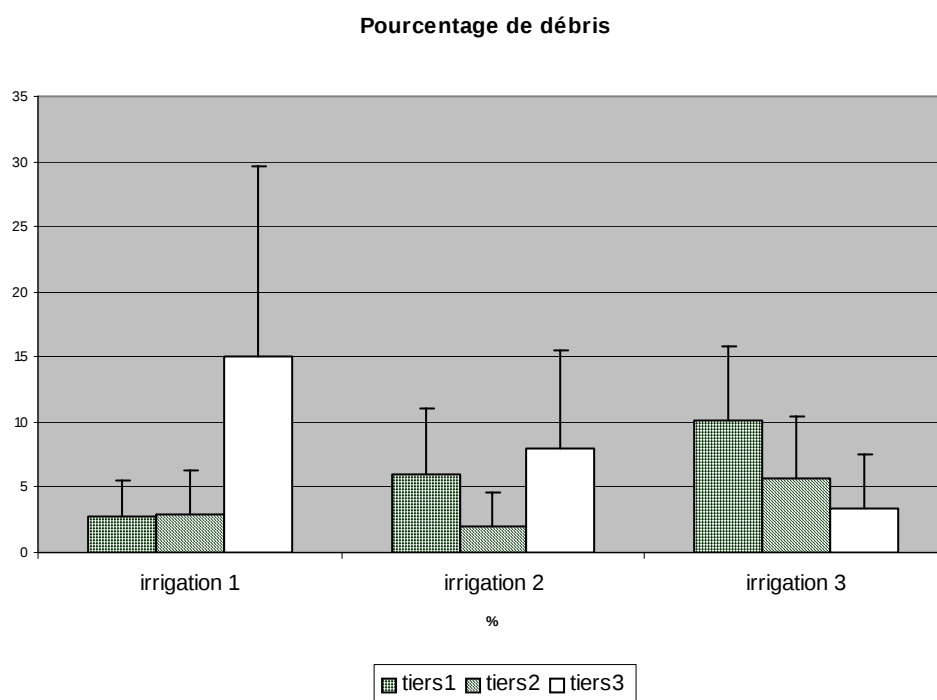


Figure 7 : pourcentage de débris moyen et écart-type
(Irrigation1 : manuelle ; irrigation 2 : ultrasonore ;
irrigation 3 : Rinsendo®)

Ce diagramme montre le pourcentage de débris moyen dans chaque tiers radiculaire, pour chaque technique d'irrigation. L'écart-type met en évidence de grandes disparités dans les résultats obtenus.

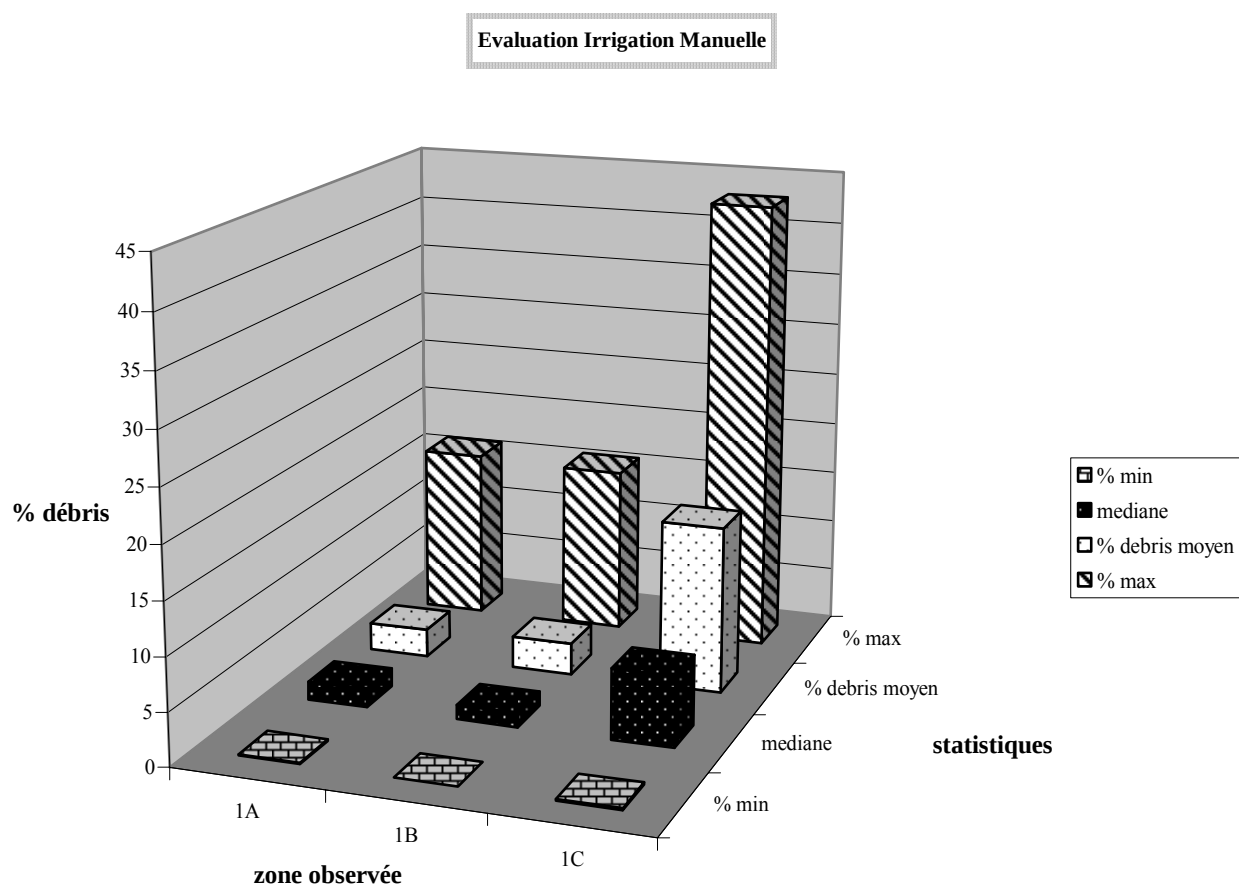


Figure 8 et tableau II : Evaluation de l'irrigation manuelle

groupe	% minimum	mediane	% maximum
1A	0,137	1,732	16,118
1B	0,025	1,338	15,779
1C	0,173	6,668	42,98

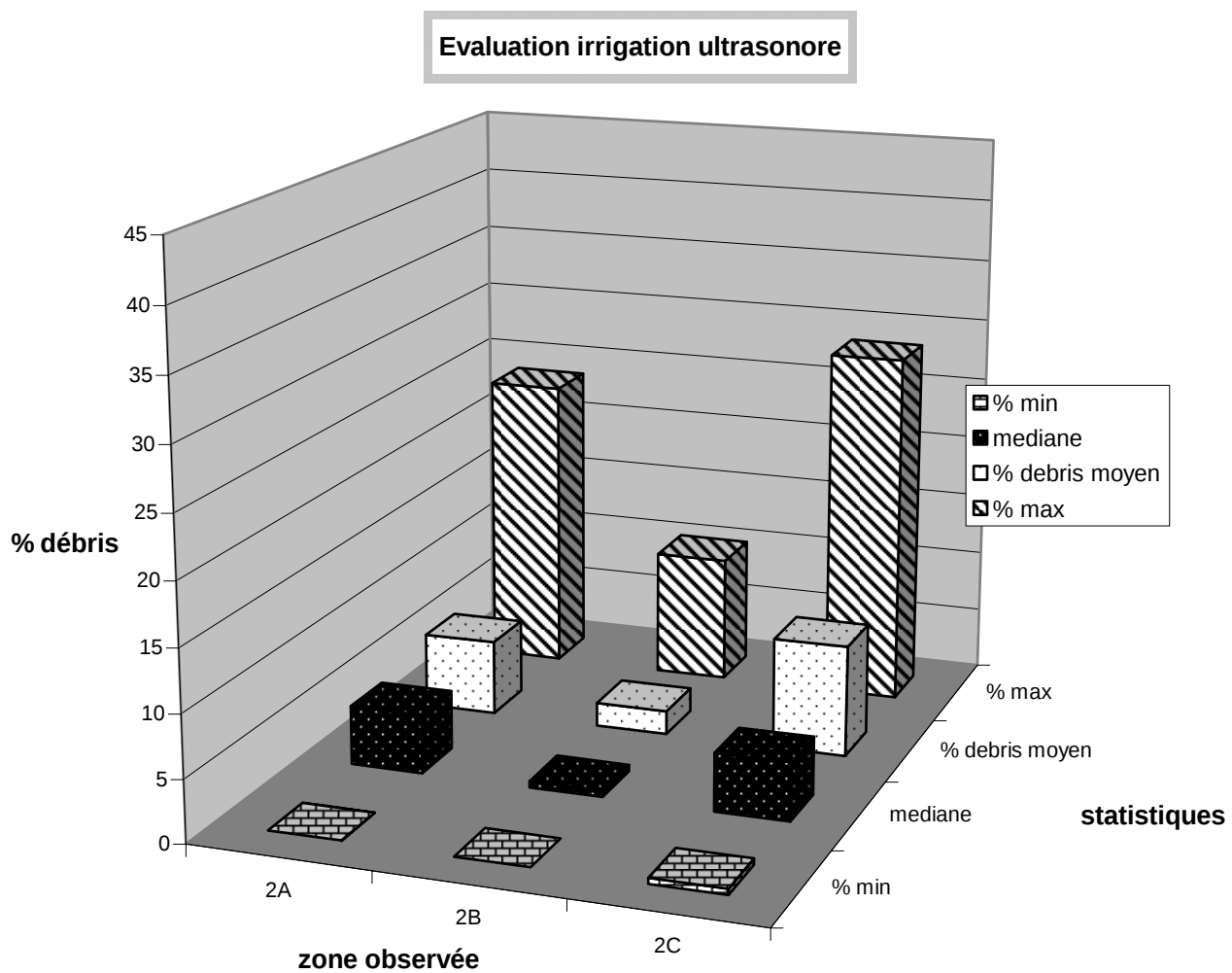


Figure 9 et tableau III : Evaluation de l'irrigation ultrasonore

groupe	% minimum	médiane	% maximum
2A	0,019	4,755	23,701
2B	0,002	0,514	10,225
2C	0,48	4,65	28,5

Evaluation Irrigation Rinsendo

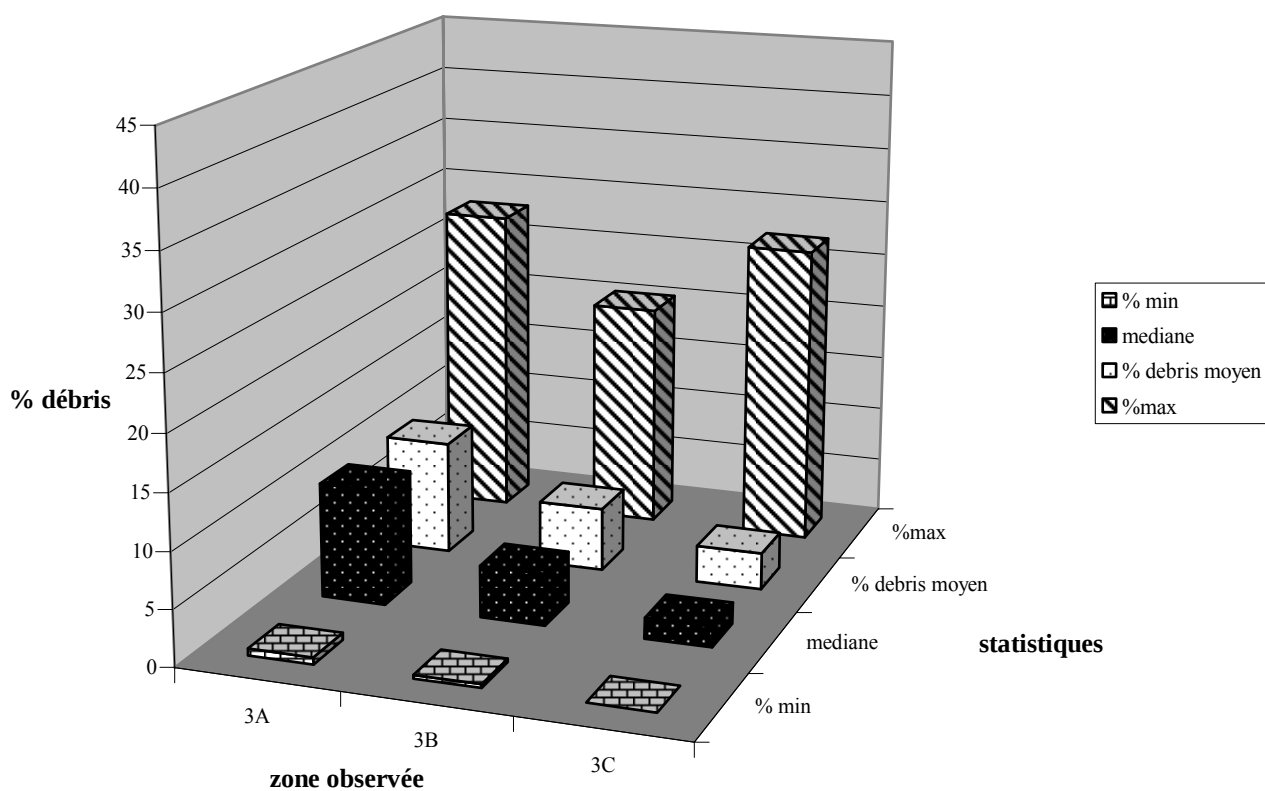


Figure 10 et tableau IV : Evaluation de l'irrigation avec Rinsendo®

groupe	% minimum	médiane	% maximum
3A	0,596	10,328	27,976
3B	0,319	4,663	20,358
3C	0,016	1,874	27,14

Les graphiques suivants illustrent la comparaison des différentes techniques dans les tiers cervicaux, moyens et apicaux.

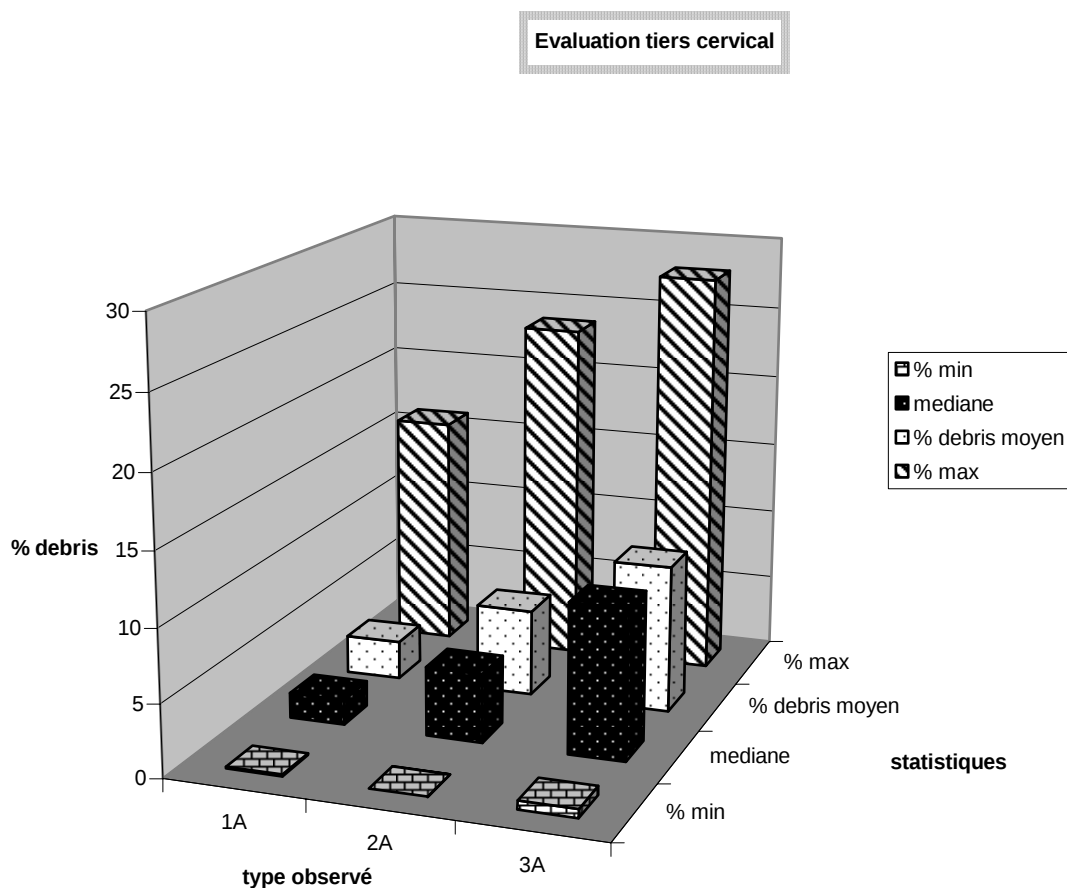
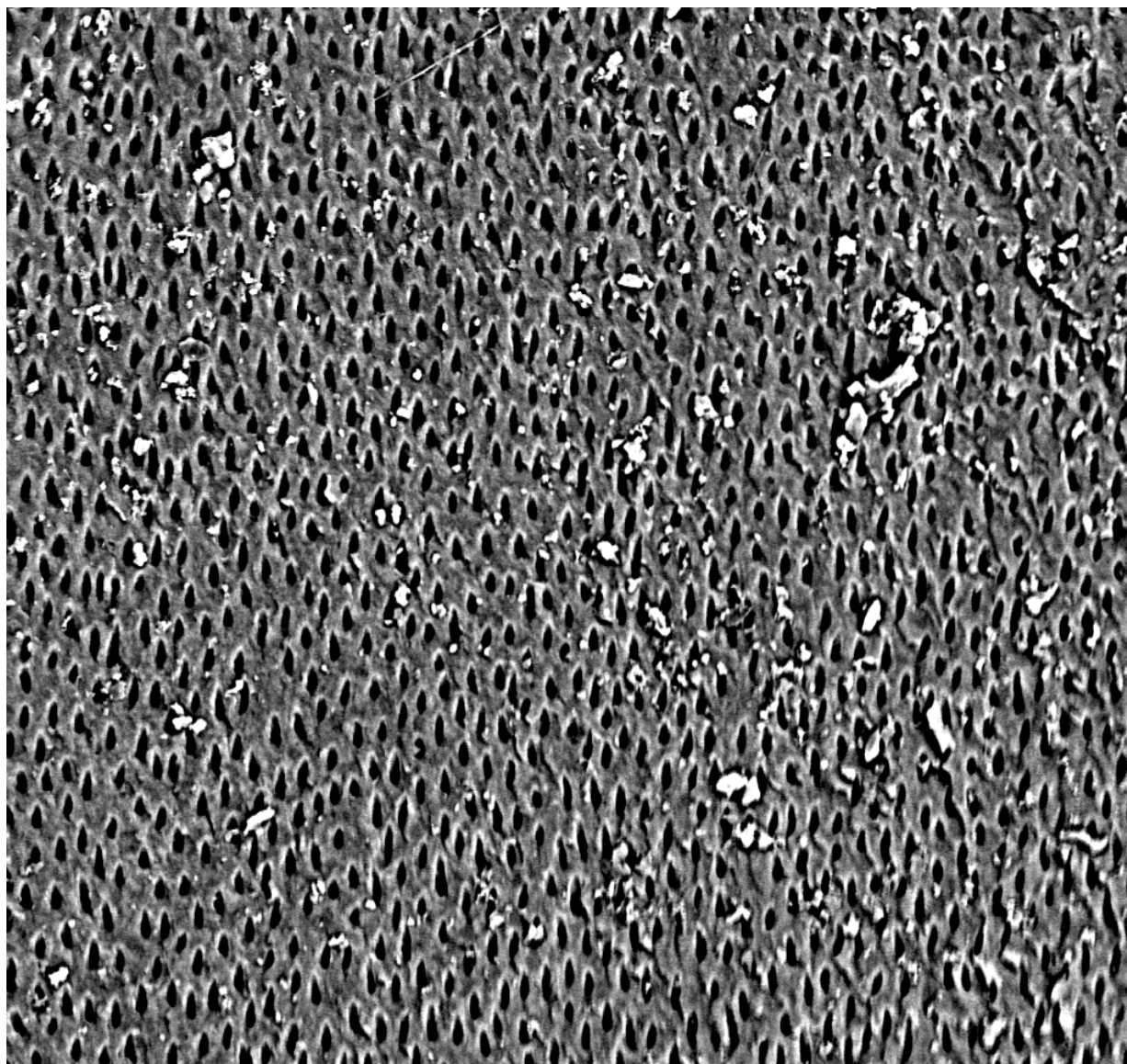


Figure 11 et tableau V : Evaluation de l'irrigation dans le tiers cervical

groupe	% minimum	médiane	% maximum
1A	0,137	1,732	16,118
2A	0,019	4,755	23,701
3A	0,596	10,328	27,976



*Figure 12 : Observation MEB du tiers cervical irrigué
manuellement grossissement x500*

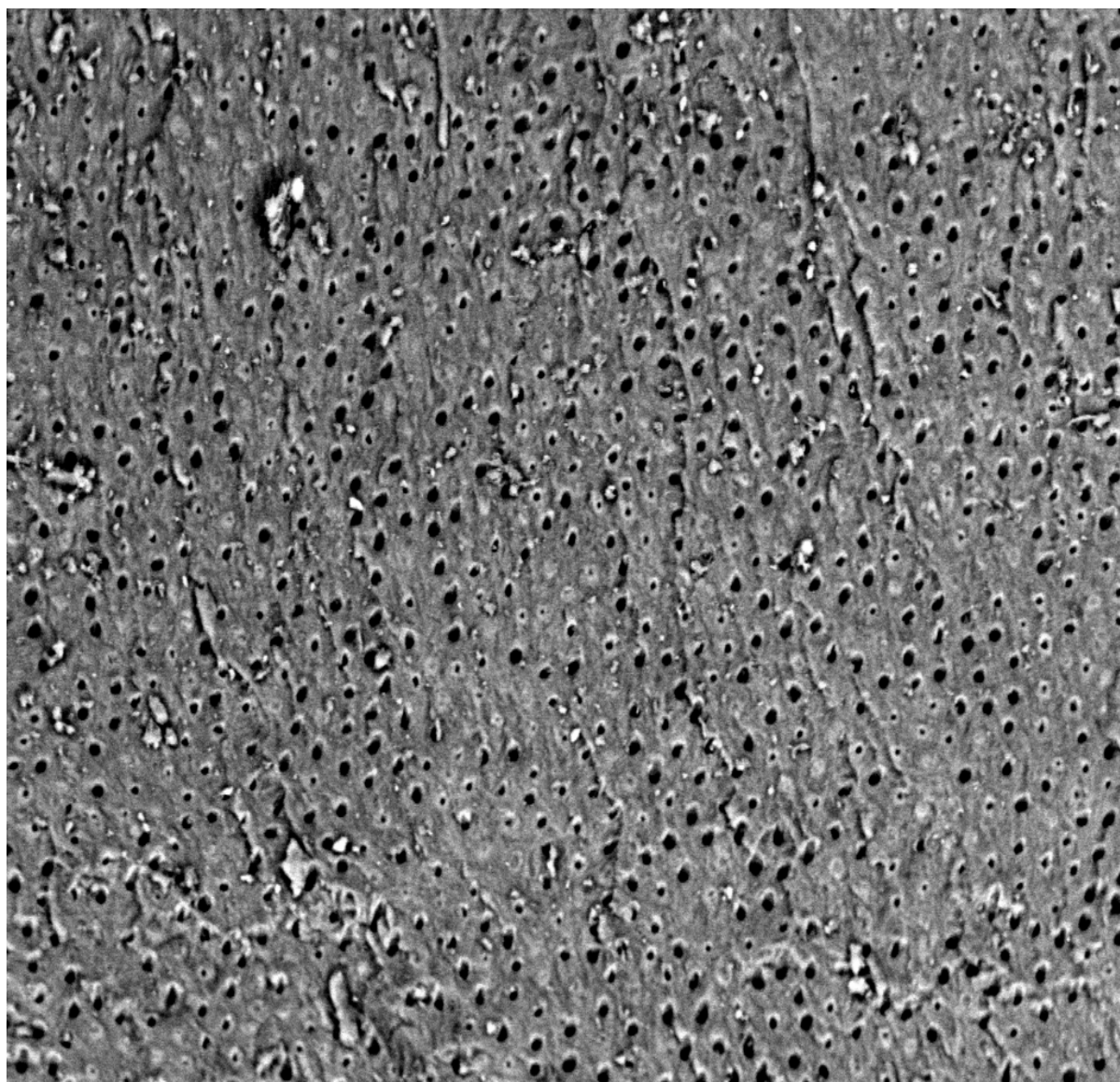


Figure 13 : Observation MEB du tiers cervical irrigué avec une
lime ultrasonore grossissement x500

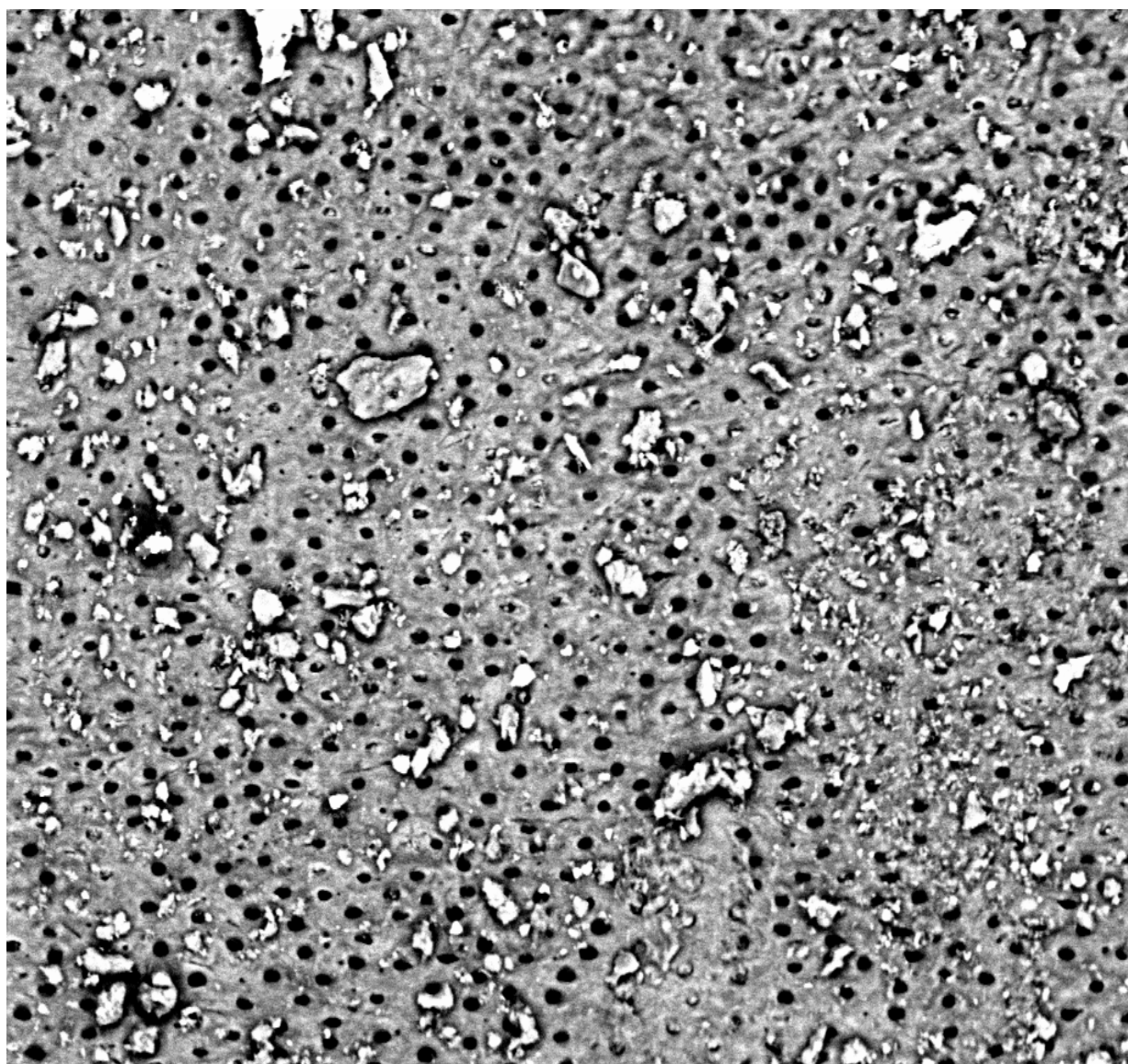


Figure 14 : Observation MEB du tiers cervical irrigué par Rinsendo®
grossissement x500

Evaluation tiers moyen

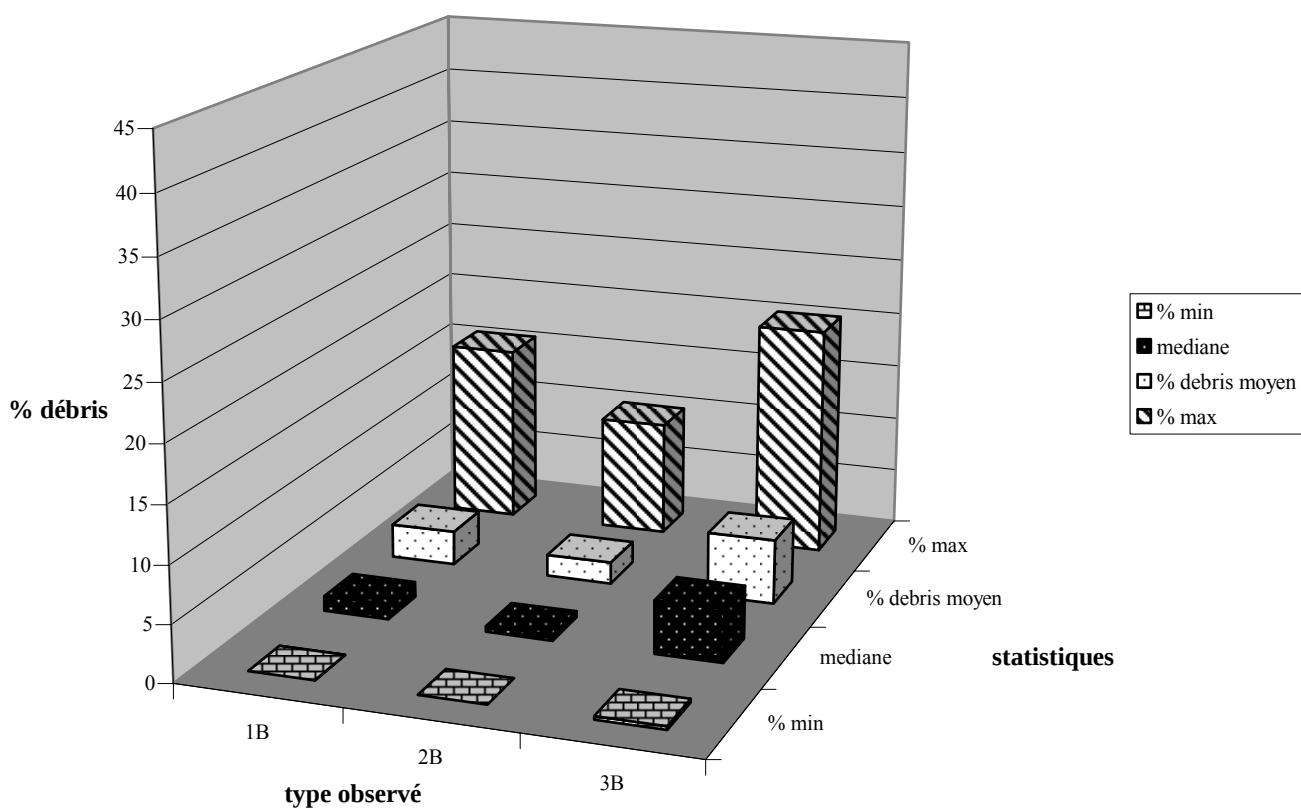


Figure 15 et tableau VI : Evaluation de l'irrigation dans le tiers moyen

groupe	% minimum	médiane	% maximum
1B	0,025	1,338	15,779
2B	0,002	0,514	10,225
3B	0,319	4,663	20,358

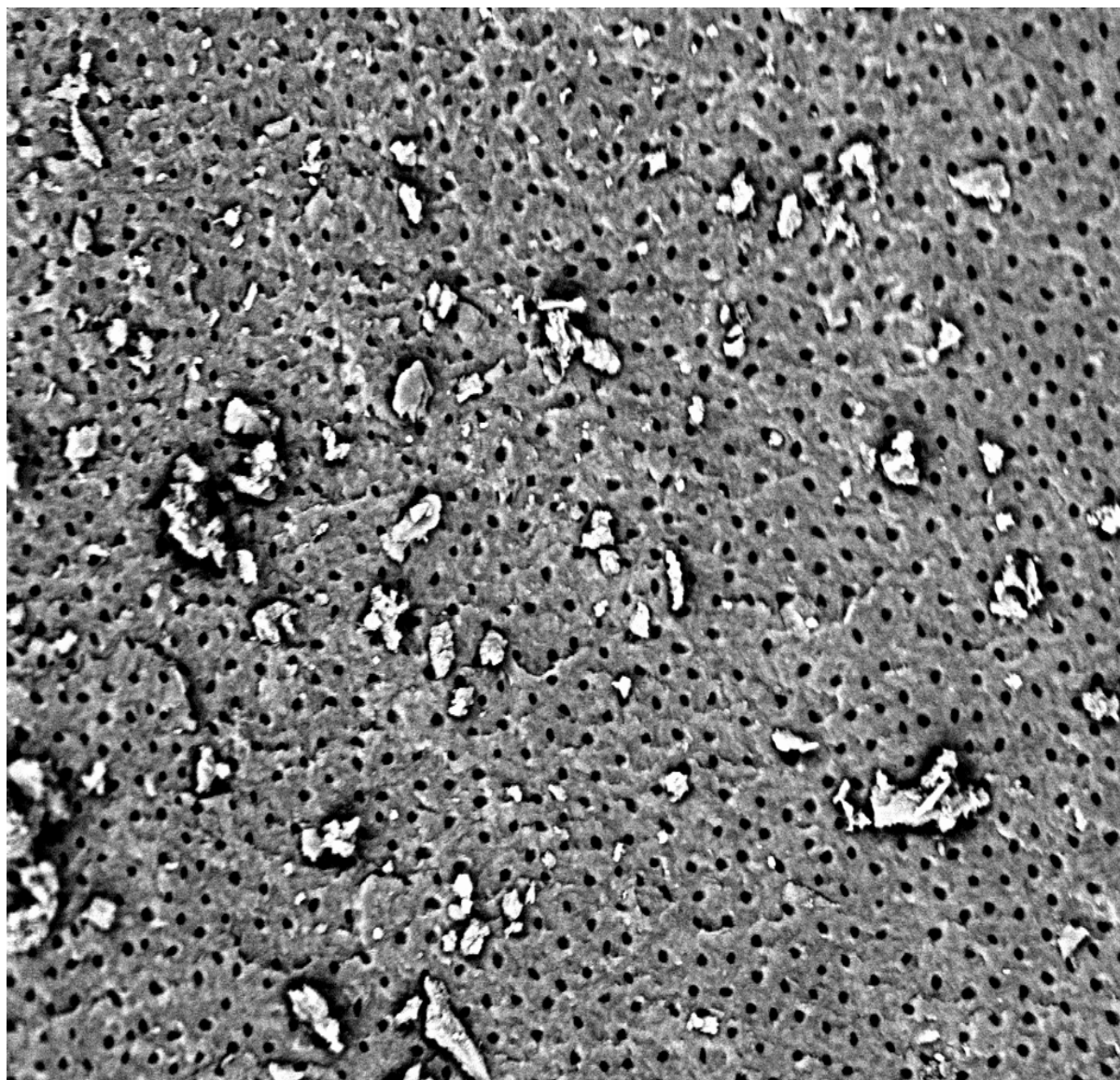


Figure 16 : Observation MEB du tiers moyen irrigué manuellement
grossissement x500

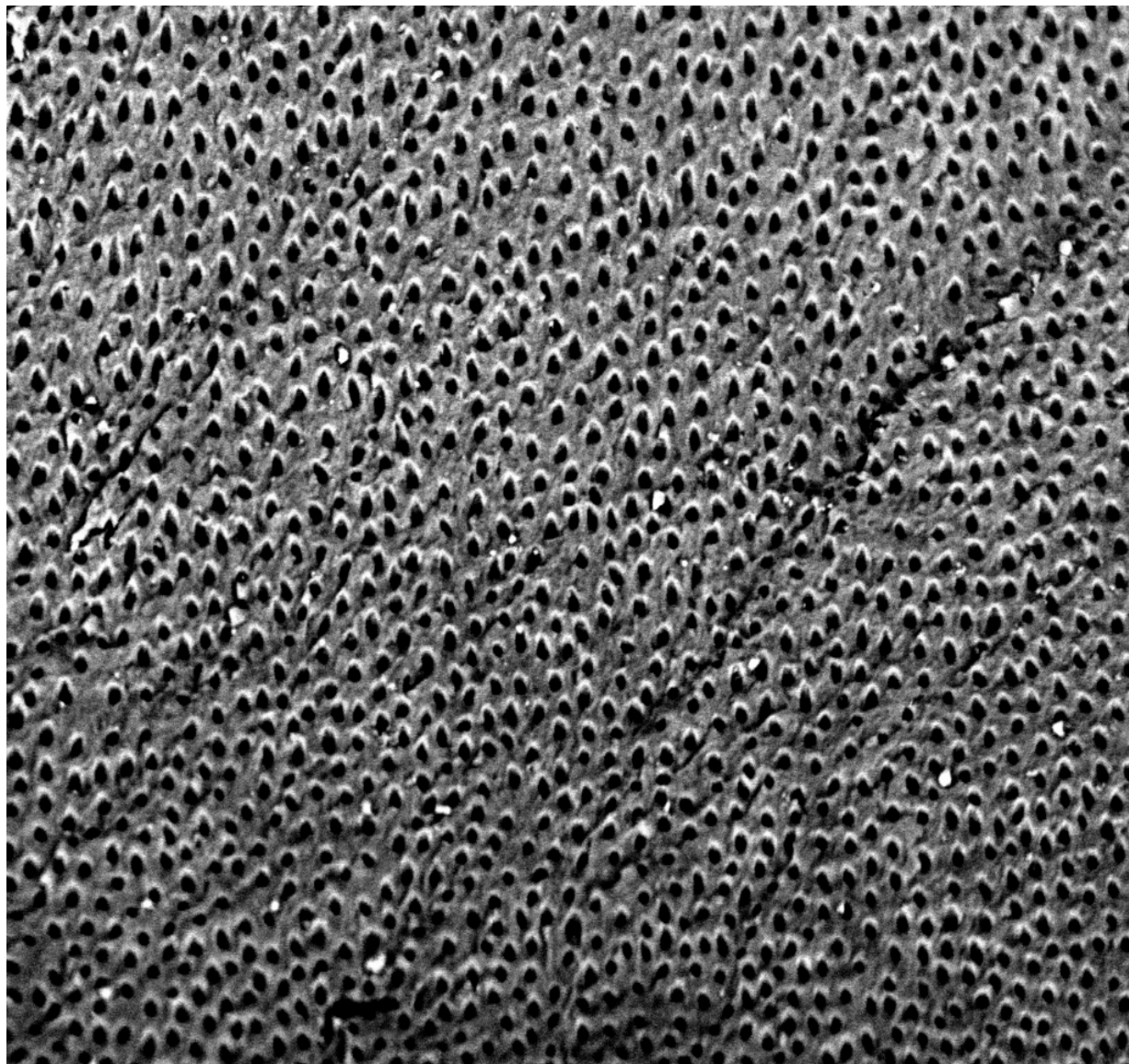
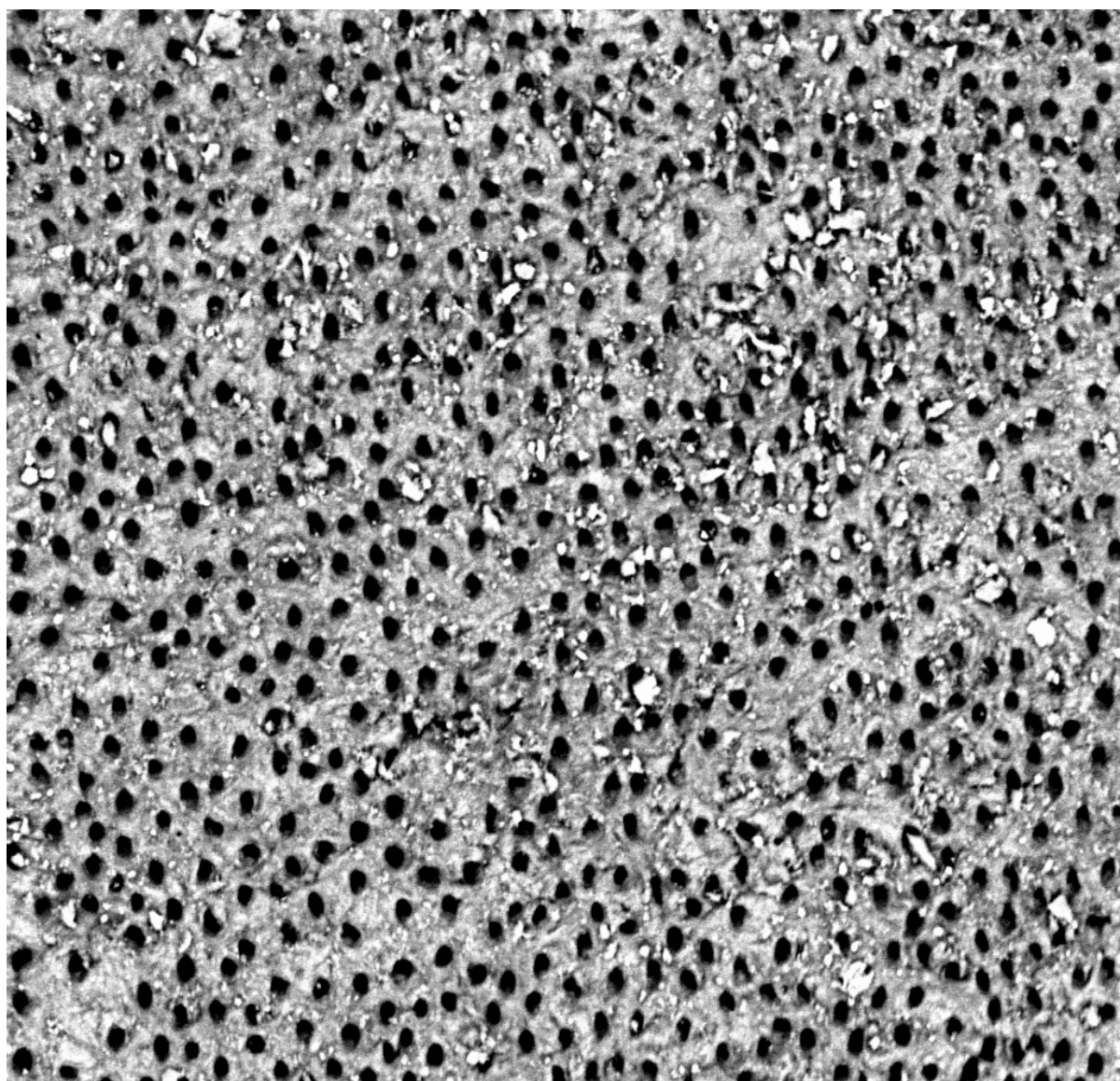


Figure 17 : Observation MEB du tiers moyen irrigué par lime
ultrasonore grossissement x500



*Figure 18 : Observation MEB du tiers moyen irrigué par Rinsendo®
grossissement x500*

Evaluation tiers apical

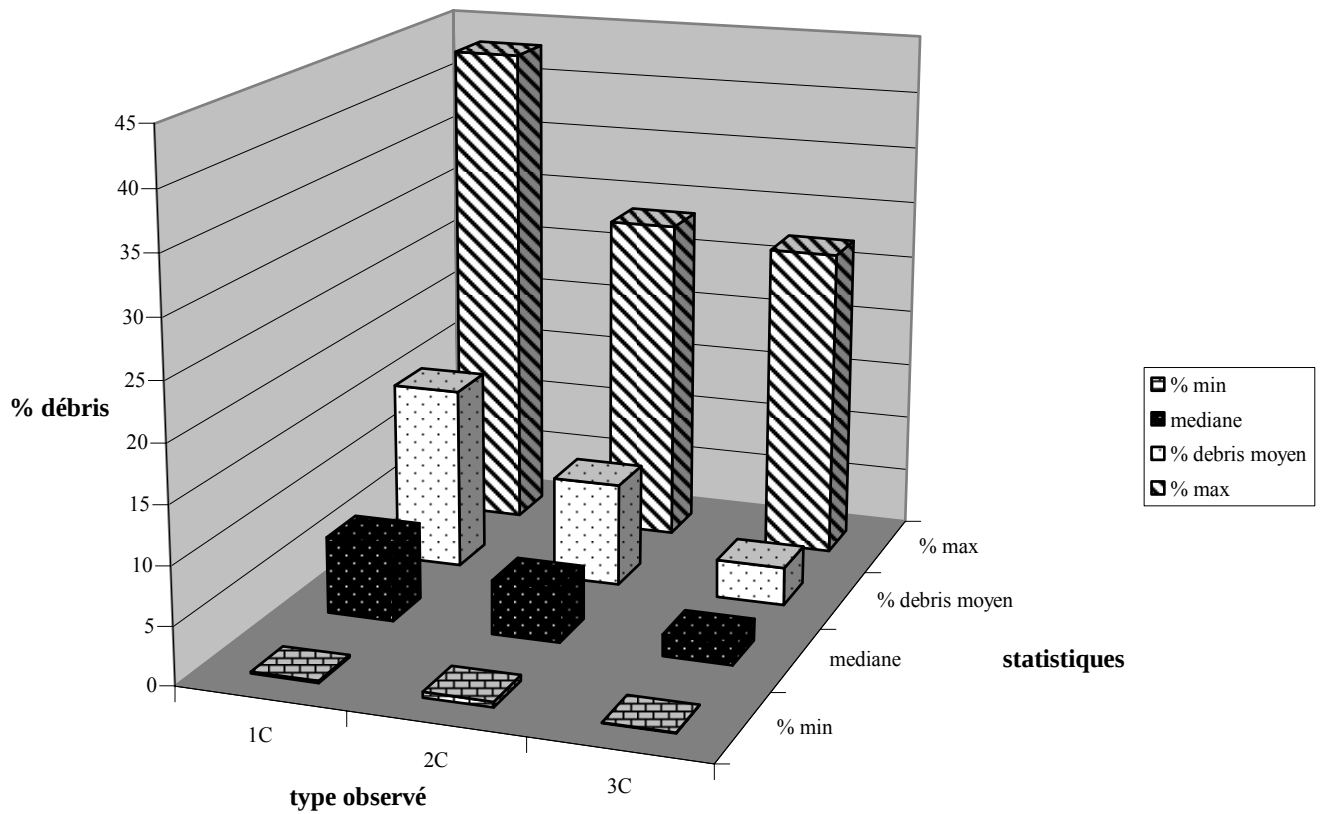
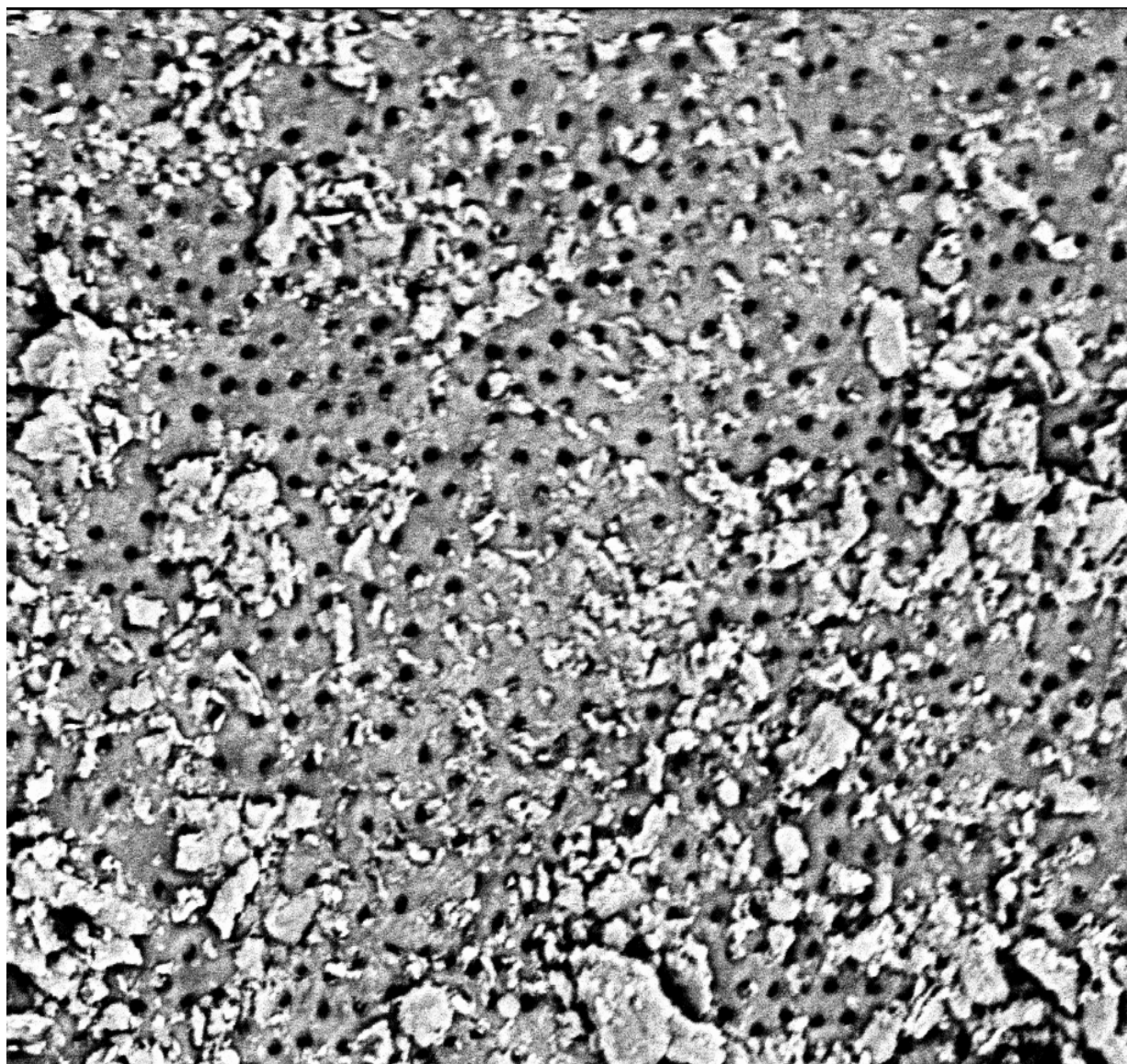


Figure 19 et tableau VII :
Evaluation de l'irrigation dans le tiers apical

groupe	% minimum	médiane	% maximum
1C	0,173	6,668	42,98
2C	0,48	4,65	28,5
3C	0,016	1,874	27,14



*Figure 20 : Observation MEB du tiers apical irrigué
manuellement grossissement x500*

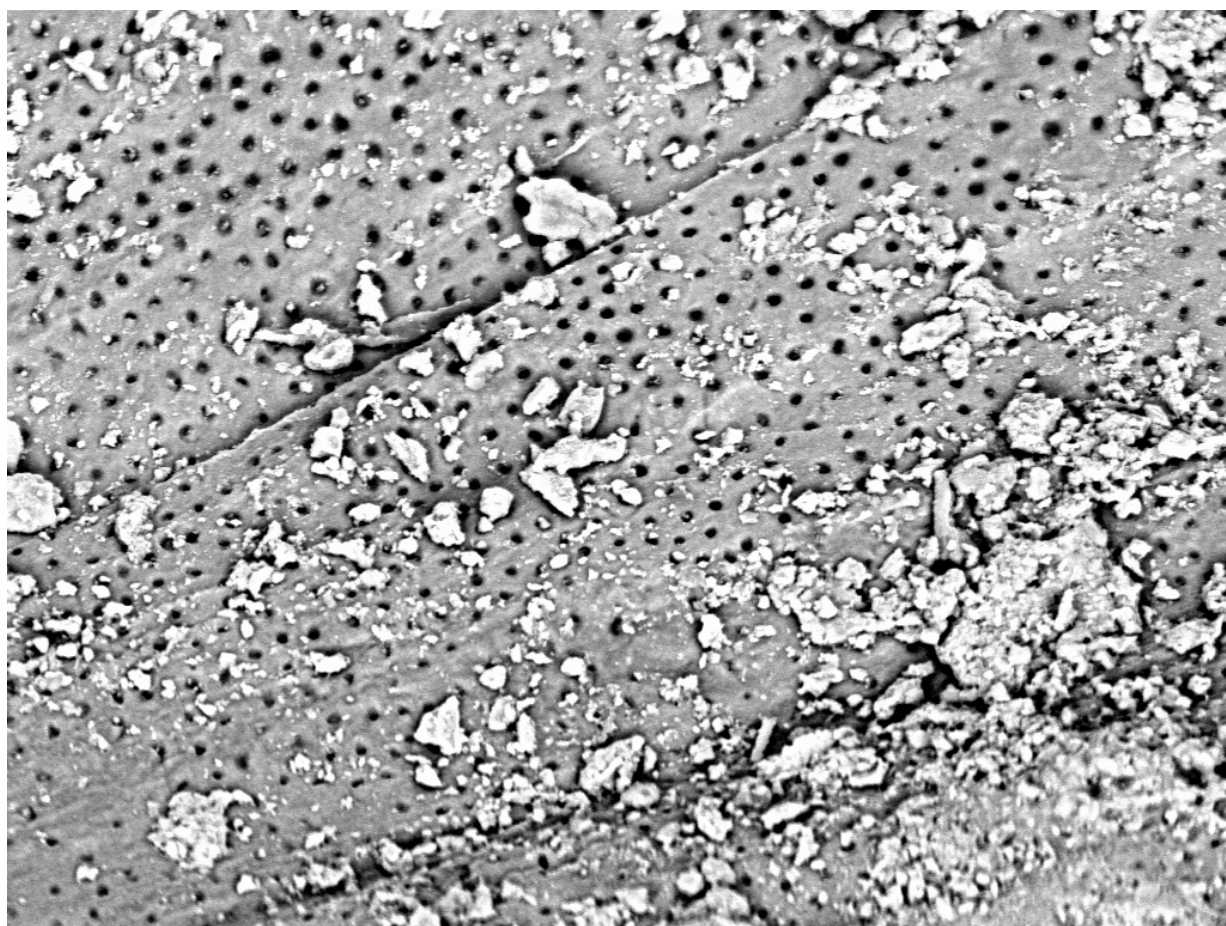
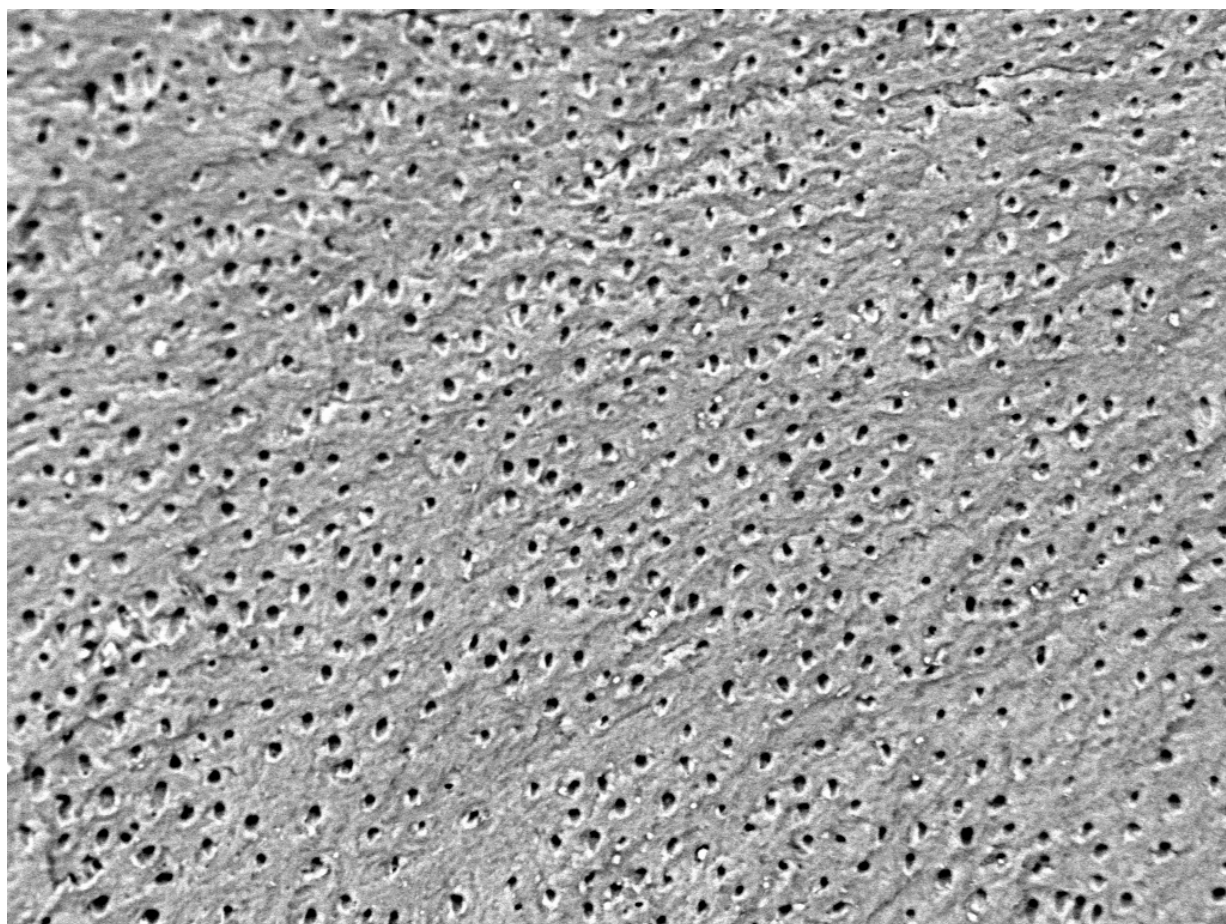


Figure 21 : Observation MEB du tiers apical irrigué par irrigation
ultrasonique grossissement x500



*Figure 22 : Observation MEB du tiers apical irrigué par Rinsendo®
grossissement x500*

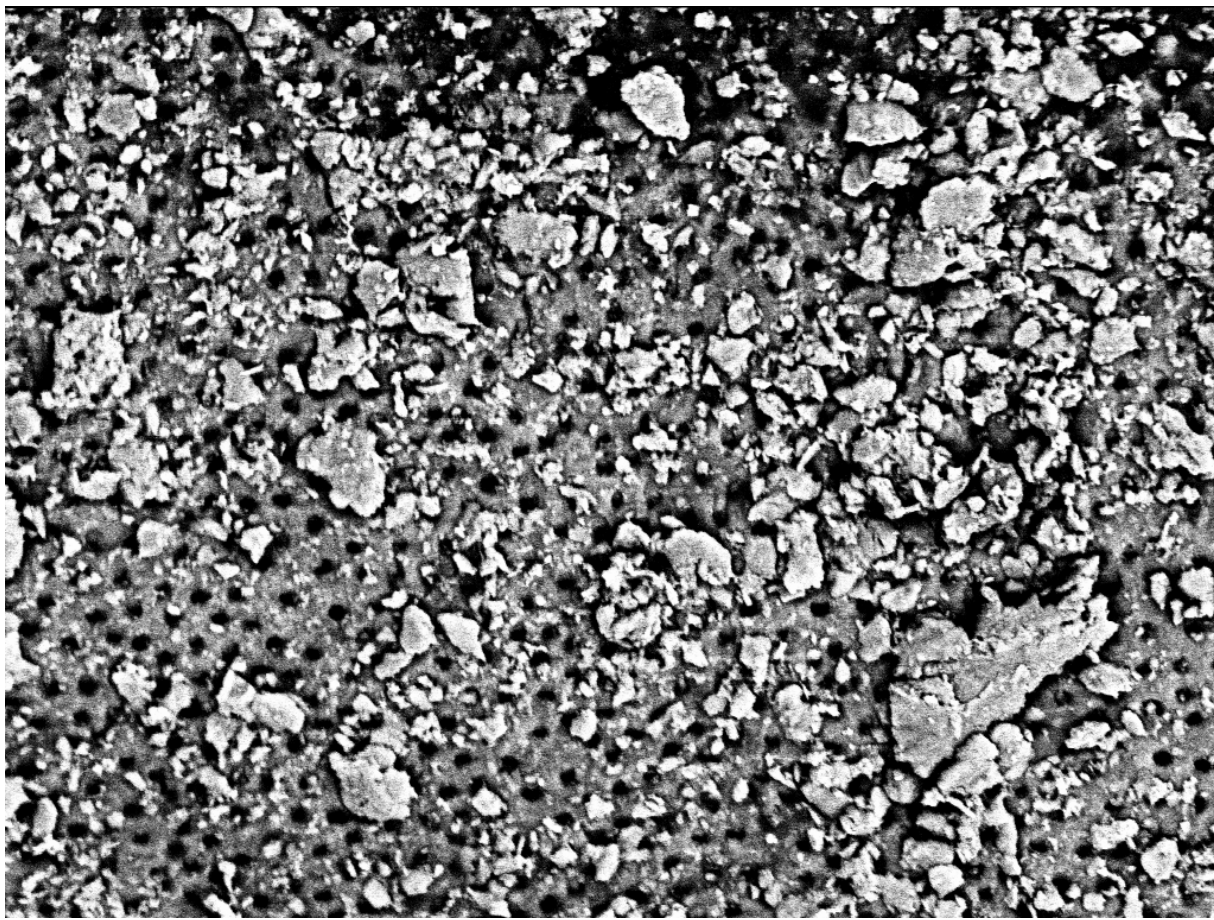


Figure 23 : Exemple de cliché présentant une quantité importante de débris

4.2. Statistique analytique :

L'analyse statistique répond à deux objectifs :

- 1) Identifier le système d'irrigation le plus efficace, surtout dans la portion apicale du canal.
- 2) Savoir s'il existe un effet du système d'irrigation et/ou du niveau canalaire sur le parage.

Plan d'analyse :

Différentes données ont été recueillies : le pourcentage de débris, la surface totale et la surface de débris. Les valeurs mesurées sont des variables quantitatives continues.

L'analyse des données a été réalisée au moyen du logiciel SYSTAT 10.2. Une **statistique descriptive** (médiane, moyenne et écart-type) a été complétée par des **tests de normalité** (test de Lilliefors) qui ont révélé une distribution non Gaussienne des variables étudiées. Une **statistique analytique** a été envisagée à des fins comparatives (comparaison entre les différents échantillons par test de Kruskal-Wallis) et pour mesurer l'effet du système d'irrigation et/ou du niveau canalaire sur le parage (Anova sur rangs à 2 facteurs avec un facteur bloc : le niveau canalaire). Le seuil de signification retenu est de 5%.

Pour simplifier l'analyse, les groupes ont été renommés : 1A, 1B, 1C, 2A, 2B, 2C, 3A, 3B, 3C deviennent respectivement les groupes 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 et 9.

L'analyse de variance montre que les différences de mesures entre l'ensemble des groupes d'échantillons sont statistiquement significatives ($p < 0.0001$).

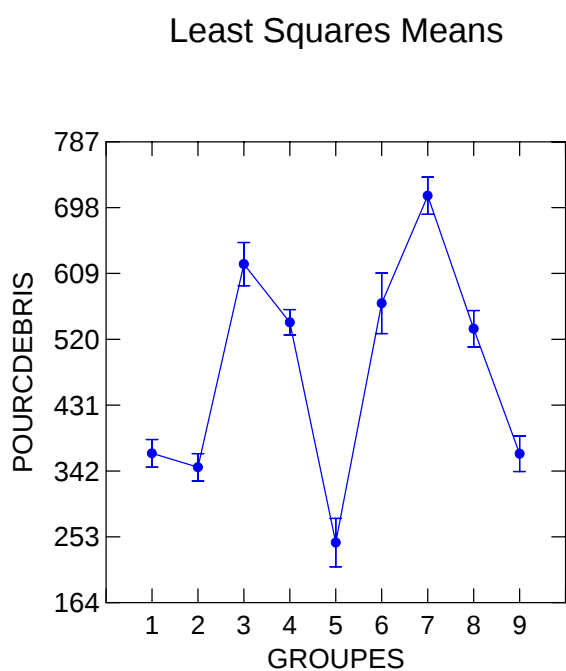


Figure 24 : Pourcentages de débris par unité de surface de chaque groupe d'échantillons

Ce diagramme met en évidence que le pourcentage de débris le plus faible enregistré concerne le groupe 5, soit le tiers moyen irrigué par lime ultrasonore. A l'opposé, le pourcentage de débris le plus important concerne le groupe 7, c'est à dire le tiers cervical irrigué par Rinsendo®.

Tableau VIII : différences significatives entre groupes

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1.000								
2	1.000	1.000							
3	0.000	0.000	1.000						
4	0.000	0.000	0.728	1.000					
5	0.049	0.242	0.000	0.000	1.000				
6	0.000	0.000	1.000	1.000	0.000	1.000			
7	0.000	0.000	0.597	0.000	0.000	0.091	1.000		
8	0.000	0.000	0.800	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000	
9	1.000	1.000	0.000	0.000	0.111	0.001	0.000	0.000	1.000

Les différences de pourcentages de débris par unité de surface ne sont significatives qu'entre certains groupes d'échantillons, matérialisées en gras sur le tableau VIII. Concernant les autres groupes, les différences ne sont pas significatives (test de Bonferroni).

Une analyse par ANOVA (sur rangs) à deux facteurs (irrigation et tiers), nous montre que le pourcentage de débris obtenus est non seulement fonction du système d'irrigation, mais aussi du tiers canalaire irrigué.

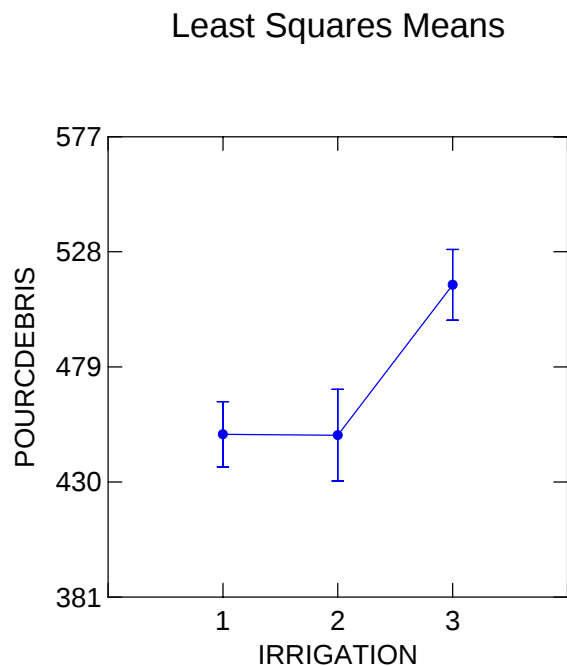
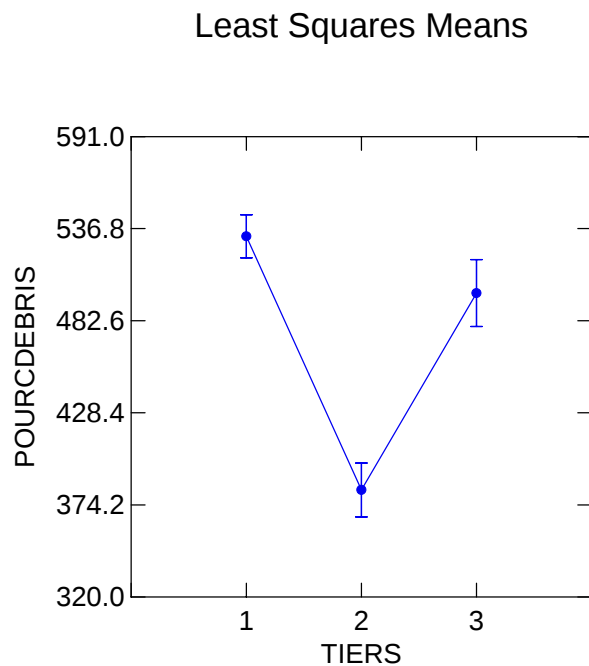


Figure 25 : Pourcentage de débris moyen par unité de surface en fonction du système d'irrigation (1 : manuelle, 2 : ultrasonique, 3 : Rinsendo®)

Ce diagramme montre qu'en moyenne, on retrouve plus de débris dans l'ensemble du canal, lorsque celui-ci est irrigué avec Rinsendo®, que lors de l'irrigation manuelle ou ultrasonore.



*Figure 26: Pourcentage de débris moyen par unité de surface de chaque tiers canalaire observé
(1 : tiers cervical, 2 : tiers moyen, 3 : tiers apical)*

Ce diagramme met en évidence un meilleur nettoyage du tiers moyen, toutes techniques d'irrigation confondues.

Least Squares Means

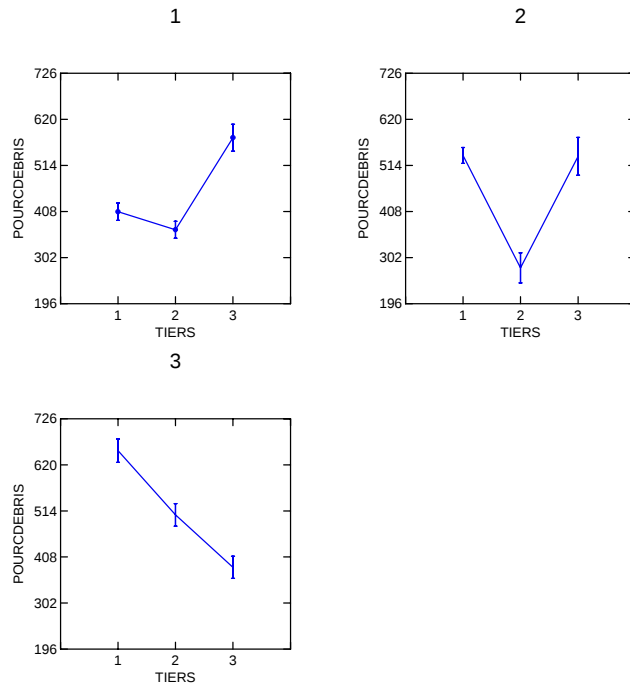


Figure 27 : Pourcentage de débris par unité de surface en fonction du tiers observé et de la technique d'irrigation utilisée (1 : tiers cervical, 2 : tiers moyen, 3 : tiers apical)

Le diagramme n°1 concerne l'irrigation manuelle. Le meilleur nettoyage est obtenu dans les tiers cervical et moyen (différence non significative, cf. tableau VIII, $p=1$).

Le diagramme n°2 concerne l'irrigation ultrasonore. Le meilleur nettoyage est obtenu dans le tiers moyen.

Les différences de nettoyage entre les tiers apical irrigué manuellement ou avec ultrasons ainsi que le tiers cervical irrigué par ultrasons, ne sont pas significatives.

Le diagramme n°3 concerne l'irrigation avec Rinsendo®. Le nettoyage canalaire s'améliore en allant du tiers cervical vers le tiers apical. Les différences entre les résultats obtenus pour le tiers moyen irrigué par ultrasons et le tiers apical irrigué par Rinsendo® ne sont pas significatives.

De façon générale, d'après les calculs de matrice de Bonferroni concernant les tiers observés (pourcentage de débris par unité de surface), il existe des différences significatives entre les tiers cervical et moyen, et entre les tiers moyen et apical. Il n'existe pas de différence significative entre les tiers cervical et apical.

De même, concernant les différents systèmes d'irrigation, il existe une différence statistique significative entre l'irrigation manuelle et Rinsendo®, et entre l'irrigation ultrasonore et Rinsendo®. Il n'existe pas de différence significative entre l'irrigation manuelle et l'irrigation ultrasonore.

Conclusion :

Pour l'irrigation manuelle, c'est le tiers apical qui présente le plus fort pourcentage de débris par unité de surface. Le pourcentage de débris est le plus faible pour le système d'irrigation ultrasonore dans la portion moyenne du canal. C'est le système d'irrigation Rinsendo® qui semble le plus efficace pour parer la zone apicale.

5. Discussion :

5.1. Mise en œuvre des expérimentations :

5.1.1. les traitements endodontiques :

- Le piston de la seringue utilisée pour l'irrigation avec le Rinsendo® (seringue de 5ml en deux parties : seringue + piston) se bloque systématiquement, dès la première ou la seconde irrigation avec NaOCl. Il est nécessaire d'utiliser des seringues en trois parties avec piston siliconé.
- Très fréquemment (dans environ 50% des cas), après que l'on s'assure de la vacuité foraminale par passage d'une lime 15 au-delà de l'apex, on observe un dépassement à travers l'apex de NaOCl, sous forme de jet. Ceci entraîne de modérer l'usage du Rinsendo® sur des dents immatures ou présentant une résorption. De plus amples investigations sur ce sujet sont nécessaires.
- La mise en œuvre du système Rinsendo® est assez bruyante.
- L'utilisation de l'irrigation ultrasonore présente un confort de travail important : peu bruyant et aucune fatigue de l'opérateur.

5.1.2. la coupe des échantillons :

Certains échantillons, à l'observation au microscope électronique à balayage, présentaient une surface particulièrement sale, avec une quantité de débris disproportionnée comparé aux autres échantillons (exemple de cliché ci-dessous). Nous avons considéré que cet état de surface devait être dû à une erreur lors de la coupe : le disque diamanté a dû couper jusqu'au canal et ainsi déposer une quantité très importante de débris et poussières. Pour cette raison, nous avons éliminé ces clichés, qui auraient faussé les analyses statistiques.

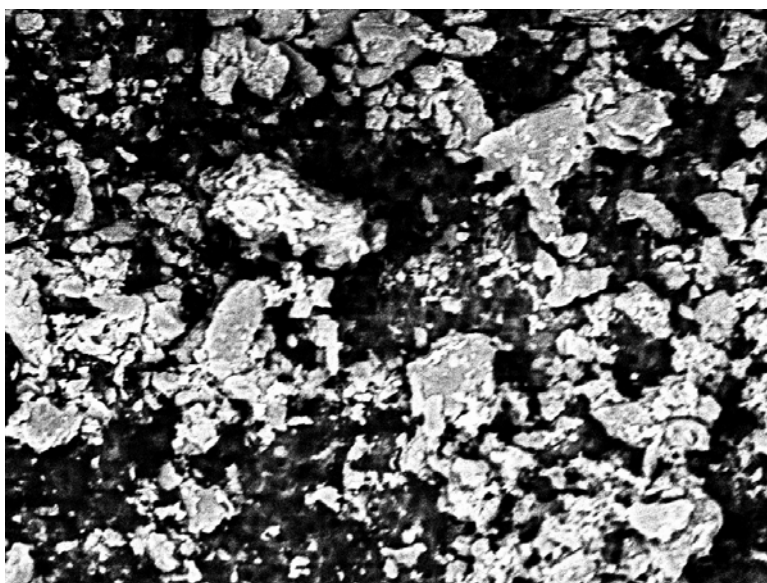


Figure 28 : exemple de cliché avec une quantité de débris très importante

La coupe a posé problème dans le tiers apical : en effet, peu de coupes passaient par le canal, la cassure se faisant entre dentine physiologique et dentine réactionnelle, facilement objectivables visuellement, d'où un nombre limité d'échantillons.

5.1.3. l'observation au MEB :

Les observations ont été très difficiles dans les tiers apicaux : en effet, peu des échantillons coupés étaient exploitables, d'où le nombre peu élevé de clichés dans les tiers apicaux. Ceci explique probablement l'absence de publications concernant l'étude de l'état de surface du tiers apical canalaire.

D'autre part, les débris organiques n'ont pas été observés, car leur dissolution doit être réalisée par l'hypochlorite de sodium, ce qui n'est pas le but de notre étude.

5.2. Résultats :

Les analyses statistiques montrent la supériorité du système Rinsendo® concernant l'irrigation canalaire dans le tiers apical, du point de vue de la quantité de débris inorganiques par unité de surface.

Conclusion

L'étude du système d'irrigation endodontique Rinsendo® a permis de mener une expérimentation comparant ce système aux deux autres moyens d'irrigation canalaire de référence : l'irrigation manuelle et l'irrigation ultrasonore.

Les résultats obtenus ont été soumis à une analyse statistique.

Cette thèse met ainsi en évidence la supériorité de l'irrigation manuelle dans le tiers cervical, celle de l'irrigation ultrasonore dans le tiers moyen, et celle de Rinsendo® dans le tiers apical.

La qualité du nettoyage canalaire permet d'obtenir une étanchéité de l'obturation endodontique. En conséquence, des études ultérieures devront répondre à la problématique suivante : à quel niveau canalaire l'étanchéité est-elle la plus importante ?

ANNEXE

Rapport d'analyse statistique (Dr Bénédicte ENKEL)

1. Statistique descriptive :

Les mesures réalisées :

pourcentage ou volume de débris

la surface totale

la surface de débris

concernent des variables continues (quantitatives).

	% de débris	S totale	S débris
N of cases	930	930	930
Minimum	0.002	4536.876	0.846
Maximum	42.980	39108.480	16808.652
Median	3.022	39108.480	1117.659
Mean	5.472	37401.805	2095.908
Standard Dev	6.686	5058.437	2620.103

Les tests de Lilliefors montrent que ces variables ne sont pas distribuées de façon Gaussienne (p=000) et justifient l'utilisation de tests non paramétriques.

1.1. Pourcentage de débris :

		Irrigation			
		1	2	3	
Tiers	1	1.732 2.694 ± 2.775	4.755 6.017 ± 5.016	10.328 10.181 ± 5.627	3.564 6.088 ± 6.808
	2	1.338 2.948 ± 3.340	0.514 1.920 ± 2.711	4.663 5.721 ± 4.773	1.927 4.493 ± 6.469
	3	6.668 15.02 ± 14.576	4.647 7.908 ± 7.673	1.874 3.313 ± 4.265	2.995 5.634 ± 6.603
		1.842 4.871 ± 6.585	3.540 5.714 ± 6.450	4.230 6.072 ± 7.005	3.022 5.472 ± 6.686

Tableau 1 : valeurs médiane*, moyenne et écart-type** selon l'irrigation et le tiers canalair.

1.2. Surface totale :

		Irrigation			
		1	2	3	
Tiers	1	39108.480	39108.480	39108.480	39108.480
		38403.989	38318.124	39031.382	38493.171
		±2991.851	±3285.096	±719.125	±2845.308
	2	39108.480	39108.480	39108.480	39108.480
		36635.934	35807.837	38589.417	37079.046
		±5527.157	±7558.489	±2350.632	±5334.398
	3	39108.480	29463.141	39108.480	39108.480
		36721.050	30809.900	36239.626	35477.315
		±5260.122	±8042.294	±7731.808	±7338.920
		39108.480	39108.480	39108.480	39108.480
		37377.823	36927.292	37906.465	37401.805
		±4668.400	±5650.493	±4931.846	±5058.437

Tableau 2 : valeurs médiane, moyenne et écart-type** selon l'irrigation et le tiers canalair.*

1.3. S débris :

		Irrigation			
		1	2	3	
Tiers	1	677.458	1859.616	4039.089	1409.370
		1023.575	2340.334	3979.123	2188.776±
		±1036.749	±1970.917	±2204.118	2047.434
	2	512.059	201.005	1823.562	721.344
		1106.567	675.224	2204.392	1361.410
		±1298.720	±1007.262	±1861.461	±1555.435
	3	2428.168	1369.039	679.298	1049.531
		5829.089	2767.574	1245.359	3040.078
		±5730.292	±3113.462	±1679.748	±4256.686
		690.537	1354.941	1813.691	1117.659
		1871.805	2073.839	2431.890±	2095.908
		±3135.747	±2117.700	2220.316	±2620.103

Tableau 3 : valeurs médiane, moyenne et écart-type** selon l'irrigation et le tiers canalair.*

2. Statistique analytique :

Questions :

- ✓ Y a-t-il une différence entre les groupes d'échantillons ?
- ✓ Y a-t-il un effet de l'irrigation et/ou du niveau radiculaire sur les mesures ?

		Irrigation		
		1	2	3
Tiers	1	Groupe 1	Groupe 4	Groupe 7
	2	Groupe 2	Groupe 5	Groupe 8
	3	Groupe 3	Groupe 6	Groupe 9

Questions 1 : Y a-t-il une différence entre les groupes d'échantillons ?

2.1. Test de Kruskal-Wallis

	Statistique	ddl	P value
Pourcentage de débris	224.254	8	0.000
S totale	102.218	8	0.000
S débris	227.390	8	0.000

2.2. Analyse de variance 1 facteur (groupe) sur rangs (variables non gaussiennes) :

	P value
Pourcentage de débris	0.000
S totale	0.000
S débris	0.000

Tables d'ANOVA:

✓ Pourcentage de débris:

Source	Sum-of-Squares	df	Mean-Square	F-ratio	P
Groupes	1.61805E+07	8	2022559.384	36.633	0.000
Error	5.08492E+07	921	55210.846		

✓ S totale :

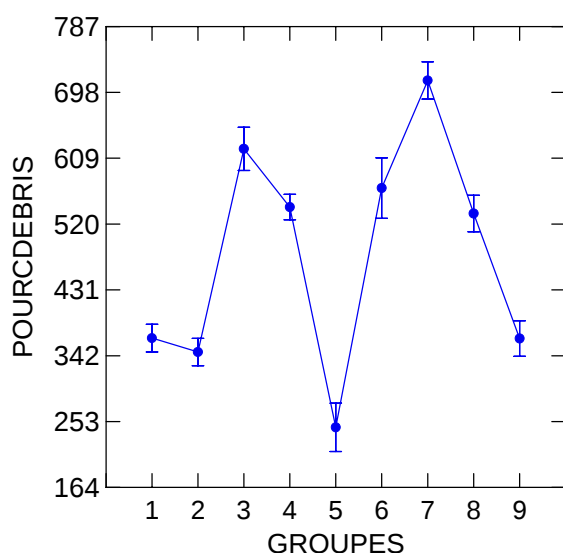
Source	Sum-of-Squares	df	Mean-Square	F-ratio	P
Groupes	2374987.945	8	296873.493	14.233	0.000
Error	1.92099E+07	921	20857.629		

✓ S débris :

Source	Sum-of-Squares	df	Mean-Square	F-ratio	P
Groupes	1.64068E+07	8	2050845.237	37.312	0.000
Error	5.06229E+07	921	54965.149		

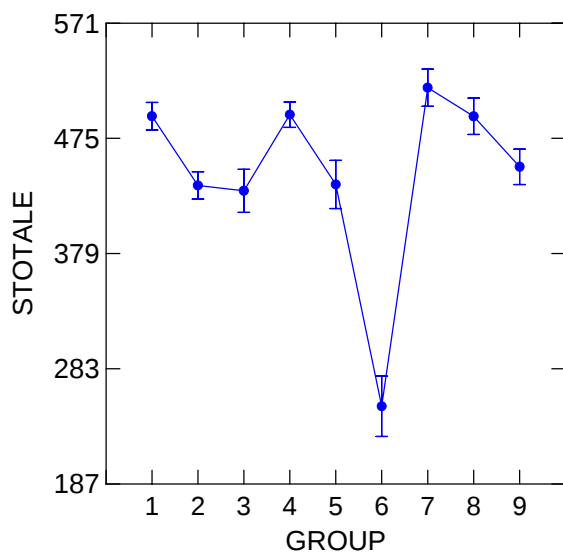
Conclusion : il y a une différence enregistrée pour les 3 mesures entre les groupes
Lesquels ?

Least Squares Means



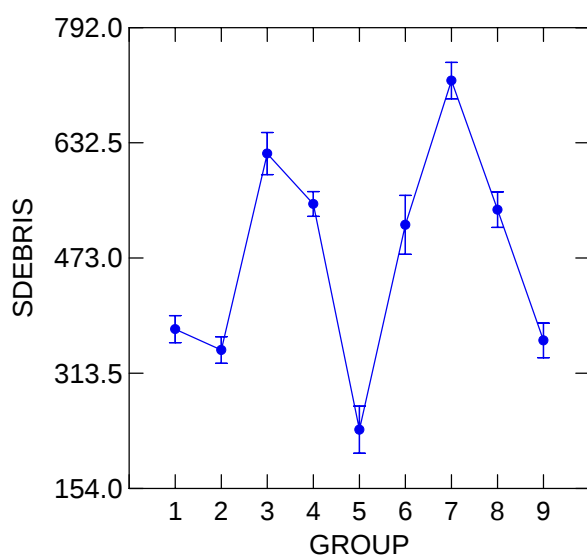
Pourcentages de débris en fonction des groupes d'échantillons observés

Least Squares Means



Surface totale observée pour chaque groupe d'échantillons

Least Squares Means



Surface de débris observée par groupe d'échantillons

La différence entre paires a été évaluée par test de Bonferroni :

✓ Pourcentage de débris :									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1.000								
2	1.000	1.000							
3	0.000	0.000	1.000						
4	0.000	0.000	0.728	1.000					
5	0.049	0.242	0.000	0.000	1.000				
6	0.000	0.000	1.000	1.000	0.000	1.000			
7	0.000	0.000	0.597	0.000	0.000	0.091	1.000		
8	0.000	0.000	0.800	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000	
9	1.000	1.000	0.000	0.000	0.111	0.001	0.000	0.000	1.000

Tableau 4 :Matrix of pairwise comparison probabilities:
En gras, les différences significatives entre groupes, 2 à 2.

✓ S totale:									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1.000								
2	0.014	1.000							
3	0.128	1.000	1.000						
4	1.000	0.006	0.084	1.000					
5	0.502	1.000	1.000	0.375	1.000				
6	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000			
7	1.000	0.001	0.011	1.000	0.054	0.000	1.000		
8	1.000	0.088	0.298	1.000	0.865	0.000	1.000	1.000	
9	0.872	1.000	1.000	0.605	1.000	0.000	0.076	1.000	1.000

Tableau 5 :Matrix of pairwise comparison probabilities:
En gras, les différences significatives entre groupes, 2 à 2.

✓ S débris :									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1.000								
2	1.000	1.000							
3	0.000	0.000	1.000						
4	0.000	0.000	1.000	1.000					
5	0.008	0.117	0.000	0.000	1.000				
6	0.048	0.004	1.000	1.000	0.000	1.000			
7	0.000	0.000	0.313	0.000	0.000	0.001	1.000		
8	0.000	0.000	1.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000	
9	1.000	1.000	0.000	0.000	0.081	0.027	0.000	0.000	1.000

Tableau 6 :Matrix of pairwise comparison probabilities:
En gras, les différences significatives entre groupes, 2 à 2.

Questions 2 :Y a-t-il un effet de l'irrigation et/ou du niveau radiculaire sur les mesures ?

Nous avons affaire ici à un Plan en bloc avec un facteur de blocage qui est le tiers radiculaire (accessibilité=facteur bloc)

L'analyse se fera par une ANOVA(sur rangs) à 2 facteurs (irrigation/tiers), modèle mixte avec plusieurs observations par cellule. C'est donc un modèle avec interaction *irrigation-tiers*.

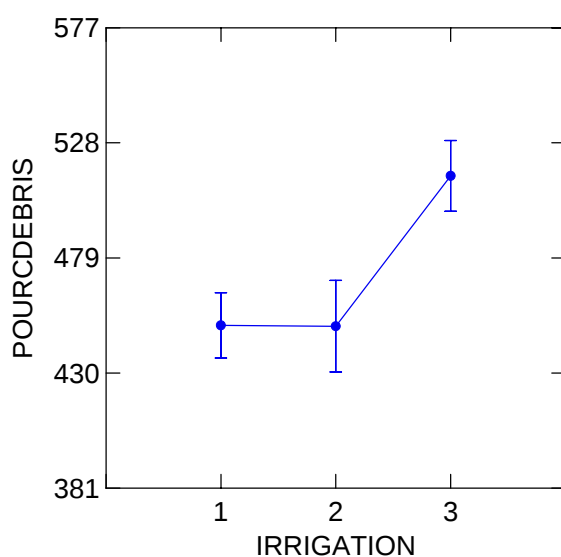
2.3. pourcentage de debris :

Source	Sum-of-Squares	df	Mean-Square	F-ratio	P
IRRIGATION	711638.685	2	355819.342	5.716	0.003
TIERS	3442429.757	2	1721214.879	27.653	0.000
TIERS*IRRIGATION	5842047.836	4	1460511.959	23.464	0.000
Error	5.73271E+07	921	62244.358		

Tableau 7 : table d'Anova :

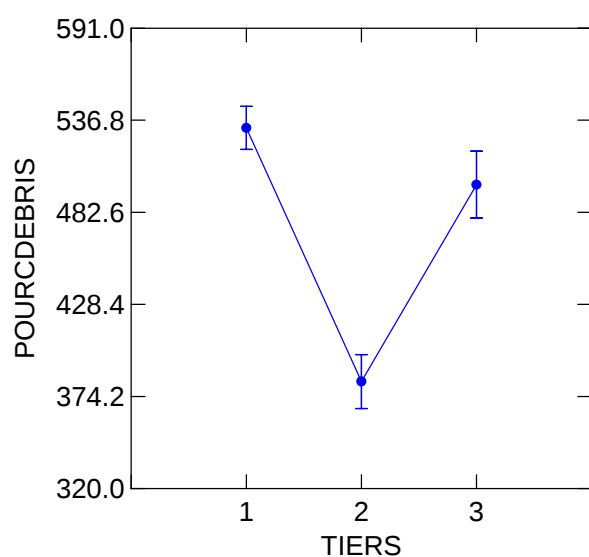
Conclusion :il y a un effet irrigation, tiers et effet conjugué des 2 facteurs.

Least Squares Means



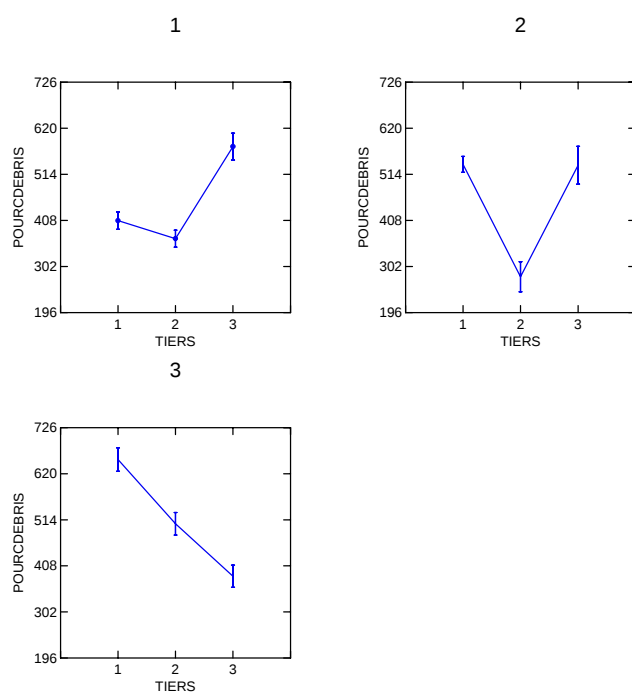
**Pourcentages de debris moyen observé pour chaque type d'irrigation
(1 : manuelle, 2 : ultrasonore, 3 : Rinsendo®)**

Least Squares Means



Pourcentage de débris observé à chaque tiers canalaire

Least Squares Means



Pourcentage de débris observés à chaque tiers canalaire, pour chaque type d'irrigation

✓ **Différences entre tiers :**

	1	2	3
1	1.000		
2	0.000	1.000	
3	0.462	0.000	1.000

Tableau 8: Matrix of pairwise comparison probabilities (Bonferroni)

✓ **Différences entre syst d'irrigation:**

	1	2	3
1	1.000		
2	1.000	1.000	
3	0.006	0.029	1.000

Tableau 9: Matrix of pairwise comparison probabilities (Bonferroni)

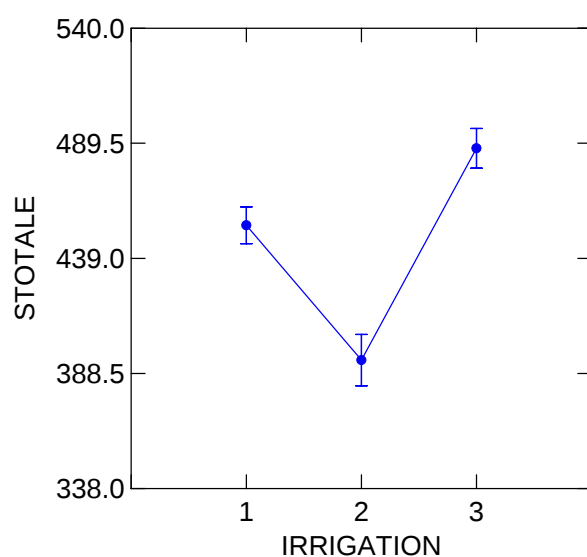
2.4. S totale:

	Source	Sum-of-Squares	df	Mean-Square	F-ratio	P
	IRRIGATION	885141.520	2	442570.760	21.219	0.000
	TIERS	1755012.885	2	877506.443	42.071	0.000
	TIERS*IRRIGATION	729280.584	4	182320.146	8.741	0.000
	Error	1.92099E+07	921	20857.629		

Tableau 10 : table d'Anova :

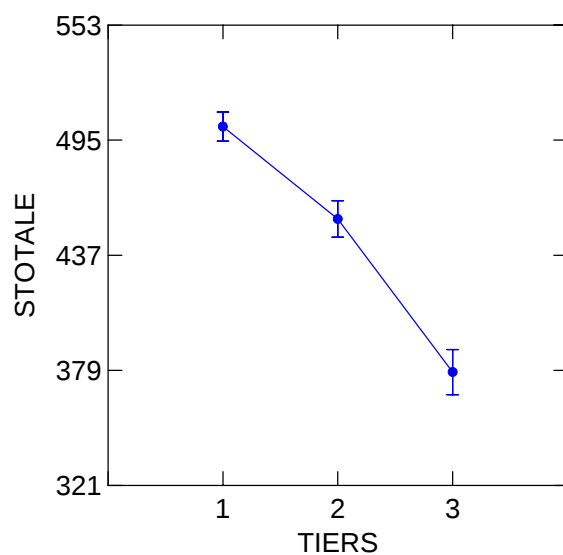
Conclusion :il y a un effet irrigation, tiers et effet conjugué des 2 facteurs.

Least Squares Means



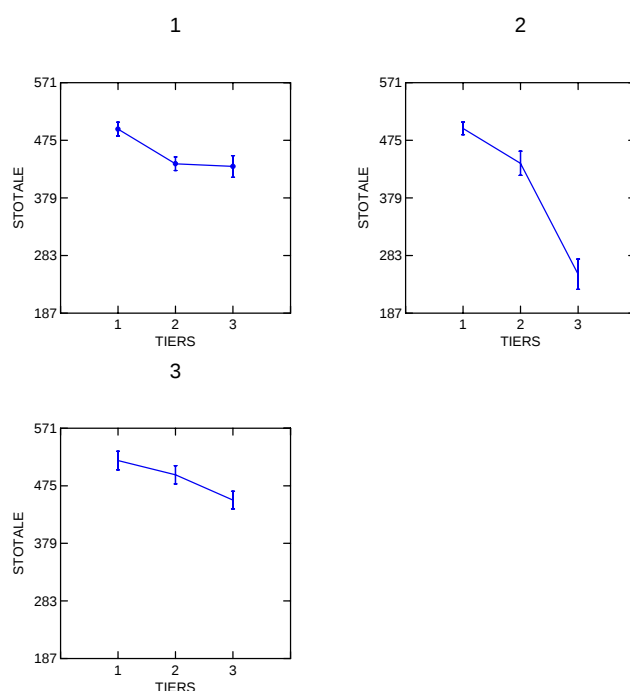
Surface totale observée pour chaque système d'irrigation

Least Squares Means



Surface totale observée pour chaque tiers canalaire

Least Squares Means



Surface totale observée pour chaque tiers canalaire concernant chaque système d'irrigation

✓ Différences entre tiers :

	1	2	3
1	1.000		
2	0.000	1.000	
3	0.000	0.000	1.000

Tableau 11: Matrix of pairwise comparison probabilities (Bonferroni)

✓ Différences entre syst d'irrigation:

	1	2	3
1	1.000		
2	0.000	1.000	
3	0.014	0.000	1.000

Tableau 12: Matrix of pairwise comparison probabilities (Bonferroni)

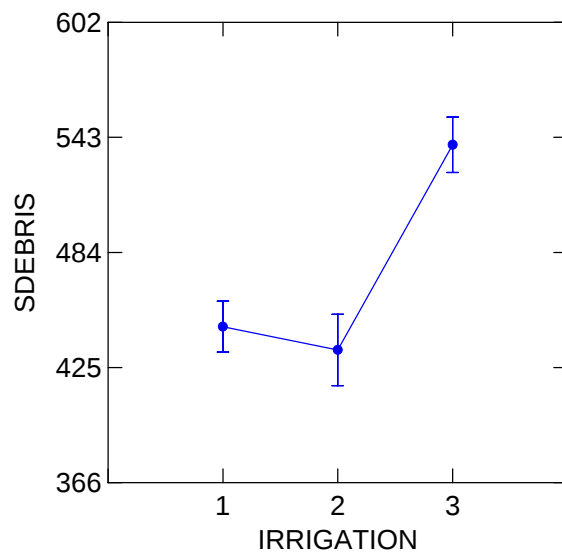
2.5. Sdébris:

Source	Sum-of-Squares	df	Mean-Square	F-ratio	P
IRRIGATION	1671882.900	2	835941.450	15.209	0.000
TIERS	4585241.919	2	2292620.960	41.710	0.000
TIERS*IRRIGATION	1.05394E+07	4	2634856.963	47.937	0.000
Error	5.06229E+07	921	54965.149		

Tableau 13 : table d'Anova :

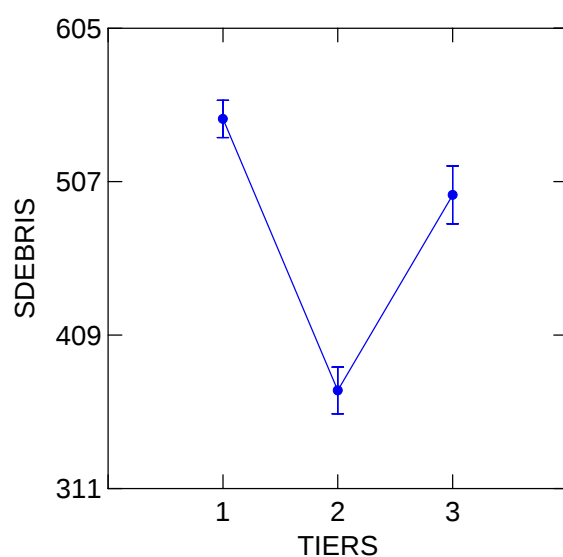
Conclusion :il y a un effet irrigation, tiers et effet conjugué des 2 facteurs.

Least Squares Means



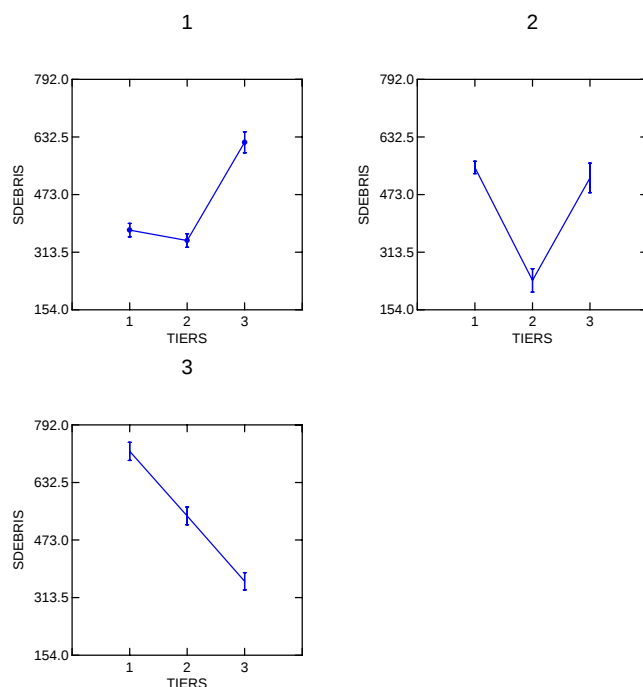
Surface de débris obtenus pour chaque système d'irrigation

Least Squares Means



Surface de débris obtenus pour chaque tiers canalaire observé

Least Squares Means



Surface de débris obtenus pour chaque tiers canalaire en fonction du système d'irrigation étudié

✓ **Différences entre tiers :**

	1	2	3
1	1.000		
2	0.000	1.000	
3	0.083	0.000	1.000

Tableau 14: Matrix of pairwise comparison probabilities (Bonferroni)

✓ **Différences entre syst d'irrigation:**

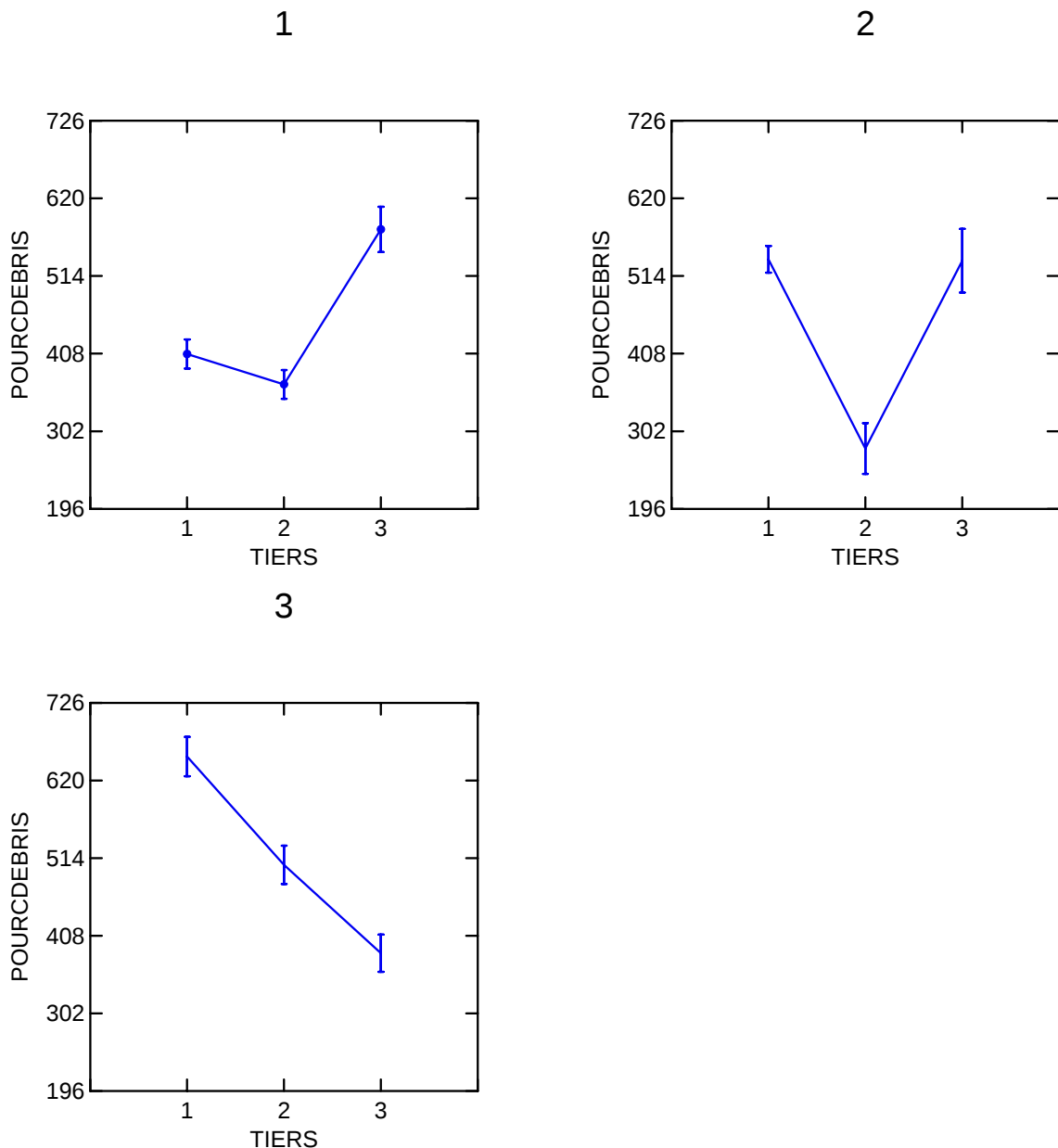
	1	2	3
1	1.000		
2	1.000	1.000	
3	0.000	0.000	1.000

Tableau 15: Matrix of pairwise comparison probabilities (Bonferroni)

SYNTHESE

✓ Pour le pourcentage de débris:

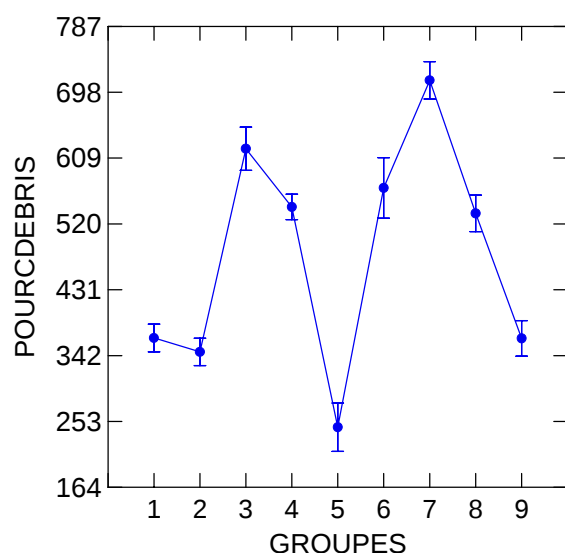
Least Squares Means



Pourcentage de débris observés par tiers canalaire, en fonction du système d'irrigation utilisé

- Pour le système d'irrigation 1, c'est le tiers apical qui présente le plus fort % de débris
- Pour le système d'irrigation 2, c'est le tiers moyen qui présente le plus faible % de débris
- Pour le système d'irrigation 3, c'est le tiers apical qui présente le plus faible % de débris

Least Squares Means

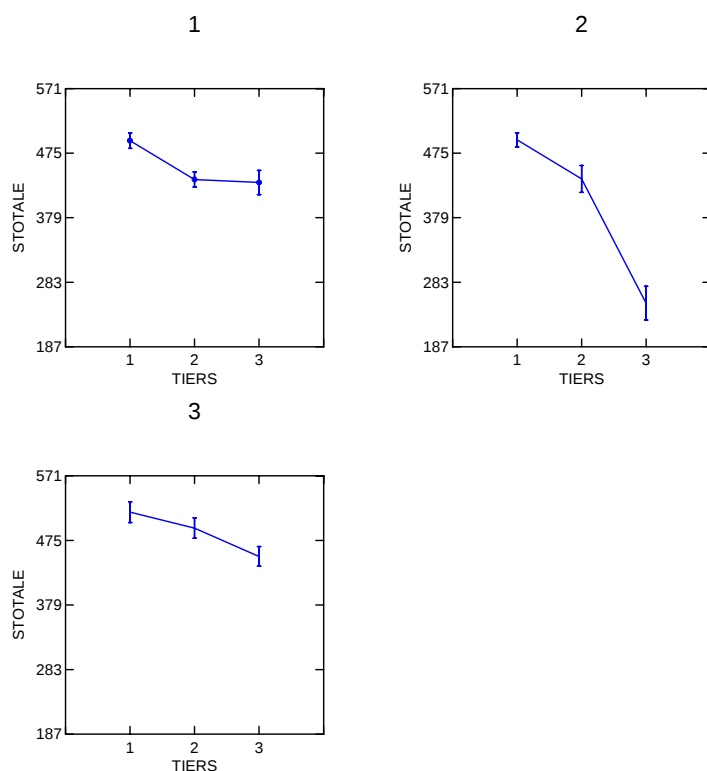


Pourcentage de débris observés pour chaque groupe d'échantillons

Le pourcentage de débris est le plus faible pour le système d'irrigation 2 dans la portion moyenne du canal. C'est le système d'irrigation 3 qui semble le plus efficace pour parer la zone apicale.

✓ **Pour S Totale :**

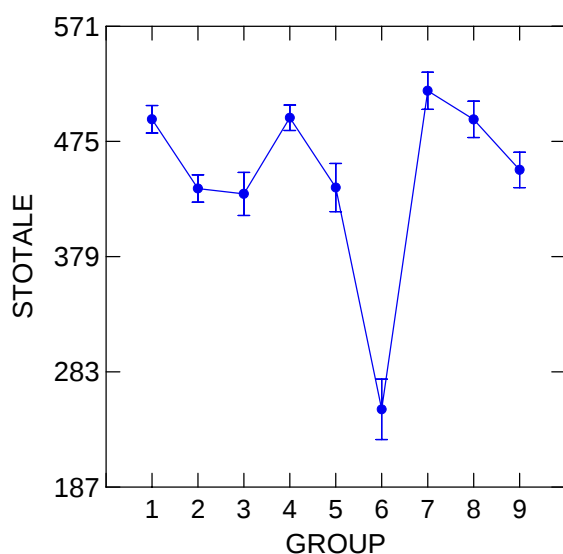
Least Squares Means



Surface totale observée pour chaque tiers canalaire dans chaque système d'irrigation

C'est le tiers apical pour le système d'irrigation 2 qui a un **Stotale** le plus bas.

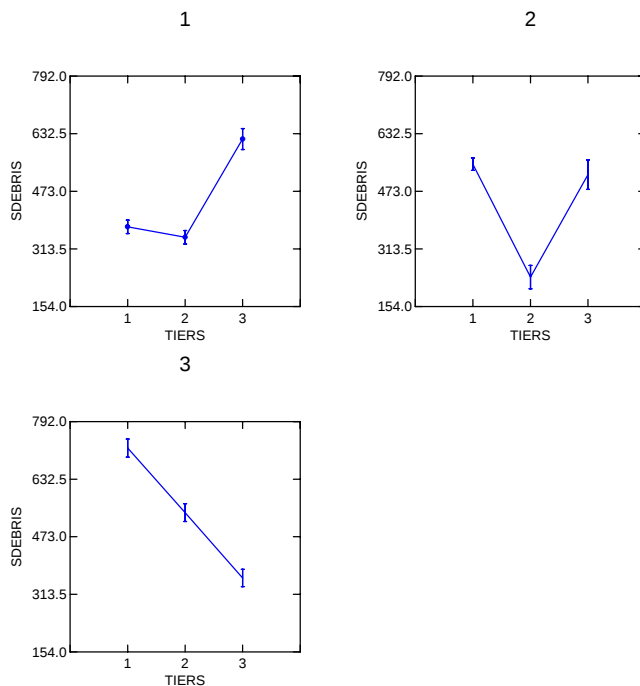
Least Squares Means



Surface totale observée dans chaque groupe d'échantillons

✓ **Pour S Débris :**

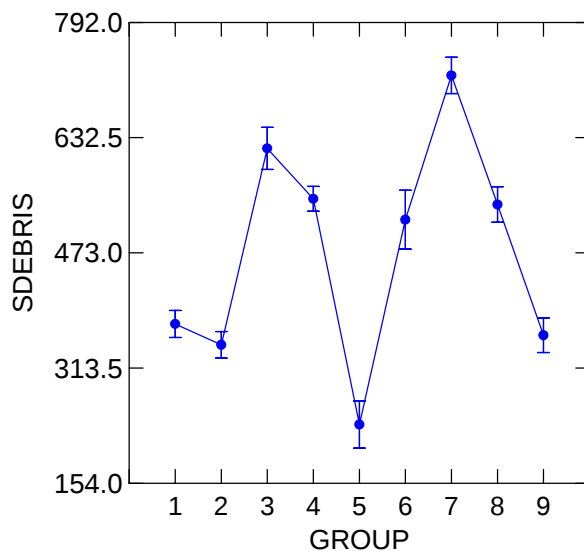
Least Squares Means



Surface de débris observée dans chaque tiers canalaire pour chaque système d'irrigation

Sdébris est le plus faible pour le système d'irrigation 2 dans la portion moyenne du canal.

Least Squares Means



Surface de débris observée pour chaque groupe d'échantillons

Volume horaire pour la gestion des données, l'analyse statistique et la production du rapport :
4 jours de travail (environ 30 heures de travail).

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- 1- **ABOU RASS M et PICCININO MV.**
The effectiveness of four clinical irrigation methods on the removal of root canal debris.
Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 1982;**54**(3): 323-328.
- 2- **AHMAD M, PITT FORD TR et CRUM LA.**
Ultrasonic debridement of root canals: acoustic streaming and its possible role.
J Endod 1987;**13**(10): 490-499.
- 3- **AHMAD M, PITT FORD TR et CRUM LA.**
Ultrasonic debridement of root canals: an insight into the mechanisms involved.
J Endod 1987;**13**(3): 93-101.
- 4- **AKISUE E et GAVINI G.**
Effect of the 25% citric acid solution and 17% EDTA solution in the dentinal hardness.
ECLER Endod 2000; **2**(2) Sao Paulo
http://ecler.bvs.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-40552000000200002&lng=es&nrm=iso
- 5- **AKTENER BO, CENZIG T et PISSKIN B.**
The penetration of smear layer into dentinal tubules during instrumentation with surface-active reagents: a scanning electron microscopic study.
J Endod 1989;**15**(12): 588-590.
- 6- **ARI H, ERDEMIR A et BELLI S.**
Evaluation of the effect of endodontic irrigation solutions on the microhardness and the roughness of root canal dentin.
J Endod 2004;**30**(11): 792-795.
- 7- **ARI H et ERDEMIR A.**
Effect of endodontic irrigation solutions on mineral content of root canal dentin using ICP-AES technique.
J Endod 2005;**31**(3): 187-189.

- 8- BAUMGARTNER JC et CUENIN PR.**
Efficacy of several concentrations of sodium hypochlorite for root canal irrigation.
J Endod 1992;**18**(12): 605-612.
- 9- BECKING AG.**
Complications in the use of sodium hypochlorite during endodontic treatment. Report of three cases.
Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 1991;**71**(3): 346-348.
- 10- BELTZ RE, TORABINEJAD M et POURESMAIL M.**
Quantitative analysis of the solubilizing action of MTAD, sodium hypochlorite, and EDTA on bovine pulp and dentin.
J Endod 2003 ;**29**(5): 334-337.
- 11- BENAMAR et BENSOUSSAN C.**
Objectifs du parage canalaire.
Rev Odontostomatol 1998;**27**(4): 283-287.
- 12- BRISENO BM, WIRTH R, HAMM G et coll.**
Efficacy of different irrigation methods and concentrations of root canal irrigation solutions on bacteria in the root canal.
Endod Dent Traumatol 1992;**8**(1): 6-11.
- 13- BROWN DC, MOORE BK, BROWN CE Jr et coll.**
An *in vitro* study of apical extrusion of sodium hypochlorite during endodontic canal preparation.
J Endod 1995;**21**(12): 587-591.
- 14- BUCK RA, CAI J, ELEASER PD et coll.**
Detoxification of endotoxin by endodontic irrigants and calcium hydroxide.
J Endod 2001;**27**(5): 325-327.
- 15- BUCK R, ELEAZER PD et STAAT RH.**
In vitro disinfection of dentinal tubules by various endodontics irrigants.
J Endod 1999;**25**(12): 786-788.
- 16- BYSTROM A et SUNDQVIST G.**
Bacteriologic evaluation of the efficacy of mechanical root canal instrumentation in endodontic therapy.
Scand J Dent Res 1981;**89**(4): 321-328.

17- CABA JY et GAVINI G.

Evaluation in vitro of the influence of different final irrigation substances, over the dentine radicular canal.

Endod Clin Pract Educ Res 1999;**1**(2).

http://ecler.bvs.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-40551999000200001&lng=es&nrm=iso&tlng=en

18- CALAS P, ROCH DT et MICHEL G.

In vitro attachment of streptococcus sanguis to the dentin of the root canal.

J Endod 1994;**20**(2): 71-74.

19- CALT S et SERPER A.

Smear layer removal by EGTA.

J Endod 2000;**26**(8): 459-461.

20- CALT S et SERPER A.

Time-dependant effects of EDTA on dentin structures.

J Endod 2002;**28**(1): 17-19.

21- COBANKARA FK, ADANR N et BELLI S.

Evaluation of the influence of smear layer on the apical and coronal sealing ability of two sealers.

J Endod 2004;**30**(6): 406-409.

22- COHEN S et BURNS RC.

Cleaning and shaping the root canal system.

In: COHEN S et BURNS RC, eds. Pathways of the pulp. 6th ed.
St Louis : Mosby, 1994: 196-200.

23- COMTESSE C.

Le traitement chimique de la surface dentinaire après ampliation.

Thèse : doctorat Sci. Odontol, Toulouse 3, 1995.

24- CUNNINGHAM WT, MARTIN H, PELLEN GB et coll.

A comparison of antibacterial effectiveness of endosonic and hand root canal therapy.

Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 1982;**54**(2): 238-241.

- 25- CURY JA, BRAGOTTO C et VALDRIGHI L.**
The demineralising efficiency of EDTA solutions on dentin. I. Influence of pH.
Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 1981;**52**(4): 446-448.
- 26- DAUTEL-MORAZIN A, VULCAIN JM, et BONNAURE-MALLET M.**
A ultrastructural study of the smear layer : comparative aspects using secondary electron image and backscattered electroimage.
J Endod 1994;**20**(11): 531-534.
- 27- DI LEONARDA R, CADENARO M et SBAIZERO O.**
Effectiveness of 1 mol/L citric acid and 15% EDTA irrigation on smear layer removal.
Int Endod J 2000;**33**(1): 46-52.
- 28- DRAKE DR, WIEMANN AH, RIVERA EM et coll.**
Bacterial retention in canal walls in vitro : effect of smear layer.
J Endod 1994;**20**(2): 78-82.
- 29- ELDENIZ AU, ERDEMIR A et BELLI S.**
Effect of EDTA and citric acid solutions on the microhardness and the roughness of human root canal dentin.
J Endod 2005;**31**(2): 107-110.
- 30- EMILSON CG.**
Susceptibility of various microorganisms to chlorhexidine.
J Dent Res 1977;**85**(4): 255-265.
- 31- EMILSON CG.**
Potential efficacy of chlorhexidine against mutans streptococci and human dental caries.
J Dent Res 1994;**73**: 682-691.
- 32- ERCAN E, OZEKINCI T, ATAKUL K et coll.**
Antibacterial activity of 2% chlorhexidine gluconate and 5.25% sodium hypochlorite in infected root canal: in vivo study.
J Endod 2004;**30**(2): 84-87.
- 33- ESTRELA C, RIBEIRO RG, ESTRELA CRA et coll.**
Antimicrobial effect of 2% sodium hypochlorite and 2% chlorhexidine tested by different methods.
Braz Dent J 2003;**14**: 58-62

- 34- ESTRELA C, ESTRELA CRA, BARBIN EL et coll.**
Mechanism of action of sodium hypochlorite.
Braz Dent J 2002;**2**: 113-117
- 35- ESTRELA CRA, ESTRELA C, REIS C et coll.**
Control of microorganisms in vitro by endodontic irrigants.
Braz Dent J 2003;**14**(3)
http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-64402003000300009&script=sci_arttext&tlng=en
- 36- FAROUZ R, DELZANGLES B et LAURENT E.**
L'enduit parietal endodontique: première partie.
Rev Odontostomatol 1988 ;**17**(2): 107-115.
- 37- FAROUZ R, DELZANGLES B et LAURENT E.**
L'enduit pariétal endodontique : deuxième partie.
Rev Odontostomatol 1988;**17**(3): 227-236.
- 38- FERGUSON DB, MARLEZ JT et HARTWELL GR.**
The effect of chlorhexidine gluconate as an endodontic irrigant on the apical seal : long-term results.
J Endod 2003;**29**(2): 91-94.
- 39- FERRAZ CCR, GOMES BPFA et ZAA AA.**
In vitro assessment of the antimicrobial action and the mechanical ability of the chlorhexidine gel as an endodontic irrigant.
J Endod 2001;**27**(7) : 452-455.
- 40- GAMBARINI G.**
Shaping and cleaning the root canal system: a scanning electron microscopic evaluation of a new instrumentation and irrigation technique.
J Endod 1999;**25**(12): 800-803.
- 41- GAMBARINI G, DE LUCA M et GEROSA R.**
Chemical stability of heated sodium hypochlorite endodontic irrigants.
J Endod 1998;**24**(6): 432-434.
- 42- GATOT A, ARBELLE J, LEIBERMAN A et coll.**
Effects of sodium hypochlorite on soft tissues after its inadvertent injection beyond the root apex.
J Endod 1991;**17**(11): 573-574.

- 43- GERNHART CR, EPPENDORF K, KOZLOWSKI A et coll.**
Toxicity of concentrated sodium hypochlorite used as an endodontic irrigant.
Int Endod J 2004;**37**(4): 272-280.
- 44- GOLDBERG F et SPIELBERG C.**
The effect of EDTAC and the variation of its working time analyzed with scanning electron microscopy.
Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 1982;**53**(1): 74-77.
- 45- GOLDSMITH M, GULABIVALA K et KNOWLES JC.**
The effect of sodium hypochlorite irrigant concentration on tooth surface strain.
J Endod 2002;**28**(8): 575-579.
- 46- GOMES BP, FERRAZ CC, VIANNA ME et coll.**
In vitro antimicrobial activity of several concentrations of sodium hypochlorite and chlorhexidine gluconate in the elimination of enterococcus faecalis.
Int Endod J 2001;**34**(6): 424-428.
- 47- GRANDINI S, BALLERI P et FERRARI M.**
Evaluation of Glyde File Prep in combination with sodium hypochlorite as a root canal irrigant.
J Endod 2002;**28**(4): 300-303.
- 48- GULABIVALA K, STOCK CJ, LEWSEY JD et coll.**
Effectiveness of electrochemically activated water as an irrigant in an infected tooth model.
Int Endod J 2004;**37**(9): 624-631.
- 49- GUTARTS R, NUSSTEIN J, READER A et coll.**
In vitro debridement efficacy of ultrasonic irrigation following hand-rotary instrumentation in human mandibular molars.
J Endod 2005;**31**(3): 166-170.
- 50- HOLLAND R, SOARES IJ et SOARES IM.**
Influence of irrigation and intracanal dressing on the healing process of dog's teeth with apical periodontitis.
Endod Dent Traumatol 1992;**8**(6): 223-229.

- 51- ULSMANN M, HECKENDORFF M et LENNON A.**
Chelating agents in root canal treatment: mode of action and indications for their use.
Int Endod J 2003;**36**(12): 810-830.
- 52- JEANSONNE MJ et WHITE RR.**
A comparison of 2.0% chlorhexidine gluconate and 5.25% sodium hypochlorite as antimicrobial endodontic irrigants.
J Endod 1994;**20**(6): 276-278.
- 53- KENNEDY WA, WALKER WA et GOUGH RW.**
Smear layer removal effects on apical leakage.
J Endod 1986;**12**(1): 21-27.
- 54- KOKKAS AB, BOUTSIUKIS ACH, VASSILIADIS LP et coll.**
The influence of the smear layer in dentinal tubule penetration depth by three different root canal sealers : an in vitro study.
J Endod 2004;**30**(2): 100-102.
- 55- KREISLER M, KOHNEN W, BECK M et coll.**
Efficacy of NaOCl/H₂O₂ irrigation and GaAlAs Laser in decontamination of root canals in vitro.
Lasers Surg Med 2003;**32**(3): 189-196.
- 56- KRELL KV, JOHNSON RJ et MADISON S.**
Irrigation patterns during ultrasonic canal instrumentation: Part I-K-type files.
J Endod 1988;**14**(2): 65-68.
- 57- KURUVILLA JR et KAMATH MP.**
Antimicrobial activity of 2.5% sodium hypochlorite and 0.2% chlorhexidine gluconate separately and combined, as irrigants.
J Endod 1998;**24**(7): 472-476.
- 58- LAMBRIANIDI SI, TOSOUNIDOU E et TZOANOPOULOU M.**
The effect of maintaining apical patency on periapical extrusion.
J Endod 2001;**27**(11): 696-698.
- 59- LAURENT E, LOMBARD J, ROTH F et coll.**
Manuel d'endodontie.
Paris : Masson, 1986: 63-64.

60- LEE SJ, WU MK et WESSELINK PR.

The effectiveness of syringe irrigation and ultrasonics to remove debris from simulated irregularities within prepared root canal walls.
Int Endod J 2004;**37**(10): 672-678.

61- LEONARDO MR, TANOMARU FILHO M, SILVA LAB et coll.

In vivo antimicrobial activity of 2% chlorhexidine used as a root canal irrigating solution.
J Endod 1999;**25**(3): 167-171.

62- MACCHI-GRISOT F, DESIRE JP et BIELLE J.

Instruments rotatifs en pratique courante, étude de l'effet de coupe : essai pédagogique.
Rev Odontostomatol 1986;**15**(6): 437-441.

63- MACHADO-SILVEIRO LF, GONZALEZ-LOPEZ S, GONZALES-RODRIGUEZ MP et coll.

Decalcification of root canal dentine by citric acid, EDTA and sodium citrate.
Int Endod J 2004;**37**(6): 365-369.

64- MARLEY JT, FERGUSON DB et HARTWELL GR.

Effects of chlorhexidine gluconate as an endodontic irrigant on the apical seal: short-term results.
J Endod 2001;**27**(12): 775-778.

65- MARMASSE A.

Dentisterie opératoire. Tome 1 : Thérapeutique endodontique. 5° Ed.
Paris: JB Baillière, 1972: 470-482, 528, 539-543.

66- MAYER BE, PETERS OA et BARBAKOW F.

Effects of rotary instruments and ultrasonic irrigation on debris and smear layer scores: a scanning electron microscopic study.
Int Endod J 2002;**35**(7): 582-589.

67- MONTOURIS G, SILIKAS N et ELIADES G.

Effect of sodium hypochlorite treatment on the molecular composition and morphology of human coronal dentin.
J Adhes Dent 2004;**6**(3): 175-182.

- 68- NAENNI N, THOMA K et ZEHNDER M.**
Soft tissue dissolution capacity of currently used and potential endodontic irrigants.
J Endod 2004;**30**(11): 785-787.
- 69- NAGAYOSHI M, KITAMURA C, FUKUIZUMI T et coll.**
Antimicrobial effect of ozonated water on bacteria invading dentinal tubules.
J Endod 2004;**30**(11): 778-781.
- 70- NAKASHIMA K et TERATA R.**
Effect of pH of modified EDTA solution to the properties of dentin.
J Endod 2005;**31**(1): 47-49.
- 71- NEMEC M, JELINKOVA H, DOSTALOVA T et coll.**
Er: YAG and alexandrite laser radiation in root canal and its effect on bacteria.
J Clin Laser Med Surg 1999;**17**(6): 267-272.
- 72- OHARA PK, TORABINEJAD M et KETTERING JD.**
Antibacterial effect of various endodontic irrigants on selected anaerobic bacteria.
Endod Dent Traumatol 1993;**9**(2): 95-100.
- 73- ONCAG O, HOSGOR M, HILMIOGLU S et coll.**
Comparison of antibacterial and toxic effects of various root canal irrigants.
Int Endod J 2003;**36**(6): 423-432.
- 74- PISKIN B et TURKUN M.**
Stability of various sodium hypochlorite solutions.
J Endod 1995;**21**(5): 253-255.
- 75- PRATI C, FOSCHI F, NUCCI C et coll.**
Appearance of the root canal walls after preparation with NiTi rotary instruments: a comparative SEM investigation.
Clin Oral Invest 2004;**8**(2): 102-110.
- 76- RADCLIFFE CE, POTOURLIDOU L, QURESHI R et coll.**
Antimicrobial activity if varying concentrations of sodium hypochlorite on the endodontic microorganisms *Actinomyces israelii*, *A. naeslundii*, *Candida albicans* and *Enterococcus faecalis*.
Int Endod J 2004;**37**(7): 438-446.

77- RAM Z.

Effectiveness of root canal irrigation.

Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 1977;**44**(2): 306-312.

78- ROSENTHAL S, SPANGBERG L et SAFARI K.

Chlorhexidine substantivity in root canal dentin.

Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 2004;**98**(4): 488-492.

79- SABALA CL et POWELL SE.

Sodium hypochlorite injection into periapical tissues.

J Endod 1989;**15**(10): 490-492.

80- SABINS RA, JOHNSON JD et HELLSTEIN JW.

A comparison of the cleaning efficacy of short-term sonic and ultrasonic passive irrigation after hand instrumentation in molar root canals.

J Endod 2003;**29**(10): 674-678.

81- SASSONE LM, FIDEL RA, FIDEL SR et coll.

Antimicrobial activity of different concentrations of NaOCl and chlorhexidine using a contact test.

Braz Dent J 2003;**14**(2): 99-102.

82- SCENZA MFZ, DANIEL RLDP, SANTOS EM et coll.

Cytotoxic effects of 10% citric acid and EDTA-T used as root canal irrigant, in vitro analysis.

J Endod 2001;**27**(12): 741-743.

83- SCENZA MFZ, TEIXEIRA AM et SCENZA P.

Decalcifying effect of EDTA-T, 10% citric acid or 17% EDTA on root canal dentin.

Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 2003;**95**(2): 234-236.

84- SCENZA MFZ, ANTONIAZZI JH et SCENZA P.

Efficacy of final irrigation – a scanning electron microscopic evaluation.

J Endod 2000;**26**(6): 355-358.

85- SCHAFER E et BOSSMANN K.

Antimicrobial efficacy of chlorhexidine and two calcium hydroxide formulations against Enterococcus Faecalis.

J Endod 2005;**31**(1): 53-56.

- 86- SEGURA JJ, JIMENEZ RUBIO A, GUERRERO JM et coll.**
Comparative effects of two endodontic irrigants, chlorhexidine digluconate and sodium hypochlorite, on macrophage adhesion to plastic surfaces.
J Endod 1999;**25**(4): 243-246.
- 87- SENIA ES, MARSHALL FJ et ROSEN S.**
The solvent action of sodium hypochlorite on pulp tissue of extracted teeth.
Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 1971;**31**(1): 96-103.
- 88- SERAFINO C, GALLINA G, CUMBO E et coll.**
Surface debris of canal walls after post space preparation in endodontically treated teeth: a scanning electron microscopic study.
Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 2004;**97**(3): 381-387.
- 89- SERPER A, CALT S, DOGAN AL et coll.**
Comparison of the cytotoxic effects and smear layer removing capacity of oxidative potential water, NaOCl and EDTA.
J Oral Sci 2001;**43**(4): 233-238.
- 90- SERPER A et CALT S.**
The demineralizing effects of EDTA at different concentrations and pH.
J Endod 2002;**28**(7): 501-502.
- 91- SILVEIRA CARDOSO DE MENEZES AC, ZANET CG et coll.**
Smear layer removal capacity of disinfectant solutions used with and without EDTA for the irrigation of canals : a SEM study.
Pesqui Odontol Bras 2003;**17**(4)
http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1517-74912003000400010&lng=en&nrm=iso&tlng=en
- 92- SIQUEIRA JF, BATISTA MD, FRAGA RC et coll.**
Antimicrobial effects of endodontic irrigants on black-pigmented Gram-negative anaerobies and facultative bacteria.
J Endod 1998;**24**(6): 414-416.
- 93- SIQUEIRA JF Jr, ROCAS IN, FAVIERI A et coll.**
Chemomechanical reduction of the bacterial population in the root canal after instrumentation and irrigation with 1%, 2.5%, and 5.25% sodium hypochlorite.
J Endod 2000;**26**(6): 331-334.

- 94- SPOLETI P, SIRAGUSA M et SPOLETI MJ.**
Bacteriological evaluation of passive ultrasonic activation.
J Endod 2003;**29**(1): 12-14.
- 95- STAMOS DE, SADEGHI EM, HAASCH GC et coll.**
An in vitro comparison study to quantitate the debridement ability of hand, sonic and ultrasonic instrumentation.
J Endod 1987;**13**(9): 434-440.
- 96- TAYLOR JK, JEANSONNE BG et LEMON RR.**
Coronal leakage: effects of smear layer, obturation technique, and sealer.
J Endod 1997;**23**(8): 508-512.
- 97- TORABINEJAD M, HANDYSIDES R, KHADEMI AA et coll.**
Clinical implications of the smear layer in endodontics: a review.
Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 2002;**94**(6): 658-666.
- 98- TORABINEJAD M, KHADEMI AA, BABAGOLI J et coll.**
A new solution for removal of the smear layer.
J Endod 2003;**29**(3): 170-175.
- 99- VAHDATY A, PITT FORD TR et WILSON RF.**
Efficacy of chlorhexidine in disinfecting dentinal tubules in vitro.
Endod Dent Traumatol 1993;**9**(6): 243-248.
- 100- WALMSLEY AD et WILLIAMS AR.**
Effect of constraint on the oscillatory patterns on endosonic files.
J Endod 1989;**15**(5): 189-194.
- 101- WALTERS MJ, BAUMGARTNER JC et MARSHALL JG.**
Efficacy of irrigation with rotary instrumentation.
J Endod 2002;**28**(12): 837-839.
- 102- WEBER CD, McCLANAHAN SB, MILLER GA et coll.**
The effect of passive ultrasonic activation of 2% chlorhexidine or 5.25% sodium hypochlorite irrigant on residual antimicrobial activity in root canals.
J Endod 2003;**29**(9): 562-564.
- 103- WHITE RR, HAYS GL et JANER LR.**
Residual antimicrobial activity after irrigation with chlorhexidine.
J Endod 1997;**23**(4): 229-231.

104- WU MK, LEE SJ et WESSELINK PR.

The efficacy of ultrasonic irrigation to remove artificially placed dentine debris from different-sized simulated plastic root canals.

Int Endod J 2004;**37**(9): 607-612.

105- YAMASHITA JC, TANOMARU FILHO M, LEONARDO MR et coll.

Scanning electron microscopic study of the cleaning ability of chlorhexidine as a root-canal irrigant.

Int Endod J 2003;**36**(6): 391-394.

106- ZAMANY A, SAFAVI K et SPANGBERG W.

The effect of chlorhexidine as an endodontic disinfectant.

Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 2003;**96**(5): 578-581.

POUCH (Daphné). – Etude expérimentale du système d’irrigation canalaire Rinsendo®.
– 107 f. ; ill. ; tabl. ; 106 ref. ; 30 cm. (Thèse: Chir. Dent. ; Nantes ; 2006)

RESUME

Après avoir effectué une revue de littérature permettant de déterminer que NaOCl à 2.5% est la solution d’irrigation endodontique la plus adéquate aux traitements canaux, il a été réalisé une expérimentation comparant l’efficacité de l’irrigation manuelle, de l’irrigation ultrasonore et de l’irrigation à l’aide de Rinsendo®. L’évaluation s’est faite en comparant le pourcentage de débris par unité de surface, lors des utilisations des divers systèmes d’irrigation canalaire.

RUBRIQUE DE CLASSEMENT : Dentisterie conservatrice

DOMAINE BIBLIODENT : Odontologie conservatrice-endo

MOTS CLES

EDTA – Hypochlorite sodium – Irrigation – Microscopie électronique balayage – Ultrasons.

MESH

EDTA – Irrigation – Microscopy, electron, scanning – Sodium hypochlorite – Ultrasonics

MOTS CLES BIBLIODENT

EDTA – Etat surface – Hypochlorite sodium – Irrigation canalaire – Microscopie électronique balayage – Ultrason

JURY

Président : Professeur HAMEL H.
Directeur : Professeur LABOUX O.
Co-directeur : Professeur CALAS P.
Assesseur : Docteur MARION D.
Assesseur : Docteur ARMENGOL V.

ADRESSE DE L’AUTEUR

13 rue St HERMELAND Appt. 21 – 44200 NANTES
daphne.pouch@gmail.com