

**UNIVERSITE DE MONASTIR
FACULTE DE MEDECINE DENTAIRE
DE MONASTIR**

Année 2010

Thèse N°.....

THESE

**POUR LE DIPLOME NATIONAL
DE DOCTEUR EN MEDECINE DENTAIRE**

**Présentée et soutenue publiquement le 12/06/2010
PAR**

Mohamed RAISSI

Né le 30/07 /1984 à Belfort

**Le laser en parodontie : alternative
ou complément aux thérapeutiques
conventionnelles ?**

Examineurs de la Thèse

JURY :

Président : Pr. Leila Guezguez

Assesseurs : Pr. Ag. Ikdam Blouza

Pr. Ag. Sonia Ghoul-Mazgar

Dr. Khalil SAHNOUN

Directeur

Pr. Ag. Sofiène TURKI

**MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE**

UNIVERSITÉ DE MONASTIR
* **FACULTE DE MEDECINE DENTAIRE DE MONASTIR** *

Année Universitaire 2009/2010

Doyen: Professeur Abdellatif Abid

Vice-Doyen: Professeur Jamil Selmi

Secrétaire Général: Monsieur Féthi Bougrine

Enseignants:

Département d'Odontologie Chirurgicale		
Médecine et Chirurgie Buccales	Mohamed Habib Hamdi	P.H.U
	Jamil Selmi	P.H.U
	<u>Souha Boudegga</u>	P.H.U
	Mohamed Bassem Khattech	P.H.U
	Mohamed Ben Khélifa	P.H.U
	Ikdam Blouza	M.C.A
	Lamia Oualha	M.C.A
	Hajer Hentati	M.C.A
	Aïcha Zaghbani	A.H.U
	Samah Sioud	A.H.U
	Kawthar Souid	A.H.U
	Wafa Hasni	A.H.U
Parodontologie	Ridha M'barek	P.H.U
	Leïla Guezguez	P.H.U
	Sofiène Turki	M.C.A
	Khalil Sahnoun	A.H.U
	Farah Ben Hadj Hamida	A.H.U
Département d'Odontologie Restauratrice et d'Orthodontie		
Odontologie Conservatrice	Mohamed Sémir Belkhir	P.H.U
	Lotfi Bhouri	P.H.U
	Hédia Ben Ghénaïa	P.H.U
	Saïda Sahtout	P.H.U
	Nabiha Douki	P.H.U
	Sonia Zouiten	M.C.A
	Zied Baccouche	M.C.A
	Neïla Zokkar	M.C.A
	Najet Aguir	M.C.A
	Chems Belkhir	M.C.A
	Sana Bagga	A.H.U
	Afef Oueslati	A.H.U

Odontologie Pédiatrique et Prévention	Abdellatif Abid	P.H.U
	Féthi Maâtouk	P.H.U
	Badiâa Jemmali-Jmour	P.H.U
	Hichem Ghédira	P.H.U
	Ahlem Baâziz	M.C.A
	Imen Gharbi	A.H.U
	Fatma Masmoudi	A.H.U
	Mohamed Ali Chemli	A.H.U
Orthopédie Dento-Faciale	<u>Abdellatif Boughzala</u>	P.H.U
	Adel Ben Amor	P.H.U
	Samir Tobji	M.C.A
	Anissa El Yemni-Zinelabidine	M.C.A
	Nedra Khedher	A.H.U
Département des Prothèses		
Prothèse Conjointe	Mongi Beïzig	Pr. Emérite
	Mounir Chérif	P.H.U
	Belhassen Harzallah	P.H.U
	Hayet Hajjami	P.H.U
	Jilani Saâfi	P.H.U
	Hassine Ellafi	M.C.A
	Imène Naouel Gasmi	M.C.A
	Zohra Noura	M.C.A
	Moncef Omezzine Gnewa	M.C.A
	Dalenda Hadyaoui	M.C.A
	Adel Amor	A.H.U
Prothèse Partielle Amovible	Lamia Mansour	P.H.U
	Imen Ben Afia	M.C.A
	Rym Bibi	M.C.A
	Narjess Hassen	M.C.A
	Najla Taktak	A.H.U
	Hiba Triki	A.H.U
	Insaf Farhat	A.H.U
Prothèse Totale	Mongi Majdoub	P.H.U
	Ali Ben Rahma	P.H.U
	Mohamed Ali Bouzidi	P.H.U
	<u>Houda Chraïef</u>	P.H.U
	Sonia Marouane	M.C.A
	Jamila Jaouadi	A.H.U
	Karim Masmoudi	A.H.U

Département des Sciences Fondamentales et Mixtes		
Anatomie	Faten Ben Abdallah Mohamed Salah Khalfi Walid Ghorbel	P.H.U M.C.A A.H.U
Anatomie Dentaire	Soumaya Touzi Chiraz Baccouche	A.H.U A.H.U
Anglais	Samir Boukottaya Imène Ghaddhab Naziha Ben Mansour	P.P.E.S P.E.S P.E.S
Biochimie	Hassen Bacha Salwa Abid Saoussem Harrabi	P.U M.A M.A
Biologie Cellulaire et Moléculaire	<u>Leïla Chékir</u> Hédi Hrizi	P.U M.A.
Biomatériaux	Mounir Trabelsi Dorra Kammoun	P.H.U A.H.U
Chimie	Abdelwaheb Fékih Abderrouf Khabou	P.U M.A
Education Physique & Sport	Habib Benzarti Sallouha Sallam-Bouزيد	P.P.E.P.S P.E.P.S
Histologie Buccale	Sonia Ghoul	M.C.A
Informatique	Sellami Ben Hamroun	P.E.S
Microbiologie - Immunologie	Latifa Berrezouga	P.H.U
Odontologie Légale	Nadia Frih	M.C.A
Physiologie	Monia Dhidah Féthia Khémiss Raja Chebbi	P.H.U M.C A.H.U
Radiologie Imagerie	Touhami Ben Alaya	P.H.U

En gras: Chef de Service
Souligné: Directeur de Département

Remerciements

*A notre Maître et Directeur de Thèse
Madame le Professeur Sofiène TURKI*

Je tiens tout d'abord et bien évidemment à vous remercier de m'avoir fait l'honneur d'accepter de diriger ce travail.

Vous avez su grâce à votre modestie et votre sympathie me transmettre votre passion et fait que ce travail ait été accompli dans les meilleures conditions.

Veillez trouver ici l'expression de ma profonde gratitude et de ma sincère reconnaissance pour votre disponibilité, vos conseils et votre aide précieuse.

*A notre Maître et Président de Jury
Madame le Professeur Leila GUEZGUEZ*

*A notre Maître et Juge
Monsieur le Professeur Agrégé Ikdam BLOUZA*

*A notre Maître et Juge
Madame le Professeur Agrégé Sonia GHOU-L-MAZGAR*

*A notre Maître et Juge
Monsieur le Docteur Khalil SAHOUNE*

Vous me faites un très grand honneur en acceptant de siéger à mon Jury de Thèse et juger mon modeste travail, je vous en suis sincèrement reconnaissant.

Veillez trouver ici le témoignage de ma sincère gratitude, de mes vifs remerciements et de mon profond respect.

Sommaire

Sommaire

Introduction	4
1^{ère} partie : Généralités	
1. Bases et principes physiques d'un laser	6
1.1 Qu'est ce qu'un photon ?	6
1.2 Etat fondamental d'un atome	6
1.3 Qu'est ce que la lumière ?	6
1.4 Absorption	6
1.5 Emission spontanée	7
1.6 Emission stimulée	7
1.7 Processus d'inversion de population	7
2. Aspect technologique d'un laser.....	8
2.1 Principe de réalisation	8
2.2 Les différents modes de fonctionnement	9
3. Propriétés de l'émission laser	9
4. Interaction Laser-Matière	9
5. Les effets laser	10
6. Les différents types de lasers médicaux utilisés	10
6.1 Classification	10
6.2 Les lasers chirurgicaux	12
6.2.1 Le laser CO2	12
6.2.2 Le laser Nd:YAG	12
6.2.3 Le laser Argon	13
6.2.4 Les lasers de la famille erbium	13
6.2.4.1 Laser Er:YAG	13
6.2.4.2 Laser Er,Cr:YSGG	14
6.3 Les lasers froids	14
6.3.1 Le laser Hélium-Néon	15
6.3.2 Laser diode (lasers semi-conducteurs)	15

2^{ème} partie : Domaines d'utilisation des lasers en médecine

1. En médecine générale	16
2. En odontostomatologie	16
2.1 Chirurgie pré-prothétique	16
2.2 Odontologie conservatrice	17
2.3 Médecine et chirurgie buccale	17
2.4 Endodontie	17
2.5 Traitement des hyperpigmentations gingivales mélaniques	18
2.6 Odontologie pédiatrique	18
2.7 Implantologie	18
2.8 Parodontologie	19

3^{ème} partie : Apport des lasers dans le traitement des maladies parodontales

1. Historique	20
1.1. Instruments ultrasoniques, soniques et autres moyens	20
1.2 L'avènement du laser	22
2. Applications cliniques	22
2.1 Détartrage Surfaçage Radiculaire	22
2.2 Thérapie photodynamique (TPD)	26
2.3 Evaluation de l'activité de la maladie parodontale	27
2.4 Détection du tartre sous-gingival	27
3. Efficacité du laser en parodontie	29
3.1 Etudes cliniques	29
3.1.1 Introduction	29
3.1.2 Thérapie photodynamique	30
3.1.3 Laser Er:YAG	31
3.1.4 Lasers Nd:YAP, Nd:YAG et CO ₂	37
3.2 Etudes histologiques	38
3.2.1 Introduction	38
3.2.2 Laser Er:YAG	41

3.2.3 Laser Nd:YAG et CO ₂	46
3.2.4 Laser diode	48
3.2.5 Thérapie photodynamique	49
3.3 Etudes immunologiques	52
3.4 Etudes bactériologiques	55
3.5 Etudes morphologiques	59
3.5.1 Introduction	59
3.5.2 Laser Er:YAG	60
3.5.3 Laser diode	67
3.5.4 Laser CO ₂	67
3.5.5 Laser Nd:YAG	71

4^{ème} partie : Application du laser en parodontie : études et revues de littératures publiées entre 1994 et 2008

5^{ème} partie : Recommandations et précautions sur l'utilisation du laser en parodontie

Conclusion	83
-------------------------	----

Références	85
-------------------------	----

Introduction

L'emploi des lasers dans le domaine de la médecine générale s'est largement répandu. Cependant, leur utilisation en odontologie reste timide et controversée quant à leurs avantages réels, particulièrement en parodontie.

Ces dernières années ont vu les indications du laser considérablement augmenter dans le domaine de l'odontologie. Représentent-ils une alternative efficace aux modalités thérapeutiques conventionnelles en parodontie ? Quelles sont leurs applications cliniques ? Sont-ils vraiment utiles ?

L'élimination des dépôts de tartre sous-gingivaux ainsi que de la flore bactérienne parodontopathogène constitue un des objectifs majeurs de toute thérapeutique parodontale. Classiquement, l'assainissement parodontal est effectué mécaniquement à l'aide de curettes manuelles ou d'ultrasons. Récemment, l'utilisation des lasers a été suggérée comme une alternative aux thérapeutiques parodontales conventionnelles en raison de leurs principaux avantages dont l'effet hémostatique et de stérilisation, la capacité d'élimination des dépôts de tartre, la réduction des douleurs post-opératoires et l'amélioration du confort opératoire. En effet, les études *in vitro* mettent en évidence une élimination du ciment infiltré par les toxines bactériennes, et une augmentation de la rugosité radiculaire favorisant ainsi la promotion de l'adhésion cellulaire dont les fibroblastes desmodontaux.

Néanmoins, les lasers se trouvent confrontés au manque de notoriété auquel étaient aussi confrontés les instruments soniques et ultrasoniques au début de leur utilisation, seuls ou en association aux instruments manuels de DSR.

Leur introduction relativement récente ainsi que le manque de recul clinique relatif par rapport aux instruments conventionnels sont à l'origine de leurs intérêts controversés. De plus différents types de lasers, différents paramètres et différents schémas expérimentaux-que nous exposerons-existent ce qui rend la

comparaison entre les lasers eux mêmes et avec les techniques conventionnelles difficile.

Ainsi, l'objectif principal de ce travail est de déterminer l'apport du laser dans le traitement non chirurgical des maladies parodontales par rapport aux méthodes conventionnelles (ultrasons, instruments manuels) des points de vue clinique, histologique, immunologique, bactériologique et morphologique et par conséquent l'effet sur la biocompatibilité des surfaces radiculaires détartrées au laser.

Enfin l'utilisation des lasers en médecine générale n'est pas sans risques en raison des possibles effets nocifs de certains rayonnements lasers et des paramètres d'utilisation variables. L'odontologie n'échappe pas à cela. Nous essayerons de donner quelques recommandations lors de leur utilisation en parodontie et des précautions à prendre aussi bien pour l'équipe médicale que pour le patient.

La science est la recherche de la vérité. Elle est en perpétuel changement. Pour cela il est important de garder un esprit ouvert aux techniques émergentes et d'appliquer les thérapeutiques qui conviennent le plus à nos patients. ⁽⁸³⁾

1ère partie : Généralités

1-Bases et principes physiques d'un laser :

1.1-Qu'est ce qu'un photon ?

Le mot photon, unité de base de l'énergie lumineuse, vient du grec et signifie "lumière". ^(17,111) Ce sont des « paquets » d'énergie élémentaire qui sont échangés lors de l'absorption ou de l'émission de lumière par la matière. ⁽¹¹⁰⁾

1.2-Etat fondamental d'un atome :

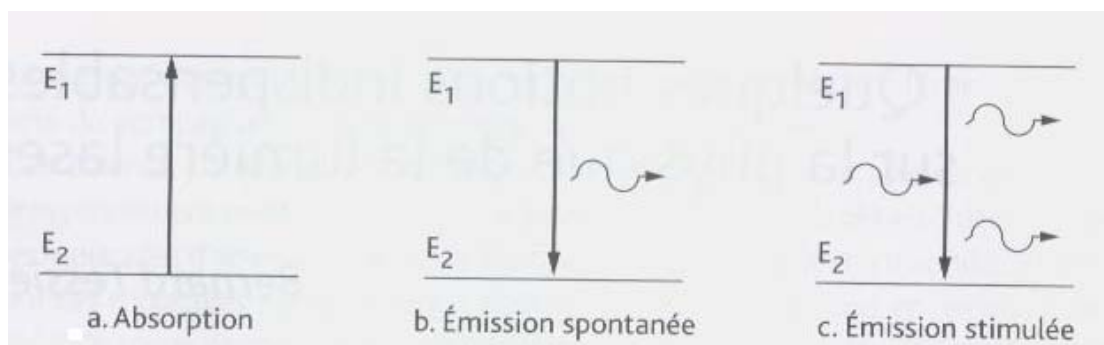
C'est l'état d'un atome ou d'une entité moléculaire correspondant à son niveau d'énergie le plus bas. ⁽¹¹²⁾ Des électrons gravitent autour du noyau d'un atome en occupant des orbites différentes de positions bien connues. ⁽⁹⁴⁾

1.3-Qu'est ce que la lumière ?

La lumière est une forme d'énergie véhiculée à l'échelle microscopique par des « grains de lumière » appelés photons (théorie photonique d'Einstein). ^(17, 30, 73,108) Un apport énergétique au niveau atomique va se traduire par une excitation électronique caractérisée par des sauts d'électrons d'une orbite d'énergie plus basse vers une orbite de niveau d'énergie supérieure. L'atome ainsi excité va se trouver dans un état instable et aura tendance à retourner spontanément à son état d'équilibre antérieur, et ceci par simple retour des électrons sur leur orbite d'origine, ce qui provoquera la naissance de photons (énergie lumineuse). La direction prise par les photons est totalement aléatoire, la lumière émise sera multidirectionnelle et polychromatique. ^(30, 73,96)

1.4-Absorption :

Le passage de l'état fondamental à l'état excité se traduit par l'absorption d'une énergie extérieure à l'atome. (Fig.1a) ⁽⁹⁴⁾

Fig.1 ⁽⁸²⁾

1.5-Emission spontanée :

Dans le cas de la lumière classique, le saut des électrons, permettant un retour à l'état d'équilibre de la molécule, se fait spontanément ; il y a alors une émission spontanée photonique. ⁽³⁰⁾ L'émission spontanée est incohérente : il n'y a pas de relation de phase, de direction, de polarisation entre toutes ces émissions et le rayonnement est omnidirectionnel. (Fig.1b) ⁽⁹⁴⁾

1.6-Emission stimulée :

La différence par rapport à l'émission spontanée est que cette émission est provoquée par un photon incident. (fig.1c) L'émission stimulée possède des propriétés remarquables. ⁽⁹⁴⁾ En effet, l'originalité du faisceau généré est d'être composée de photons ayant la même direction et la même longueur d'onde, ce qui caractérise l'émission laser par rapport à une source de lumière classique. (Fig.2) ^(17, 30, 67, 73)

1.7-Processus d'inversion de population :

La source est excitée par un phénomène de pompage (décharge électrique, flash lumineux...) qui va assurer l'inversion de population. Cela signifie que les atomes actifs du milieu absorbent l'énergie délivrée par la décharge électrique ou l'éclair lumineux, en portant certains de leurs électrons sur une orbite plus éloignée du noyau. ⁽⁷³⁾

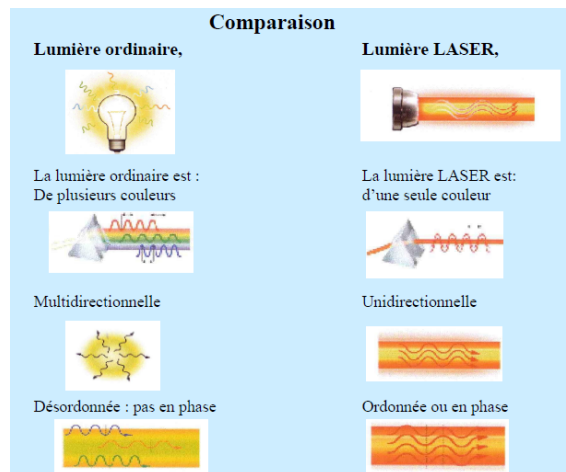


Fig.2 : Comparaison entre la lumière ordinaire et la lumière Laser. ⁽¹¹⁵⁾

2-Aspect technologique d'un laser :

2.1-Principe de réalisation :

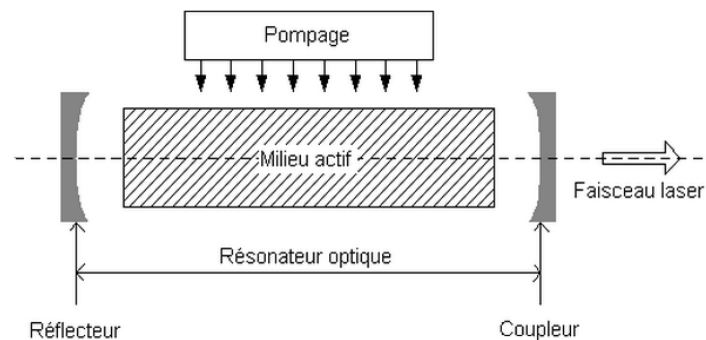


Fig.3 ⁽¹⁰⁹⁾

Un laser se compose de 3 éléments fondamentaux : (Fig.3)

- un milieu actif : il peut être liquide, solide ou gaz.
- un dispositif de pompage qui détruit l'équilibre thermodynamique du milieu actif ce qui provoque l'excitation des atomes. Le retour des atomes à l'état d'équilibre est à la base du rayonnement laser.
- une cavité résonnante qui contient le milieu actif et le dispositif de pompage et qui crée une réaction optique ; à la sortie de cette cavité le faisceau laser est

formé. Deux miroirs parallèles (dont l'un est semi-transparent) sont placés à chaque extrémité de cette cavité. ^(17, 46, 52, 73, 92,94)

2.2-Les différents modes de fonctionnement :

Chaque type de laser émet selon un mode spécifique. Ce mode d'émission peut être continu, impulsionnel normal ou bien impulsionnel déclenché. ^(30, 46,94)

3-Propriétés de l'émission laser :

La propriété essentielle du rayonnement laser est sa cohérence spatio-temporelle qui résulte de l'identité de phase de tous les photons qui composent le faisceau laser. Ce niveau élevé de cohérence engendre des caractéristiques bien particulières au rayonnement qui sont la brillance (appelée aussi luminance ou densité d'énergie), la directivité et la monochromaticité. ^(7,30)

4-Interaction Laser-Matière :

L'intérêt du faisceau laser réside dans ses possibilités d'interactions avec la matière vivante. Un faisceau laser aux caractéristiques physiques particulières, peut interagir avec un tissu aux caractéristiques d'absorption spécifiques. ⁽⁹⁴⁾ Pour chaque type de matériau, il existe des coefficients d'absorption, de réflexivité, de transmission ou de diffusion qui font toute la complexité de l'interaction laser-matière. Ce qui fait que, pour un matériau donné un certain pourcentage du rayonnement sera absorbé, réfléchi, transmis ou diffusé. (Fig.4) ^(17, 30, 96)

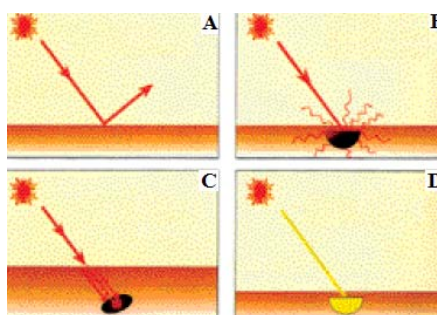


Fig.4 : A-réflexion, B-diffusion, C-transmission, D-absorption ⁽⁹⁶⁾

L'absorption de la lumière laser par les structures dentaire a permis de l'utiliser dans des domaines variés de l'odontologie notamment en parodontie pour réaliser des DSR. En effet, selon la théorie des « micro explosions » concernant le mécanisme d'action pour l'ablation de tissus durs, l'énergie est sélectivement absorbée dans l'eau et d'autres composants organiques hydriques. La vapeur fait augmenter la pression interne jusqu'à la destruction des substances organiques par explosion avant que le point de fusion ne soit atteint. C'est le cas du laser Er:YAG lequel ses effets ne sont probablement pas complètement expliqués par la chaleur, mais par les micros explosions associées à l'évaporation de l'eau (100°C) contenue dans tissus durs. ^(7, 10, 14, 17, 20, 52, 56, 100,105)

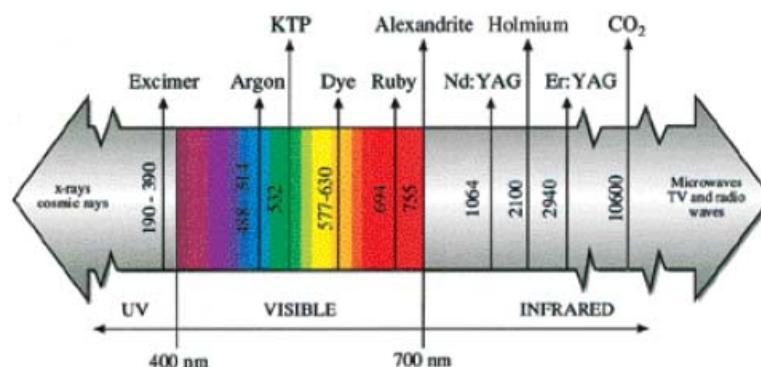
5-Les effets laser :

Les effets lasers apparaissent lors de l'absorption du rayonnement par la matière. La fraction absorbée de cette énergie électromagnétique est transformée en énergie donnant des manifestations pouvant revêtir différentes formes. ⁽⁷³⁾ Ces effets sont thermiques, photochimiques, électromagnétiques et photoablatifs. ^(47, 60,94)

6-Les différents types de lasers médicaux utilisés :

6.1- Classification :

Les lasers dentaires utilisés aujourd'hui en dentisterie fonctionnent dans un spectre électromagnétique allant de l'infrarouge à l'ultraviolet et passant par la lumière visible. (Fig.5)

Fig.5 ⁽⁹⁶⁾

Les lasers à usage médical peuvent être répertoriés selon la nature du milieu actif (gaz, solide, liquide) (Tableau1) ou encore selon leurs applications cliniques et dans ce cas on distingue :

-les lasers « chauds » à usage chirurgical : CO₂, Nd:YAG, Er:YAG et Argon

-les lasers « froids » ou soft lasers d'applications thérapeutiques douces : He-Ne, lasers diodes (à semi-conducteurs): gallium-Arsenide, gallium-aluminium-Arsenide ^(67,73)

Le tableau 1 résume pour chaque laser la nature du milieu actif, la ou les longueurs d'onde correspondantes ainsi que le système de transmission véhiculant son faisceau.

Tableau1 : Principaux lasers utilisés en dentisterie ⁽¹⁰⁶⁾

Laser	Milieu actif	Longueur d'onde	Système de transmission
Argon	Gaz	488,515 nm	Fibre optique
Hélium-Néon	Gaz	633 nm	Fibre optique
Diode	Semi-conducteur	635, 670, 810, 830,980 nm	Fibre optique
Nd:YAG	Solide	1064 nm	Fibre optique
Er:Cr:YSGG	Solide	2780 nm	Fibre optique
Er:YAG	Solide	2940 nm	Fibre optique, guide d'onde, bras articulé
CO ₂	Gaz	9600, 10600 nm	Guide d'onde, bras articulé

6.2 Lasers chirurgicaux:

6.2.1 Le laser CO₂ :

Il est très fortement absorbé au niveau des tissus riches en eau. C'est cette propriété qui lui permet une excellente découpe par vaporisation du milieu interstitiel. Les avantages de la chirurgie au laser CO₂ par rapport à la chirurgie classique au bistouri sont l'hémostase et l'obtention d'un champ chirurgical relativement sec d'où une meilleure visibilité. ^(73,80)

Parmi tous les lasers, seuls les lasers de la famille erbium sont mieux absorbés dans l'eau. Il peut inciser et coaguler facilement les tissus mous, sa pénétration tissulaire est faible ce qui est important lors du traitement des lésions muqueuses. Il est utile pour la vaporisation des tissus fibreux et l'exérèse des tumeurs en chirurgie. De tous les lasers dentaires, c'est cette longueur d'onde qui est la plus absorbée par l'hydroxyapatite, près de 1000 fois supérieure à celle de l'erbium. Par conséquent, toute structure dentaire adjacente au site chirurgical doit être protégée du rayon laser incident. ^(17, 67)

6.2.2 Le laser Nd:YAG:

Son énergie est hautement absorbée par la mélanine mais moins absorbée par l'hémoglobine que le laser Argon. Environ 90% de cette énergie est transmise à travers l'eau. C'est pourquoi son rayonnement est très pénétrant. Il doit être en conséquent utilisé avec précaution. Les applications dentaires les plus communément réalisées sont les incisions et la coagulation des tissus mous et le débridement sulculaire. ^(17,75) Son rayon pénétrant est utile pour l'hémostase, le traitement d'aphtes, d'ulcères et l'analgésie pulpaire. ⁽¹⁷⁾

6.2.3 Le laser Argon:

Il est bien absorbé dans les tissus contenant l'hémoglobine, l'hémosidérine et la mélanine ; il possède par conséquent d'excellentes capacités hémostatiques. ^(17,75) La faible absorption dans l'émail et la dentine est avantageuse lorsque ce laser est utilisé pour les incisions et le remodelage gingival car l'interaction est minimale et par conséquent aucune altération de la surface dentaire n'est provoquée pendant ces procédures. ⁽¹⁷⁾

6.2.4 Les lasers de la famille erbium :

Il existe deux longueurs d'onde distinctes qui utilisent l'erbium. Ces deux lasers ont des propriétés similaires. L'erbium, chromium:YSGG qui a une longueur d'onde de 2780 nm et l'Er:YAG qui a une longueur d'onde de 2940 nm. ⁽³³⁾ (Fig.6)

Ces deux longueurs d'onde sont les plus fortement absorbées par l'eau et ont une grande affinité pour l'hydroxyapatite. Par conséquent, ces lasers permettent d'obtenir des caractéristiques d'interaction tissulaires permettant de réaliser de bons traitements conservateurs et canalaire. ^(15, 17,73)



Fig.6 : Pièce à main du laser Er:YAG avec le système d'application ⁽³³⁾

6.2.4.1 Laser Er:YAG :

Le coefficient d'absorption du laser Er:YAG dans l'eau est dix fois supérieur à celui du laser CO₂ et 15,000 à 20,000 fois supérieur à celui du laser Nd:YAG. De ce fait, une faible dégénération tissulaire avec une très fine surface d'interaction

survient après irradiation par le laser Er:YAG. L'augmentation de la température est minimale en présence d'irrigation, ce qui rend la préparation des tissus durs, le traitement de caries et le surfaçage facilement réalisables avec ce laser sans aucune carbonisation. ^(17,73)

Il possède des caractéristiques convenables grâce à sa double capacité d'ablation des tissus mous et durs oraux. Il est utilisé pour l'élimination efficace des tissus de granulation et pour le traitement des hyperpigmentations gingivales mélaniques. Ses effets bactéricides avec élimination des LPS, sa capacité à éliminer facilement la plaque et le tartre, ses effets limités à une couche ultra fine de tissu, la réparation osseuse plus rapide après irradiation que le fraisage conventionnel et une capacité efficace pour la maintenance des implants sont autant d'atouts qui le placent comme un outil prometteur pour le traitement parodontal. ^(18, 52, 73)

6.2.4.2 Laser Er,Cr:YSGG :

Concernant le laser Er,Cr:YSGG, l'académie américaine de parodontologie affirme que même s'il a reçu l'agrément de la FDA, la littérature en faveur de son utilisation n'est pas abondante. Cette même académie affirme que le laser Er:YAG est la meilleure application en ce qui concerne les tissus durs créant le moins de dommages thermiques et laissant une surface biocompatible pour l'attachement des tissus mous. ⁽¹⁸⁾

6.3 Les lasers froids ou « softs lasers » :

Par opposition aux lasers chirurgicaux dont le mode d'action essentiellement thermique est clair, la biostimulation tissulaire engendrée par les lasers froids est connue depuis MESTER en 1970. Les résultats cliniques obtenus en rhumatologie, dermatologie ou parodontologie ont permis de juger l'efficacité de ces lasers dans les thérapeutiques anti-inflammatoires, antalgiques et

cicatrisantes. ^(67,73) L'accélération de la cicatrisation observée après utilisation de ces lasers serait expliquée par l'augmentation de la production de collagène par stimulation des fibroblastes. ^(67,75)

6.3.1 Le laser Hélium-Néon :

D'après CHOMETTE et coll., la photostimulation obtenue par ce laser entraîne une accélération des phénomènes de bourgeonnement vasculaire puis de réparation fibroblastique. La cicatrisation est ainsi plus précoce et mieux constituée chez les patients traités par le laser Hélium-Néon. ⁽⁷³⁾

6.3.2 Laser diode (lasers semi-conducteurs) :

D'apparition récente dans le domaine médical, ils ont des propriétés similaires à celles des lasers Hélium-Néon (biostimulation et soulagement de la douleur). ^(17,73)

Ils sont fortement absorbés par les tissus pigmentés ce qui leur donne d'excellentes caractéristiques hémostatiques. Il est peu absorbé par les tissus dentaires ce qui permet de réaliser des chirurgies à proximité de l'émail, de la dentine et du ciment. ^(17,80)

*2ème partie : Domaines d'utilisation des lasers en
médecine*

1. En médecine générale :

L'évolution de l'utilisation des lasers en médecine durant les deux dernières décennies a commencé avec les spécialités d'ophtalmologie, de dermatologie et de chirurgie générale. La capacité à opérer dans un champ chirurgical partiellement ou totalement exsangue les a placés comme une alternative convenable au traitement chirurgical traditionnel dans de nombreuses spécialités. ⁽¹⁰⁵⁾ Parmi elles, l'ophtalmologie est probablement celle qui a le plus bénéficié du laser. Les applications thérapeutiques sont nombreuses et s'adressent à pratiquement tous les éléments constituant le globe oculaire. ⁽⁴³⁾

Le laser permet une plus grande précision du geste chirurgical. Il permet aussi de réaliser de très fines incisions, de cautériser les vaisseaux sanguins, de favoriser des interventions chirurgicales sans hospitalisation en minimisant les risques d'infections. ⁽¹¹³⁾

2. En odontostomatologie :

2.1 Chirurgie pré-prothétique :

En prothèse conjointe, le laser a été utilisé pour la recreation d'un profil d'émergence, l'élimination d'hyperplasies gingivales cachant la ligne de finition, l'élongation coronaire et la rétraction gingivale. L'aspect esthétique d'une zone de pontique peut aussi être amélioré à l'aide de cet outil. ^(2, 15, 16, 53,76)

En prothèse totale, il permet la résection de crêtes flottantes et l'approfondissement du vestibule avec dans les deux cas une cicatrisation parfaite. Il est aussi utilisé pour la réalisation des chirurgies pré-prothétiques (réduction tubérositaire, élimination des tori, élimination des irrégularités des crêtes comme les épines). ⁽⁵⁵⁾ Ces indications représentent plus des indications chirurgicales que des indications purement prothétiques.

2.2 Odontologie conservatrice :

L'emploi des lasers en odontologie conservatrice concerne la photopolymérisation des résines composites^(17,73,104,106), le mordantage des tissus durs^(11,48,67,80), le traitement des caries et préparation de cavités^(10,18,52,67,105), le diagnostic des caries^(17,36,67,106), le traitement de l'hypersensibilité dentaire par occlusion des tubuli dentinaires ouverts⁽⁶¹⁾ et le blanchiment dentaire.⁽¹⁰⁶⁾ Le laser permet le diagnostic (par transillumination) et le traitement des fêlures et des fractures dentaires en faisant fondre du phosphate tricalcique.^(1, 26,62)

2.3 Médecine et chirurgie buccale :

Le laser joue le rôle d'un véritable bistouri biologique.⁽³⁰⁾ Ses effets sont utilisés en chirurgie orale pour la coupe et la coagulation.⁽¹⁰⁸⁾ Les gingivectomies-gingivoplasties, operculectomies et frénectomies peuvent être réalisées sans utilisation d'anesthésie locale. Il est aussi utilisé comme complément au traitement parodontal chirurgical ou non chirurgical, l'incision et l'excision (biopsie).^(12,67)

Les avantages des lasers par rapport aux instruments métalliques « froids » et par rapport à l'électrochirurgie sont : une chirurgie exsangue et sèche, une stérilisation immédiate du champ chirurgical, une réduction de la bactériémie et du traumatisme mécanique, œdèmes et douleurs postopératoires minimales. De plus, grâce aux meilleures capacités hémostatiques, les lasers conviennent mieux pour les patients souffrant de désordres de la coagulation sanguine ou pour les patients phobiques.^(18,106)

2.4 Endodontie :

En endodontie, le laser est utilisé pour le diagnostic de l'état pulpaire par flumétrie laser Doppler⁽⁷⁴⁾, la mise en forme canalaire et le nettoyage^(97,105), la

préparation des cavités d'accès et les apicectomies lors de la chirurgie endodontique ^(32, 48,108), et le ramollissement de la gutta-percha. ⁽⁶⁷⁾

2.5 Traitement des hyperpigmentations gingivales mélaniques :

Même si la l'hyperpigmentation gingivale mélanique ne représente pas un problème pathologique, les patients s'en plaignent souvent et demandent une thérapeutique cosmétique surtout si elle est visible durant la parole et en cas de sourire gingival. Plusieurs options thérapeutiques existent incluant la gingivectomie, la gingivectomie associée à une greffe gingivale libre, l'électrochirurgie, la cryochirurgie, la chimiothérapie (alcool et phénol) et l'abrasion. Leurs taux de succès sont différents. Récemment les lasers ont été utilisés pour éliminer les cellules contenant et produisant la mélanine. ^(5, 6, 84,99)

Le traitement des hyperpigmentations mélaniques gingivales par le laser Er:YAG (instrument de choix) est une procédure sûre et efficace. Les résultats esthétiques sont plaisants et la cicatrisation se produit sans incidents. ^(6,99)

2.6 Odontologie pédiatrique :

Les avantages du traitement à l'aide du laser chez l'enfant par rapport aux méthodes conventionnelles sont la réduction du temps de traitement, l'élimination du fraisage et donc des vibrations, l'absence d'odeurs, la suppression du facteur peur, la réduction ou l'élimination de l'anesthésie locale et de la pique. ⁽⁵⁷⁾

2.7 Implantologie :

Récemment, les lasers ont été proposés pour traiter les infections péri-implantaires. Puisqu'ils permettent une excellente incision des tissus mous avec un grand effet bactéricide, les lasers sont parmi les outils les plus prometteurs pour le traitement des péri-implantites. Des études in vitro récentes ont montré

que seuls les lasers CO₂, Er:YAG et diode conviennent pour l'irradiation des surfaces implantaire car l'augmentation de la température est minime. ⁽⁸⁸⁾

Les avantages de l'utilisation des lasers en implantologie sont l'obtention d'une bonne hémostase permettant une bonne vision du site chirurgical, minimum de trauma des tissus environnants, la réduction de l'infection, des douleurs et de l'œdème post-opératoires. De plus, étant donné le faible saignement, l'empreinte peut être prise immédiatement après le dés-enfouissement et la réclinaison d'un lambeau n'est pas nécessaire. Ils permettent la décontamination des surfaces implantaire lors de péri-implantites en éliminant le tartre et la plaque bactérienne des surfaces implantaire sans altérations thermiques de la surface implantaire. ⁽⁶⁶⁾

2.8 Parodontologie :

Les utilisations possibles du laser en parodontie seront traitées dans la troisième partie

*3ème partie : Apport des lasers dans le traitement des
maladies parodontales*

1. Historique :

Dans le but de simplifier et d'améliorer le traitement mécanique de la surface radiculaire, plusieurs systèmes ont été développés comme les instruments soniques, ultrasoniques et dernièrement les lasers. ⁽³⁷⁾

L'intérêt médical des lasers est établi. Ils ont été utilisés d'abord en médecine puis en dentisterie en 1964. ⁽⁹⁰⁾ La première utilisation du laser sur les tissus durs a été signalée par Goldman, Stern et Sognnaes en 1964 qui décrivaient les effets du laser rubis sur l'émail et la dentine. Cependant la relation actuelle de la dentisterie et du laser prend son origine d'un article publié en 1985 par Meyers et Meyers décrivant le traitement des caries en utilisant un laser Nd:YAG d'ophtalmologie modifié. Quatre ans plus tard, il a été suggéré que le laser Nd:YAG pourrait être utilisé pour la chirurgie orale des tissus mous, ce qui mena finalement à l'actuelle relation entre laser et parodontie. ^(15,42)

Si dans le domaine de la dentisterie opératoire les lasers ont été rapidement utilisés, dans le domaine de la parodontie, la difficulté d'accès opératoire a longtemps restreint leur utilisation. La fin des années 1980 et le début des années 1990 voient naître les premières utilisations des lasers en parodontie. ⁽⁷⁹⁾ En effet, même si les lasers sont étudiés pour leur applicabilité en dentisterie depuis 1960, ce n'est qu'en 1985 que la première étude portant sur l'utilisation du laser en chirurgie parodontale a été publiée. Les applications étaient limitées en raison de l'impossibilité des lasers d'interagir favorablement avec les tissus durs dentaires et osseux. ⁽¹⁶⁾ De nos jours, l'utilisation du laser en parodontie occupe une part importante et croissante de la littérature. ^(15,42)

1.1 Instruments ultrasoniques, soniques et autres moyens :

Les progrès technologiques ont permis de donner une première alternative réaliste à la traditionnelle instrumentation manuelle à l'aide des curettes. Cette alternative est représentée par les instruments mécaniques (ultrasoniques et soniques). Les deux techniques ont donné des améliorations cliniques

significatives des paramètres parodontaux. Ceci a permis de répandre l'adoption combinée de l'instrumentation manuelle et mécanique en pratique clinique. (4) Dans une revue de la littérature, Hallmon et Rees ont conclu que l'instrumentation mécanique comparée à l'instrumentation manuelle donne des améliorations cliniques similaires et acceptables. (40,49)

Cependant une couche de « smear layer » résiduelle contenant bactéries et endotoxines oblitère les orifices des tubuli dentinaires et empêche une bonne cicatrisation parodontale. (23, 72,102)

L'élimination complète du tartre et de la plaque bactérienne est impossible. Les raisons de cette élimination incomplète sont entre autres l'anatomie radiculaire et la morphologie des poches parodontales. Même après l'association des ultrasons à l'instrumentation manuelle, l'élimination du tartre est incomplète. (101)

Durant les dernières années, des alternatives ont été examinées pour compenser les limitations inhérentes au traitement radiculaire mécanique. Des études cliniques in vivo et in vitro ont souligné l'importance du conditionnement de la surface radiculaire par différentes méthodes comme thérapie complémentaire au surfaçage radiculaire pour améliorer la régénération de l'attache parodontale perdue. Plusieurs d'agents ont été proposés pour cette procédure incluant l'acide citrique, l'acide éthylène diamine tétracétique (EDTA), le peroxyde d'hydrogène (H_2O_2) (71), les tétracyclines, le métronidazole et la chlorhexidine. Ces derniers permettent de réduire la flore bactérienne associée aux parodontites mais ils ne sont pas dépourvus d'effets indésirables comme le développement de résistance, la perturbation de la microflore et croissance de la flore opportuniste. De plus il est difficile d'obtenir une concentration bactéricide de l'antibiotique au niveau du parodonte. (37)

Des systèmes air-abrasifs ont été introduits par la suite. Cependant, ils ne sont pas dépourvus d'inconvénients (rugosité, création d'aérosol, trauma des tissus mous...). (101)

1.2 L'avènement du laser :

L'élimination du tartre et plaque bactérienne à l'aide des instruments manuels est ni complète ni satisfaisante du point de biocompatibilité particulièrement au niveau des zones radiculaires à accès difficile. Afin de simplifier le traitement parodontal et de le rendre plus efficace, certaines études ont suggéré que les lasers peuvent être une alternative prometteuse pour l'amélioration du traitement parodontal. ⁽³⁹⁾ Outre leur effet bactéricide, ils permettent d'éliminer le tartre, la plaque bactérienne et la couche de « smear layer » dans des zones d'accès particulièrement difficiles. ^(23, 25, 72,102)

La recherche d'un nouvel outil plus efficace pour réaliser le débridement et permettre d'obtenir une biocompatibilité de la surface radiculaire a abouti à proposer des lasers et ce dans un souci permanent d'améliorer le confort du patient, réduire la quantité de tissus éliminés et renforcer l'effet bactéricide. ^(40,101)

Autrefois considérés comme une technologie complexe aux utilisations limitées en dentisterie clinique, il existe actuellement un intérêt grandissant pour l'incorporation des lasers dans l'arsenal de la pratique dentaire moderne au sein de laquelle ils peuvent être utilisés comme complément ou alternative aux approches traditionnelles. Il existe un grand effort international pour le développement de nouvelles applications des lasers en pratique dentaire et chaque année plusieurs meetings sont organisés pour échanger les connaissances et les avancées en la matière (International Society for Lasers in Dentistry, European Society for Oral Laser Application, Academy of Laser Dentistry). ⁽¹⁰⁶⁾

2. Applications cliniques :

2.1 Détartrage Surfaçage Radiculaire :

L'objectif du débridement sous gingival est non seulement d'éliminer la plaque bactérienne adhérente et libre, mais aussi les dépôts de tartre. A cet égard, les instruments manuels conventionnels ont été jugés insuffisants et nécessitent

un temps de travail long. Dans le but d'améliorer l'efficacité de débridement de la surface radiculaire, divers outils comme les détartreurs soniques et ultrasoniques. Cependant, l'anatomie radiculaire rend difficile l'obtention d'une surface radiculaire biologiquement compatible. Les régions inter-proximales, les furcations, la jonction amélo-cémentaire et les dents pluri-radiculées sont les régions qui contiennent le plus de plaque et de tartres résiduels après le traitement. ⁽⁵²⁾

Considérant ces difficultés pour réaliser un traitement parodontal réussi, différents types de lasers ont été proposés pour le traitement parodontal non chirurgical comme alternative ou complément au DSR mécanique. ^(42,52) Le laser est de grande valeur en parodontie. En procurant l'aisance d'atteindre les régions d'accès difficiles par rapport à l'instrumentation traditionnelle, avec moins de dommage en obtenant un environnement stérilisé, l'avènement du curetage au laser permet de réduire potentiellement le nombre de patients pour lesquels la chirurgie est la seule option si leur cas n'est pas résolu par les moyens non chirurgicaux conventionnels. ⁽⁶⁷⁾ De plus cette procédure est moins invasive que la chirurgie à lambeaux. ⁽¹⁸⁾

En plus de l'élimination du tartre sous gingival, les couches superficielles de ciment contaminé peuvent être éliminées à l'aide du laser Er:YAG. L'utilisation du laser Er:YAG stimulerait la prolifération des fibroblastes gingivaux et leurs sécrétions ce qui améliore la cicatrisation. ⁽⁶⁾

Le curetage, l'élimination du tartre, la stérilisation des surfaces radiculaires exposées à la maladie parodontale, les techniques d'amélioration de l'architecture gingivale (gingivoplasties), les traitements implantaires, la chirurgie muco-gingivale, l'élimination des tissus de granulation, la coagulation des sites donneurs de greffes gingivales libres ainsi que le traitement des poches parodontales sont considérées comme de possibles indications. Plusieurs auteurs ont trouvé que la correction au laser des hypertrophies gingivales induites par la

prise de certains médicaments est meilleure que les autres techniques chirurgicales.

Cependant, malgré la tendance actuelle à suggérer les lasers comme une alternative convenable à l'instrumentation radiculaire conventionnelle, plusieurs études préviennent qu'une attention doit être observée et ce à cause de possibles altérations irréparables après utilisation des lasers. ^(15, 40, 67, 80,108)

Il existe 3 critères principaux pour l'utilisation d'un laser en parodontie : il doit avoir un effet bactéricide, facile à introduire au niveau de la poche parodontale et ne doit pas altérer la surface radiculaire de cette dernière. ⁽¹⁸⁾

Plusieurs publications évaluant les altérations sur les tissus durs ont confirmé l'effet négatif des lasers Nd:YAG et CO₂ quand ils ont été utilisés directement ou indirectement au niveau la surface radiculaire. En effet, la carbonisation produite lors de l'élimination des tissus durs au laser inhibe l'attachement des fibroblastes et retarde la cicatrisation. ^(15,80)

L'irradiation au laser Er:YAG possède des effets bactéricides avec réduction des lipopolysaccharides, une grande capacité d'élimination de plaque et de tartre avec un effet limité à une très fine couche de la surface. Aoki et coll. ont démontré l'efficacité de ce laser (30 mJ/pulsation) à éliminer le tarte sous gingival sous irrigation d'eau et ont suggéré que ce laser pouvait être appliqué cliniquement pour le détartrage sous gingival. ⁽⁵²⁾ (Fig.7)



Fig.7 : Application du laser Er:YAG au niveau d'une poche parodontale. ⁽⁶⁵⁾

Les observations histologiques au MEB ont montré un niveau d'élimination de tartre qui est similaire à celui produit par le détartrage à l'aide des instruments ultrasoniques. La rugosité de la surface créée par ce laser n'a pas une influence négative sur la cicatrisation. ⁽⁵²⁾

Ni le laser Nd:YAG ni les lasers à diode ont été efficaces dans l'élimination du tartre de la surface radiculaire et ne peuvent être considérés comme une thérapeutique alternative pour le surfaçage radiculaire.

Le laser Er:YAG est le meilleur pour l'application sur les tissus durs. Il provoque le moins de dommages thermiques et laisse une surface biocompatible pour l'attachement des tissus mous. En effet, il est capable d'éliminer les lipopolysaccharides de la surface radiculaire, facilite l'élimination de la « smear layer » après surfaçage radiculaire, élimine le tartre et le ciment et permet d'obtenir une surface similaire à une surface mordancée à l'acide. Il n'y avait pas de fusion ni de carbonisation comme dans le cas des lasers Nd:YAG et CO₂. Cependant, aucun avantage comparé au surfaçage radiculaire n'a été établi. ^(15, 80,103) Il représente potentiellement un outil auxiliaire important en parodontie pour le conditionnement des surfaces radiculaires exposées à une maladie parodontale. ^(31,107)

Sasaki et coll. ont suggéré que le tissu de granulation pouvait être éliminé par le laser Er:YAG durant la chirurgie parodontale à lambeaux. Bien qu'il puisse être un outil prometteur pour l'élimination des tissus de granulation des poches parodontales, plus de recherches sont nécessaires pour démontrer l'efficacité de l'élimination des tissus de granulation sans endommager thermiquement les tissus environnants notamment l'os alvéolaire et les surfaces radiculaires. ⁽⁵²⁾

Le retard d'épithélialisation après la chirurgie au laser est recherchée, particulièrement si le laser est combiné à une technique de régénération tissulaire guidée à travers une exclusion épithéliale. ^(67,98) Cette technique est moins

contraignante et plus efficace que les autres techniques connues de retardement épithélial. La meilleure technique pour la régénération parodontale serait une technique utilisant deux longueurs d'onde. Le laser Er:YAG pour débrider, nettoyer et stériliser le site chirurgical et préparer la surface radiculaire à l'adhésion des fibroblastes. Puis, le laser CO₂ pour éliminer l'épithélium ce qui permet aux fibroblastes d'adhérer et de proliférer en créant une nouvelle attache. (18)

Malgré le grand nombre de publications concernant l'utilisation du laser dans le traitement des parodontites chroniques, il existe toujours une controverse à ce sujet. Même en utilisant le même laser, il existe un conflit considérable entre les résultats des essais cliniques et des études menées in vitro. Actuellement, une comparaison significative entre les différentes études cliniques ou entre le laser et le traitement conventionnel est difficile voire impossible. Peu de preuves suggèrent la supériorité du laser sur les modalités de traitements traditionnels. L'état actuel des connaissances suggère que l'utilisation de laser Nd:YAG pour le traitement de la parodontite chronique pourrait être équivalent au DSR en ce qui concerne la réduction de la profondeur au sondage et la flore bactérienne sous-gingivale. (15)

2.2 Thérapie photodynamique (TPD) :

La TPD est un traitement qui utilise la lumière cohérente d'un laser (exemple : laser diode) pour activer un photosensibilisateur (exemple : le chlorure de tolonium) fixé sur une cible bactérienne (Fig.8). L'interaction du photosensibilisateur avec la lumière produit des singulets d'O₂ et d'autres agents extrêmement toxiques pour les bactéries. La pénétration du photosensibilisateur à travers l'épithélium et le tissu conjonctif est aussi importante que celle des bactéries ce qui explique l'efficacité de la TPD. (95)



Fig.8 : Système pour TPD utilisant un laser diode (635 nm) et un photosensibilisateur (chlorure de tolonium). ⁽¹⁰⁶⁾

La TPD a un pouvoir bactéricide sur les bactéries de la plaque pourtant résistantes à l'action des agents anti-microbiens. Elle peut être appliquée pour la désinfection des canaux, des poches parodontales et des péri-implantites. L'avantage est que cette thérapie est inoffensive pour les cellules humaines tel que les fibroblastes et qu'elle ne provoque pas de sensibilisation. ⁽¹⁰⁶⁾

2.3 Evaluation de l'activité de la maladie parodontale :

Plusieurs investigateurs ont utilisé des paramètres cliniques et des prélèvements de microflore et de fluide gingival afin de prédire les périodes d'activité de la maladie parodontale. Cependant, ces critères ne sont que des mesures indirectes de son activité. Le laser Doppler serait une méthode objective permettant de mesurer la réponse au traitement parodontal. ⁽⁵⁰⁾ La flumétrie par laser doppler est une méthode couteuse mais non-invasive permettant de diagnostiquer une augmentation du flux sanguin gingival et donc une inflammation gingivale. Ses valeurs sont positivement corrélées au degré de l'inflammation gingivale.

2.4 Détection du tartre sous-gingival :

Plusieurs raisons ont été avancées pour expliquer la faible fiabilité des méthodes traditionnelles de détection du tartre résiduel : la nécessité d'explorer

toute la surface radiculaire, l'accès difficile, la morphologie radiculaire difficile et la possibilité de confondre le ciment avec le tartre. ⁽³⁶⁾

La principale source d'échec en thérapeutique parodontale est la persistance de tartre après DSR. La distinction entre l'existence de tartre et les aberrations morphologiques de la surface radiculaire est difficile voire impossible. Par conséquent, une technique de détection objective du tartre sous-gingival est nécessaire. Dans ce contexte, un nouveau système de détection utilisant une sonde optique LED a été conçu de manière à avoir une grande sensibilité et spécificité pour la détection du tartre lors de la thérapeutique parodontale non chirurgicale. (Fig.9) ^(7, 36, 58,107)



Fig.9 : Débridement d'une poche parodontale à l'aide d'un laser Er:YAG (la couleur rouge provient du système de détection de tartre par fluorescence induite). ⁽¹⁰³⁾

La fluorescence serait en rapport avec des produits bactériens (comme la porphyrine qui est synthétisée et libérée par les bactéries parodontopathogènes) contenus dans le tartre. Cependant la fluorescence peut être induite par les caries ce qui peut induire en erreur. ^(36,58)

Une étude in vitro a montré que la détection de tartre sous-gingival à l'aide d'un laser diode est meilleure par rapport à une sonde exploratrice. Cependant, ceci est valable pour les dents pluri-radiculées mais pas pour les monoradiculées (car l'accès est aisé dans le dernier cas). ⁽³⁵⁾ La combinaison de ce système de détection avec un laser thérapeutique (Fig.9) a permis d'automatiser le détartrage dentaire et péri-implantaire. ⁽¹⁰⁶⁾

2.Efficacité du laser en parodontie :

2.1 Etudes cliniques :

3.1.1 Introduction :

Le traitement au laser peut servir comme alternative ou complément au traitement mécanique conventionnel en parodontie grâce à divers avantages comme la facilité de manipulation, la durée de traitement courte, la décontamination, la stérilisation et l'hémostase. ⁽⁵²⁾ Cette dernière caractéristique permet l'obtention d'un champ opératoire sec par coagulation et donc une meilleure visualisation et accessibilité du site opératoire. L'œdème, les cicatrices et les douleurs sont moins importants ce qui explique la meilleure attitude du patient vis-à-vis du laser. ⁽¹⁵⁾

Les effets indésirables possibles de l'instrumentation radiculaire non chirurgicale incluent le traumatisme des tissus mous, les altérations radiculaires, l'hypersensibilité radiculaire, la douleur et les récessions gingivales. ⁽⁴⁾ A l'inverse, le degré d'inconfort est minime durant l'irradiation au laser, l'anesthésie locale n'a pas été nécessaire durant le curetage parodontal que ce soit pour supprimer la douleur ou assurer l'hémostase. Aucune sensibilité dentaire ou retard de la cicatrisation n'ont été signalés après le curetage au laser. Ceci place le laser comme une alternative intéressante chez les patients ayant la phobie des méthodes conventionnelles. ⁽⁹⁸⁾

Le biofilm est difficile à éliminer en utilisant le traitement parodontal conventionnel disponible. À part le traitement mécanique conventionnel mécanique non chirurgical et chirurgical, différentes possibilités thérapeutiques complémentaires sont disponibles comme les antiseptiques et les antibiotiques. Cependant elles ne sont pas dépourvues d'effets indésirables (désordres gastro-intestinaux, résistances) et de problèmes comme la compliance. ^(27, 54, 68, 69,102)

3.1.2 Thérapie photodynamique :

De nouvelles alternatives offrant une possibilité d'élimination efficace des bactéries parodontales sont proposées. C'est le cas de la thérapie photodynamique ; TPD. (Fig.10). Durant l'interaction du rayon laser avec l'agent photosensibilisateur, des radicaux libres d'oxygène singulet cytotoxiques sont formés. Même si cette technique est classiquement utilisée pour le traitement des néoplasies, son utilisation est intéressante en TPD antibactérienne. De plus, même sans lumière laser, le photosensibilisateur seul peut endommager les bactéries. L'avantage est l'application topique ce qui évite par conséquent les surdosages. ^(27, 68, 69,102)



Fig.10 : (A) Laser diode, 660nm (B) Photosensibilisateur (C) L'applicateur : fibre optique. ⁽²⁷⁾

Plusieurs études cliniques ont été menées au cours des quelles différents paramètres cliniques ont été examinés (indice gingival, saignement au sondage, profondeur au sondage, récession gingivale, niveau d'attache clinique) après traitement parodontal par les lasers et comparés au DSR. L'une d'entre elles a comparé le traitement de parodontites agressives par thérapie photodynamique (source laser de 690 nm associée à la phénothiazine) par rapport au DSR manuel. Les auteurs ont trouvé qu'aussi bien la TPD que le DSR ont montré des résultats cliniques similaires dans le traitement non chirurgical des parodontites agressives (Tableau II). ⁽²⁷⁾

Tableau II : Indice en fonction du type de traitement à T₀ et 3 Mois ⁽²⁷⁾

Indice/Traitement	T ₀	3 Mois
Profondeur au sondage		
TPD	4.92±1.61	3.49±0.98
DSR	4.92±1.14	3.98±1.76
Différence	n.s	n.s
Récession gingivale		
TPD	1.03±0.35	0.90±0.31
DSR	1.53±0.56	1.50±0.57
Différence	n.s	n.s
Niveau d'attache clinique		
TPD	9.93±2.10	8.74±2.12
DSR	10.53±2.30	9.01±3.05
Différence	n.s	n.s
Indice de plaque		
TPD	1.00±0.50	0.70±0.40
DSR	1.00±0.50	0.60±0.40
Différences	n.s	n.s
Indice gingival		
TPD	1.80±0.60	0.60±0.40
DSR	1.90±0.70	0.60±0.40
Différences	n.s	n.s
Saignement au sondage		
TPD	57%	19%
DSR	60%	21%
Différences	n.s	n.s

n.s : non significative

Les différences entre les deux types de traitement ne sont pas significatives

Par ailleurs, une autre étude a conclu que l'adjonction de la TPD au DSR n'a pas permis d'obtenir des améliorations additionnelles en termes de réduction de la profondeur au sondage et de gain du niveau d'attache clinique par rapport au DSR seul. ⁽¹³⁾

3.1.3 Laser Er:YAG :

En fonction des études, différents paramètres cliniques (déjà cités) ont été comparés à l'utilisation des instruments conventionnels de DSR (ultrasons et/ou instruments manuels). Le laser a été utilisé seul ou en association à ces derniers. La plupart des études s'accordent sur le fait que le laser Er:YAG permet une amélioration des paramètres cliniques supérieure ou égale par rapport aux instruments conventionnels de DSR.

En effet, alors que certains auteurs pensent que l'utilisation du laser Er:YAG comme adjuvant ne met pas en évidence un effet synergique puisque sa combinaison au DSR conventionnel ne donne pas plus d'amélioration clinique que celle obtenue après l'un des deux traitements appliqués seuls, ^(7, 52, 54,91) (Tableau III à V) d'autres y voient une amélioration des résultats. ⁽⁹⁰⁾ (Tableau VI à VIII)

Tableau III : Indice de plaque et Indice gingival de T₀ à 2 Ans ⁽²³⁾

	T ₀	3 Mois	1 An	2 Ans
	Moyenne ± DS	Moyenne ± DS	Moyenne ± DS	Moyenne ± DS
Indice de plaque				
Ultrasons	1.05±0.51	0.74±0.34	1.27±0.64	1.28±0.65
Er:YAG	1.05±0.51	0.81±0.42	1.26±0.57	1.29±0.48
Différence	n.s	n.s	n.s	n.s
Indice gingival				
Ultrasons	1.75±0.58	0.49±0.45	0.63±0.35	1.01±0.76
Er:YAG	1.75±0.58	0.51±0.34	0.64±0.42	1.09±0.61
Différence	n.s	n.s	n.s	n.s

n.s : non significative

Tableau IV : Indice de plaque, Indice gingival et Saignement au sondage à T₀, 3 mois et 6 mois ⁽⁹⁰⁾

Indice/Traitement	T ₀ (±DS)	3 Mois	Différence	6 Mois	Différence
Indice de plaque					
Laser	1.0±0.6	0.7±0.4	s	0.7±0.4	s
DSR	1.0±0.6	0.5±0.5	s	0.7±0.5	s
Différence	n.s	n.s		n.s	
Indice gingival					
Laser	1.91.0±0.6	0.5±0.6	s	0.3±0.6	s
DSR	1.91.0±0.6	0.7±0.8	s	0.4±0.8	s
Différence	n.s	n.s		n.s	
Saignement au sondage					
Laser	56%	17%	s	13%	s
DSR	52%	22%	s	23%	s
Différence	n.s	s		s	

n.s : non significative s : significative

Tableau V : Profondeur au sondage en fonction du traitement à T0 et 30 jours ⁽⁶⁵⁾

Groupe	T ₀	30 Jours
DSR-Laser	6.48±1.15	4.80±1.3
Laser	6.42±1.08	5.30±1.2
DSR	6.87±1.05	5.20±1.04
Contrôle	6.28±0.85	6.30±0.9
Différence	Non significative	DSR-Laser/Contrôle

Tableau VI : Profondeur au sondage, récession gingivale et niveau d'attache clinique à T0, 3 mois et 6 Mois ⁽⁹⁰⁾

Indice/Traitement	T ₀ (±DS)	3 Mois	Différence	6 Mois	Différence
Profondeur au sondage					
Laser	4.9±0.7	3.5±0.6	s	2.9±0.6	s
DSR	5.0±0.6	3.8±0.7	s	3.4±0.7	s
Différence	n.s	s		s	
Récession gingivale					
Laser	1.4±0.8	1.5±0.7	n.s	1.5±0.7	n.s
DSR	1.5±0.8	1.9±0.8	s	2.0±0.8	s
Différence	n.s	s		s	
Niveau d'attache clinique					
Laser	6.3±1.1	5.1±1.0	s	4.4±1.0	s
DSR	6.5±1.0	5.6±1.1	s	5.5±1.0	s
Différence	n.s	s		s	
n.s : non significative s : significative					

Réduction significative de la profondeur au sondage et encore plus du niveau d'attache clinique après traitement par DSR ou par laser Er:YAG.

Tableau VII : Profondeur au sondage et niveau d'attache clinique de T₀ à 2 Ans pour les poches ≥ 7mm ⁽²³⁾

	T ₀	3 Mois	1 An	2 Ans
	Moyenne ± DS	Moyenne ± DS	Moyenne ± DS	Moyenne ± DS
Profondeur au sondage (mm)				
Ultrasons	7.13±0.53	4.54±0.41	4.82±0.37	4.85±0.64
Er:YAG	7.92±0.78	3.91±4.01	3.11±0.41	3.05±0.53
Différence	s	s	s	s
Niveau d'attache clinique (mm)				
Ultrasons	8.35±0.33	5.96±0.93	6.33±0.61	6.34±0.92
Er:YAG	8.41±0.47	4.40±0.81	3.31±1.01	3.38±0.79
Différence	n.s	s	s	s
n.s : non significative		s : significative		

Différences significative en termes de profondeur au sondage et de niveau de l'attache clinique entre le groupe traité au laser et le groupe traité par instrumentation ultrasonique.

Différence significative en termes de niveau d'attache clinique entre T₀ et 3 mois et entre 3 mois et 1 an dans le cas du traitement par laser Er:YAG. Cependant après le traitement par ultrasons, on note une différence significative uniquement entre T₀ et 3 mois. Ceci montre la stabilité du niveau de l'attache clinique après l'utilisation du laser Er:YAG dans le cas de poche ≥ 7 mm.

Tableau VIII : Indice de plaque, Indice gingival et Saignement au sondage à T₀, 1 An et 2 Ans ⁽⁸⁹⁾

Indice/Traitement	T ₀ (±DS)	1 An	Différence	2 Ans	Différence
Indice de plaque					
Laser	1.0±0.6	0.6±0.4	n.s	1.3±0.6	n.s
DSR	1.0±0.6	0.7±0.5	n.s	1.2±0.6	n.s
Différence	n.s	n.s		n.s	
Indice gingival					
Laser	1.9±0.6	0.4±0.3	s	1.0±0.6	s
DSR	1.9±0.6	0.5±0.3	s	1.1±0.6	s
Différence	n.s	n.s		n.s	
Saignement au sondage					
Laser	56%	14%	s	20%	s
DSR	52%	26%	s	28%	s
Différence	n.s	s		s	
n.s : non significative		s : significative			

Différences statistiquement significatives à 1 et 2 ans entre le groupe traité par laser et le groupe traité pas DSR en terme de saignement au sondage (le laser donnant les meilleurs résultats)

A l'inverse, d'autres études ont conclu que même si un gain significatif du niveau d'attache clinique a été observé après DSR seul et non après traitement par

le laser Er:YAG ⁽⁶⁵⁾, ce dernier peut être utilisé comme complément pour le traitement des poches parodontales. ^(36,65) (Tableau IX)

Tableau IX : Profondeur au sondage en fonction du traitement à T0 et 30 jours ⁽⁶⁵⁾

Groupe	T ₀	30 Jours	Différences
DSR-Laser	6.71±1.42	6.50±1.35	n.s
Laser	6.61±1.11	6.58±1.33	n.s
DSR	7.20±1.28	6.72±1.28	s
Contrôle	6.80±1.46	6.94±1.40	n.s
n.s : non significative		s : significative	

Amélioration significative uniquement dans le groupe DSR seul.

Une autre étude a conclu que l'utilisation des lasers Er:YAG ou Nd:YAG pour le traitement des parodontites chroniques est équivalente au DSR en ce qui concerne la profondeur de sondage et l'élimination des populations bactériennes sous-gingivales. Par contre, si le niveau d'attache clinique est considéré comme référence pour le traitement parodontal non chirurgical, la supériorité des lasers est minime. ⁽¹⁵⁾

Ceci est en contradiction avec les conclusions d'une autre étude qui a trouvé que le gain du niveau d'attache clinique est plus important et la récession moins importante dans le groupe traité par laser et l'a expliqué par le fait que les instruments manuels sont plus traumatisants que les fibres optiques. ^(27, 89, 90,105)

D'autres auteurs ont observé une augmentation de la récession gingivale dans les groupes traités par le laser (Tableau X) et l'ont expliquée par le temps nécessaire plus important que l'instrumentation manuelle. (30 secondes en plus). ⁽⁶⁵⁾

Tableau X : Valeurs de la récession gingivale pour les différents groupes à T0 et 30 jours ⁽⁶⁵⁾

Groupe	T ₀	30 Jours	Différences
DSR-Laser	0.24±0.70	1.05±1.12	s
Laser	0.19±0.40	0.86±0.91	s
DSR	0.33±0.66	0.81±1.17	n.s
Contrôle	0.52±0.98	0.62±1.02	n.s
n.s : non significative		s : significative	

Augmentation significative de la récession gingivale au niveau des groupes traités par laser seul et par DSR-laser.

Les contradictions entre ces différentes études peuvent être expliquées par la différence initiale de la profondeur initiale des poches. En effet la réduction de la profondeur au sondage et le gain d'attache clinique sont plus importants pour les poches les plus profondes. ⁽⁶⁵⁾

Comme dans le cas des instruments conventionnels, les poches les plus profondes (≥ 7 mm) traitées par le laser ont montré les meilleurs changements en termes de profondeur au sondage, de gain d'attache clinique et de récession gingivale. Les poches intermédiaires (4 à 6 mm) ont montré des améliorations modérées tandis que les poches superficielles ont montré le plus faible taux de variation ⁽⁹⁰⁾ (Fig.11) ce qui est en accord avec les résultats d'autres études. ^(23, 89,91) Cette observation est un argument en faveur de l'efficacité égale entre laser et DSR conventionnel.

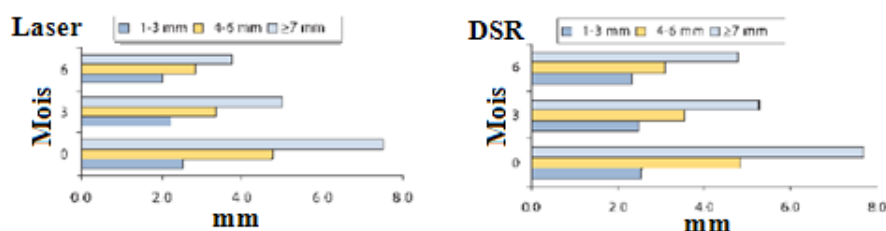


Fig.11 : Variation moyenne de la profondeur au sondage à T₀, 3 et 6 mois dans des sites avec des valeurs initiales de 1 à 3mm, 4 à 6mm et ≥ 7 mm. ⁽⁹⁰⁾

Le laser Er:YAG a été aussi évalué lors de la phase chirurgicale. Par rapport à une chirurgie conventionnelle utilisant la technique du lambeau de Widman modifié, son utilisation comme complément au traitement chirurgical des poches parodontales profondes a permis de réduire de manière significative les

profondeurs de poche et les saignements au sondage ainsi que d'obtenir un gain du niveau d'attache clinique plus important. Ce gain d'attache témoigne de la biocompatibilité des surfaces radiculaires. De tels résultats peuvent être expliqués par le fait que le traitement conventionnel mécanique ne permet pas d'éliminer complètement les bactéries et la « smear layer » contenant des débris infectés qui affectent la cicatrisation alors que le laser en est capable. ⁽⁴²⁾

Lors de la phase de maintenance, des études ont évalué cliniquement les effets du débridement à l'aide d'un laser Er:YAG au niveau des poches parodontales. Pour cela des poches dont la profondeur est $\geq 5\text{mm}$ ont été débridées soit par laser Er:YAG soit par les ultrasons.

À un mois, la réduction de la profondeur au sondage et le gain du niveau d'attache clinique sont significativement plus importants dans le cas d'utilisation du laser Er:YAG. Cette supériorité peut être expliquée par la biostimulation obtenue grâce au laser. À 4 mois, ces différences se sont estompées. Concernant le saignement au sondage, il n'y a pas de différence significative entre les deux groupes quelque soit la durée.

À part le fait que le laser crée moins d'inconfort, ces résultats ne montrent aucun avantage évident de l'utilisation du laser pour le débridement sous-gingival par rapport aux ultrasons durant la phase de maintenance. Toutefois, il est important de signaler que les patients traités par laser en sont conscients ce qui pourrait modifier leur attitude favorablement en faveur d'un nouvel outil. ⁽¹⁰³⁾

3.1.4 Lasers Nd:YAP, Nd:YAG et CO₂ :

Les résultats obtenus avec le laser Er:YAG semblent similaires à ceux obtenus par le laser Nd:YAP. En effet, l'ensemble des patients traités par une thérapeutique initiale et adjonction de laser Nd:YAP présente une amélioration des signes cliniques plus significative que ceux traités par une thérapeutique initiale seule. Par ailleurs l'ensemble des sites traités par ce laser présente une

meilleure hémostasie par rapport aux sites non traités par laser. De plus, les patients se sont moins plaints de douleurs postopératoires et de sensibilités thermiques. ⁽⁷⁹⁾

Les lasers Nd:YAG et CO₂ ont été évalués et leurs efficacités comparées par rapport aux ultrasons. Même si les différences n'étaient pas significatives, les améliorations étaient meilleures dans le cas du laser Nd:YAG et des ultrasons. Le laser Nd:YAG seul a été aussi efficace que ne l'ont été les ultrasons seuls. Ceci pourrait être expliqué par le fait que le laser CO₂ est utilisé à distance. ⁽⁷²⁾

Au vu de toutes ces études, plusieurs contradictions existent. Une comparaison entre les différentes études cliniques ou entre le laser et le traitement conventionnel est difficile voire impossible à réaliser en raison de la grande variabilité des longueurs d'onde ainsi que de leurs paramètres différents qui ne permettent pas le calcul de la densité d'énergie. De plus, les schémas expérimentaux différents, la différence dans la sévérité de l'atteinte et des protocoles de traitement ainsi que des indices étudiés différents accentuent la difficulté de comparaison. Peu d'essais cliniques sur l'homme ont été publiés ce qui ne permet pas d'affirmer la supériorité de l'utilisation du laser pour le traitement des parodontites. ⁽¹⁵⁾

Enfin, même si les résultats sont identiques, le traitement au laser offre l'avantage d'être bactéricide alors que le DSR conventionnel permet de réduire les populations bactériennes sans être un traitement bactéricide en soi.

3.2 Etudes histologiques :

3.2.1 Introduction :

La biocompatibilité des surfaces radiculaires est d'une importance capitale pour un bon déroulement de la cicatrisation parodontale. ⁽³¹⁾

L'utilisation des lasers comme complément à la thérapeutique parodontale conventionnelle est grandissante. Ils permettent d'éliminer les bactéries et le tartre mais d'un autre côté ils peuvent causer une altération de la surface radiculaire et empêcher par conséquent l'attachement cellulaire. Ceci semble survenir lorsque certains niveaux d'énergies sont dépassés. ⁽⁵⁹⁾

Plusieurs lasers ont été évalués histologiquement pour juger la biocompatibilité des surfaces radiculaires traitées par ces nouveaux outils. Cette biocompatibilité a un effet direct sur la qualité de la cicatrisation. Ce sont les fibroblastes qui déterminent cette dernière ce qui explique que plusieurs études se sont intéressées à ces cellules pour savoir si les surfaces traitées sont biocompatibles ou non. En effet, les fibroblastes peuvent prendre 3 formes : aplatie (signe de bonne santé), arrondie (signe de mauvaise santé) ou intermédiaire (santé intermédiaire). Des fibroblastes en bonne santé prouvent l'absence de bactéries. Par contre, des fibroblastes en mauvaise santé est un signe que des bactéries ou que la morphologie obtenue après irradiation (cratères, carbonisation...) ne sont pas propices à leur croissance. ⁽⁹⁾

Les résultats des études comparant la cicatrisation de défauts osseux préparés par fraisage aux défauts osseux créés par laser sont contradictoires. Certaines études ont trouvé que la cicatrisation est retardée dans le cas des lasers alors que d'autres ont trouvé qu'elle était comparable voire accélérée. Lorsqu'un retard a été observé, une couche résiduelle carbonisée est toujours observée. Cette couche formerait une barrière qui empêche l'adhésion de cellules ostéogéniques et par conséquent la formation d'un nouvel os. Les analyses ont montré que cette couche contient des substances toxiques comme la cyanamide (NCN²⁻) et le cyanate (NCO⁻). ⁽⁴¹⁾

Le retard de cicatrisation osseuse suite à l'ostéotomie réalisée au laser peut aussi être expliqué par la présence de fragments d'os inertes encapsulés par un

tissu conjonctif fibreux et des séquestres osseux entourés par des cellules géantes multinuclées. ^(15,41)

La Spectroscopie Infrarouge à Transformée de Fourier révèle que la composition chimique de la surface osseuse est inchangée après irradiation par le laser Er:YAG et qu'aucune substance toxique n'était produite. Histologiquement, la quantité d'os néoformé est significativement plus importante après traitement au laser Er:YAG qu'après fraisage. ⁽⁴²⁾

Le ciment radiculaire et la dentine traités au laser Er:YAG ne contiennent pas ces produits toxiques (cyanamide et cyanate). Ils sont par contre observés sur les surfaces radiculaires traitées par le laser CO₂. Ces substances toxiques peuvent inhiber le réattachement et la migration des fibroblastes. ⁽⁵²⁾ Autre facteur pouvant perturber la cicatrisation parodontale est la présence de la « smear layer » qui est connue comme lui étant potentiellement préjudiciable en inhibant ou ralentissant le réattachement tissulaire à la surface radiculaire. Il a été démontré qu'il n'y a pas de formation de « smear layer » sur les surfaces traitées par le laser Er:YAG contrairement au DSR après lequel celle-ci était souvent observée. ^(9,52)

Plusieurs études ont proposé l'utilisation du laser Er:YAG comme un outil auxiliaire pour le traitement des surfaces radiculaires exposées à l'évolution d'une maladie parodontale. Ceci reste cependant une question controversée. En effet, certains auteurs ont affirmé que le laser peut représenter une alternative convenable pour la thérapeutique parodontale non chirurgicale. Ils ont encouragé l'utilisation du laser Er:YAG pour le conditionnement de surfaces radiculaires malades. Par contre, d'autres auteurs ont montré histologiquement que le laser Er:YAG élimine d'avantage de tissus et laisse des surfaces plus rugueuses et que le ciment pouvait être endommagé par ce laser. ⁽³¹⁾

A part le laser Er:YAG, d'autres ont été testés : Nd:YAG, diode et CO₂. Leurs efficacités semblent être inférieures au premier. En effet, Chen et coll. ont mis en culture des fibroblastes humains du ligament parodontal après irradiation au laser Nd:YAG. Ils ont remarqué une diminution importante du nombre de cellules vivantes et de la synthèse de collagène ainsi qu'une minéralisation des cellules nécrosées. La thérapie photodynamique (TPD) a donné des résultats prometteurs.^(15,69)

3.2.2 Laser Er:YAG :

Les surfaces radiculaires thermiquement et micro-structuralement modifiées après irradiation par le laser Er:YAG peuvent influencer l'attachement des tissus mous parodontaux.⁽⁹⁾

Compte tenu de l'importance de la biocompatibilité, une étude a comparé l'adhésion et la croissance des fibroblastes gingivaux humains à des surfaces radiculaires traitées soit par le laser Er:YAG (60mJ/impulsion ou 100mJ/impulsion) soit par des curettes Gracey.

L'irradiation au laser Er:YAG 60mJ/impulsion a permis une adhésion et une croissance de fibroblastes plus rapides et plus importantes que les surfaces traitées au laser Er:YAG 100mJ/impulsion ou traitées par DSR à l'aide des curettes Gracey (Fig.12 et 13). Ceci pourrait être expliqué par la présence de « smear layer » dans le cas des curettes qui empêche l'adhésion des fibroblastes (Fig.14 A).⁽³¹⁾

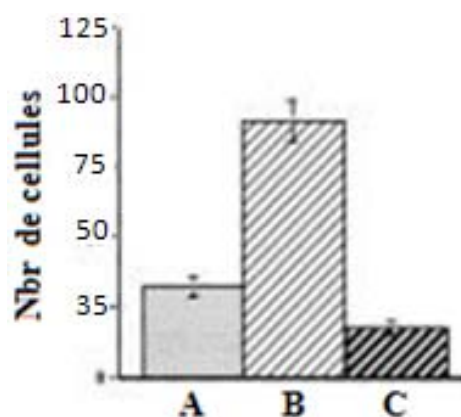


Fig.12 : nombre plus important de cellules au niveau des surfaces traitées au laser Er:YAG 60mJ (groupe B) par rapport aux surfaces traitées par curettes Gracey ou au laser Er:YAG 100mJ (respectivement groupe A et C). ⁽³¹⁾

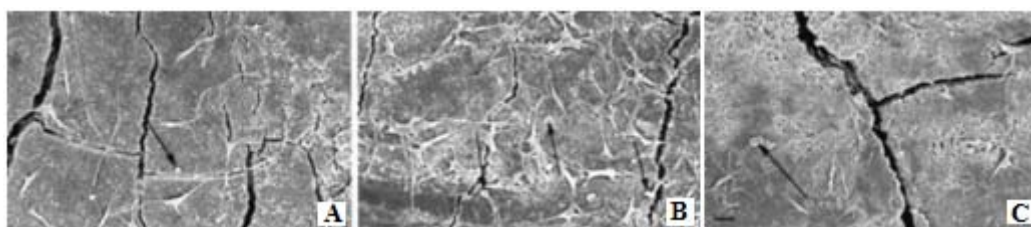


Fig.13 : Observation au MEB montrant l'adhésion des fibroblastes quelque soit la technique utilisée ($\times 500$) : les fibroblastes sont sous forme étoilée ou fusiforme. Quelquefois sous forme arrondie (flèches)

(A) après DSR à l'aide de curettes Gracey

(B) après DSR à l'aide de curettes Gracey puis irradiation au laser Er:YAG 60mJ/impulsion

(C) après DSR à l'aide de curettes Gracey puis irradiation au laser Er:YAG 100mJ/impulsion. ⁽³¹⁾

Dans le cas de l'irradiation à 100mJ/impulsion, la topographie rugueuse inhomogène peut expliquer le nombre moins important de fibroblastes (Fig.14B et 14C). Le retard d'attachement et de croissances cellulaires aux surfaces rugueuses peut être expliqué par le fait que les contours anguleux de telles surfaces endommagent les membranes cellulaires et donc la viabilité. Il devient clair que la recherche des paramètres les plus adéquats qui permettraient l'adhésion des cellules et leur prolifération (étape importante de la cicatrisation parodontale) semble être la clé de la généralisation des lasers en parodontie.

A cet égard, Folwaczny et coll. ont démontré que des énergies de 60, 80 et 100mJ ont provoqué des changements morphologiques similaires à ceux observés après instrumentation conventionnelle (manuelle ou ultrasonique). ⁽³¹⁾

Cependant, l'adhésion et la croissance de fibroblastes gingivaux humains sont plus importantes sur des surfaces radiculaires traitées au laser Er:YAG avec une énergie de 100mJ que sur des racines surfacées à l'aide de curettes. ⁽¹⁰⁷⁾

L'existence d'une densité optimale est confirmée par une étude qui-après avoir exposé des fibroblastes humains gingivaux mis en culture à des niveaux croissants de densité énergétique (1.68 à 5.0 J/cm²)-a trouvé que la densité d'énergie stimulatrice optimale est de 3.37J/cm². (Fig.15) Ce résultat suggère que l'irradiation au laser Er:YAG peut avoir un bénéfice thérapeutique sur la cicatrisation en stimulant la prolifération des fibroblastes gingivaux. Le laser Er:YAG peut être donc considéré comme une alternative au traitement parodontal conventionnel. ⁽⁷⁷⁾

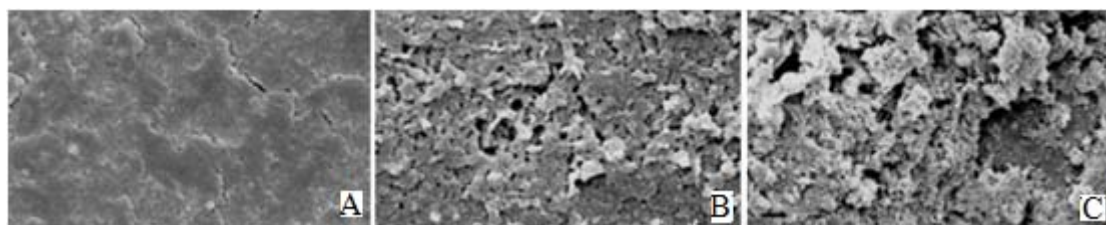


Fig.14 : Observation au MEB de surfaces radiculaires (×1000):

(A) après DSR à l'aide de curettes Gracey : aspect lisse homogène recouvert de « smear layer »

(B) après DSR à l'aide de curettes Gracey puis irradiation au laser Er:YAG 60mJ/impulsion : topographie rugueuse homogène (micro-excavations), absence de « smear layer »

(C) après DSR à l'aide de curettes Gracey puis irradiation au laser Er:YAG 100mJ/impulsion : topographie rugueuse inhomogène (différents degrés d'élimination de tissus durs), absence de « smear layer » ⁽³¹⁾

Les modifications observées au niveau des fibroblastes après irradiation par le laser Er:YAG à une densité d'énergie de 3.37 J/cm² (réticulum endoplasmique rugueux, appareil de Golgi proéminent et des mitochondries) sont des signes d'activité cellulaire en faveur de l'effet stimulateur de ce laser (Fig.16 à 18). ⁽⁷⁷⁾

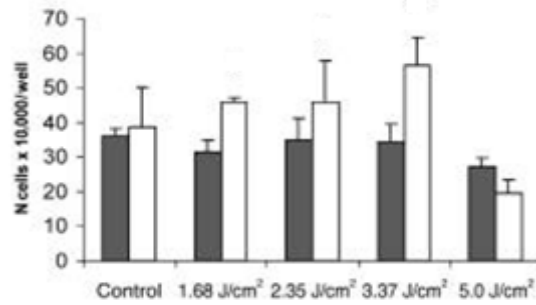


Fig.15 : Nombre de fibroblastes gingivaux humains : colonne noire après 24 h, colonne blanche après 3 jours. Les cultures cellulaires irradiées par le laser Er:YAG à des densités d'énergie comprise entre 1.68 J/cm² et 3.37 J/cm² ont présenté une croissance cellulaire plus rapide par rapport au groupe de contrôle (non irradié) ⁽⁷⁷⁾

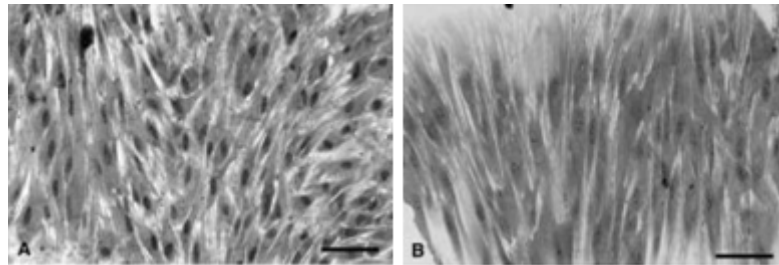


Fig.16: (A) Observation au microscope des fibroblastes immédiatement après irradiation au laser Er:YAG (3.37 J/cm²) : les cellules sont proches les unes des autres, forme irrégulière (arrondie) en comparaison avec le groupe de contrôle (B): forme régulière allongée $\times 200$ ⁽⁷⁷⁾

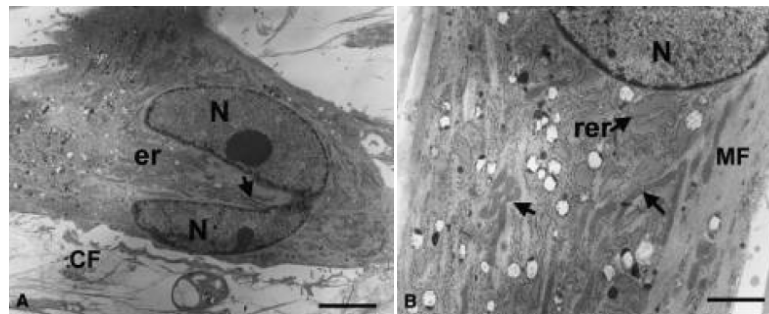


Fig.17: (A) Observation au microscope des fibroblastes 24h après irradiation au laser Er:YAG (3.37 J/cm²) : on peut identifier : mitose, N : noyau, CF : fibres de collagènes, er : réticulum endoplasmique, mitochondries (flèche) $\times 2500$

(B) 3 jours après irradiation au laser Er:YAG (3.37 J/cm²) : réticulum endoplasmique rugueux bien développé (rer), mitochondries (flèches), réseau de microfibrés(MF) $\times 7000$ ⁽⁷⁷⁾

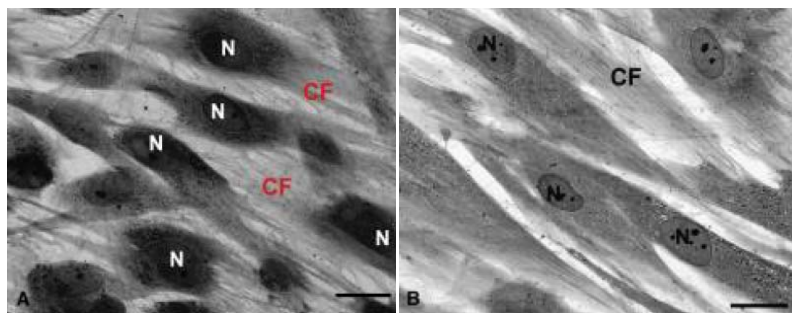


Fig.18: (A) Observation au microscope des fibroblastes 3 jours après irradiation au laser Er:YAG (3.37 J/cm^2) : augmentation du nombre de cellules qui sont entourées par un réseau de fibres de collagènes (CF), N : noyau

(B) Observation au microscope des fibroblastes du groupe de contrôle à 3 jours : cellules allongées et parallèles les unes aux autres entourées par des fibres de collagènes (CF), N : noyau. $\times 1000$ ⁽⁷⁷⁾

Le nombre plus important de cellules dans les groupes irradiés par le laser Er:YAG peut être expliqué par le fait que l'irradiation avec ce laser à faible puissance expose des fibres de collagènes et des séquences aminoacides comme dans le cas du conditionnement à l'acide des surfaces radiculaires. Ces fibres exposées sont chimiotactiques pour les fibroblastes. ^(25,31)

De même, l'irradiation à faible niveau à l'aide de ce laser pourrait améliorer la cicatrisation parodontale par activation des fibroblastes gingivaux. Le laser agirait comme une stimulation mécanique qui a pour conséquence une néoformation cellulaire par production de prostaglandines (PG). ⁽⁷⁷⁾

Ces résultats sont corroborés avec ceux d'une autre étude qui a comparé l'attachement des fibroblastes (après leur mise en culture) à des surfaces radiculaires exposées à l'évolution d'une maladie parodontale traitées par ultrasons ou par laser Er:YAG (160 mJ ; 10Hz ; 94J/cm^2). Le groupe traité par laser a montré la plus grande densité cellulaire. La densité du groupe traité par ultrasons est moins importante. Le groupe de contrôle (non traité) a montré la plus faible densité cellulaire. (Fig.19) ⁽²⁵⁾

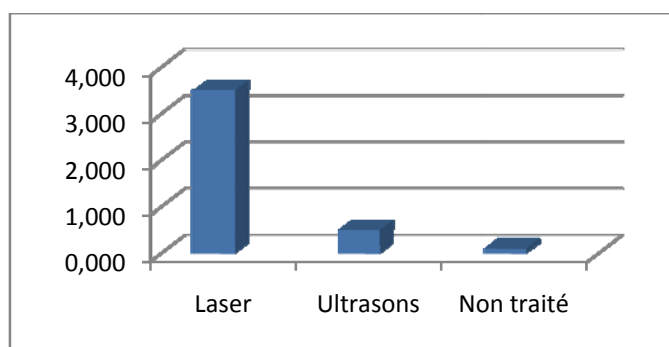


Fig.19: Densité cellulaire/mm² (25)

3.2.3 Laser Nd:YAG et CO₂ :

Une autre étude a évalué in vitro les effets du laser Nd:YAG (75 mJ ; 20 impulsions/s) soit seul soit avec lissage radiculaire ou traitement par poudre et air abrasifs sur l'attachement des fibroblastes au niveau de surfaces radiculaires non atteintes. Des fibroblastes attachés avec des lamellopodes bien développées ont été observé dans tous les groupes indépendamment du type de traitement.

Davantage de fibroblastes ont été aperçus attachés aux surfaces radiculaires sur lesquelles le laser avait été suivi par un lissage radiculaires ou utilisation de poudre abrasive. Ceci indique que la bio-incompatibilité induite par le laser est réversible et n'est vraisemblablement qu'un phénomène de surface. Le traitement radiculaire par DSR ou poudre et air abrasifs apparait essentiel après le traitement par laser afin de rendre la surface radiculaire biocompatible. La spectroscopie infrarouge photo acoustique a mis en évidence une dénaturation des protéines de surface contribuant à une diminution de l'attache des fibroblastes. ⁽¹⁰¹⁾

Une autre étude suivant le même schéma expérimental a analysé l'attachement des fibroblastes à des surfaces radiculaires exposées à la maladie parodontale traitées par le laser CO₂ (2W, mode pulsé) en comparaison au DSR. Le groupe de contrôle (non traité) a montré le plus faible nombre de fibroblastes adhérents. Le groupe traité en associant laser et DSR a montré le plus grand nombre de fibroblastes adhérents. (Tableau XI) Le groupe traité au laser n'a montré aucune altération morphologique de la surface. (Fig.20 à 24)

Le laser CO₂ (2W, pulsé) en association avec une instrumentation mécanique constitue un outil utile pour le conditionnement radiculaire et la promotion de l'adhésion des fibroblastes. ⁽²²⁾

Tableau XI : Nombre de fibroblastes arrondis et aplatis attachés à la surface radiculaire ⁽²²⁾

	Contrôle		DSR		Laser/DSR	
	Aplatis	Arrondis	Aplatis	Arrondis	Aplatis	Arrondis
Moyenne	0	6	17	9	36	12
Minimum	0	2	0	2	11	4
Maximum	0	12	24	15	46	33
Aplatis=étroitement liés à la surface			Arrondis=faiblement attachés à la surface			

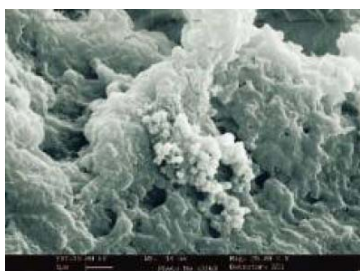


Fig.20 : Groupe de contrôle (non traité) : cellules bactériennes arrondies visibles × 25 000 ⁽²²⁾



Fig.21 : Groupe traité par DSR : fibroblastes arrondis ×500 ⁽²²⁾

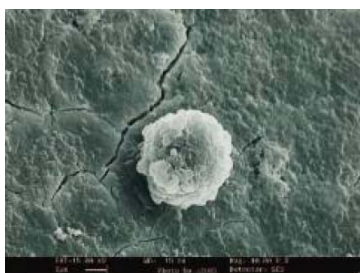


Fig.22 : Groupe traité par DSR à plus fort grossissement (×10000) : fibroblastes arrondis attachés à la surface radiculaire. ⁽²²⁾



Fig.23 : Groupe traité au laser puis par DSR : grand nombre de fibroblastes ×500 ⁽²²⁾



Fig.24 : Groupe traité au laser puis par DSR à plus fort grossissement ($\times 7000$) : fibroblastes plats bien attachés avec présence de lamellipodes bien développées ⁽²²⁾

Ces résultats vont à l'encontre d'une étude *in vivo* qui a conclu que le laser CO₂ est contre-indiqué même s'il est suivi de DSR. En effet, les spécimens traités uniquement par le laser ont perdu de l'appareil de l'attache. Les tissus mous ne se sont pas attachés à la racine car elle comporte une couche résiduelle calcinée constituant un obstacle à la réattache. ^(40,45)

3.2.4 Laser diode :

L'effet du laser diode (GaAlAs) sur l'attachement de cellules du ligament parodontal à des surfaces radiculaires irradiées par ce laser a été étudié *in vitro*. Pour cela des cellules du ligament parodontal de dents de sagesse ont été mises en culture après irradiation de surfaces radiculaires préalablement exposées à la maladie parodontale et détartrées manuellement. Le nombre de cellules observées dans le groupe irradié était légèrement supérieur à celui du groupe de contrôle (détartrées manuellement uniquement) (Fig.25 à 27). ⁽⁵⁹⁾

Par conséquent, l'application du laser diode n'a pas un effet substantiellement positif sur l'attachement de cellules du ligament parodontal. Un effet bénéfique d'une application complémentaire du laser diode reste controversé. ^(15,59)

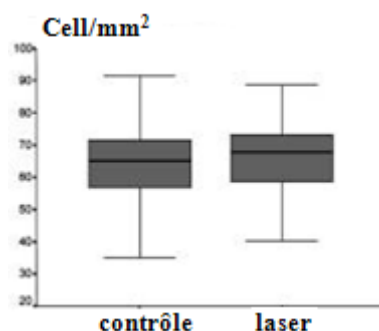


Fig.25 : Densité cellulaire après 72h d'incubation: pas de différences significatives entre le groupe de contrôle (65.1 cellules/mm²) et le groupe traité au laser (67.8 cellules/mm²) ⁽⁵⁹⁾



Fig.26 : Observation au microscope d'une surface radiculaire traitée au laser après incubation des fibroblastes du ligament parodontal (coloration au bleu de méthylène) : cellules longilignes bien développées avec lamellopodes. ⁽⁵⁹⁾

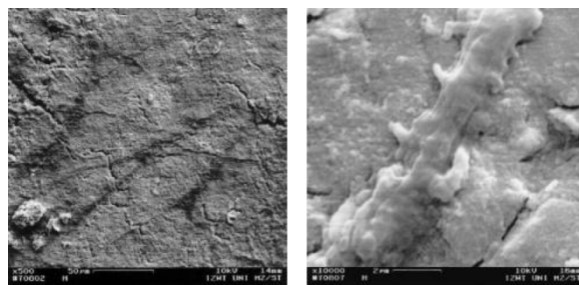


Fig.27 : Observation au MEB d'une surface radiculaire traitée au laser après incubation avec les fibroblastes du ligament parodontal : à faible grossissement (à gauche, ×500) les cellules apparaissent en noir avec des prolongements dendritiques. Noter les fêlures cémentaires. A plus fort grossissement (×10 000), noter le prolongement cellulaire. ⁽⁵⁹⁾

3.2.5 Thérapie photodynamique :

Les sites d'accès difficile (furcations, concavités) constituent une application possible de la TPD en tant que complément aux traitements mécaniques. La TPD réduit le temps de traitement et l'inconfort du patient. En plus, le besoin en chirurgie est diminué. ⁽⁶⁹⁾

Une expérimentation menée sur des rats a étudié par histométrie l'influence de la TPD sur la perte osseuse au niveau des furcations après induction de parodontites. Des rats ont été traités soit par le bleu de méthylène seul

(photosensibilisateur), soit par thérapie laser basse énergie (TLBE) (GaAlAs: 685 nm/0.05W/120s), soit par TPD (photosensibilisateur et laser).

Le groupe traité par TPD a montré moins de perte osseuse par rapport aux autres groupes dans la période initiale (7 et 15 jours). (Tableau XI) Ceci montre que ce traitement peut être une alternative efficace pour le contrôle de la perte osseuse au niveau des furcations atteintes de parodontites. ⁽⁶⁸⁾

Tableau XI : Perte osseuse en mm² au niveau de la furcation des 1^{ères} molaires mandibulaires ⁽⁶⁸⁾

Groupe	Jours		
	7	15	30
Contrôle	2.868±0.416	4.062±0.416	3.616±1.343
BM	2.554±0.327	1.991±0.294	2.639±1.343
TLBE	2.490±0.503	2.641±0.849	2.616±0.279
TPD	1.986±0.417	1.641±0.115	3.066±0.124

La perte osseuse a augmenté au niveau du groupe traité par TPD à 30 jours. Ceci pourrait être expliqué par le fait que la résonnance du photosensibilisateur par la longueur d'onde du laser diminue au fur et à mesure que l'on s'éloigne du jour d'irradiation.

Ces résultats sont en accord avec ceux d'une étude similaire (même laser, même photosensibilisateur et mêmes paramètres d'irradiation) qui a conclu que la TPD a réduit transitoirement la destruction tissulaire parodontale. Histologiquement, l'inflammation était significativement plus importante et plus étendue dans le groupe traité par thérapie laser basse énergie. Ceci est probablement dû au fait qu'une telle thérapie accélère la réparation tissulaire (synthèse de collagènes, angiogenèse...). Le groupe traité par TPD n'a pas montré de résorption osseuse. ⁽⁶⁹⁾

Même dans le cas de maladies parodontales induites par la plaque bactérienne et systémiquement modifiées par le diabète, la TPD a été bénéfique comme adjuvant. En effet, aussi bien dans le cas de rats diabétiques que non diabétiques, la perte osseuse après TPD était toujours moins importante que dans les autres groupes. ⁽⁷⁰⁾ (Tableau 12, Fig.28 et 29)

Tableau XII : Perte osseuse en mm² au niveau de la furcation des 1ères molaires mandibulaires
(70)

Groupe	Jours		
	7	15	30
Groupe non diabétique			
DSR	1.11±0.11	0.845±0.12	0.97±0.13
TBO	0.51±0.12	0.70±0.13	0.64±0.08
TLBE	0.59±0.03	0.61±0.04	0.60±0.03
TPD	0.33±0.05	0.35±0.06	0.27±0.07
Groupe diabétique			
DSR	2.27±0.47	3.23±0.34	2.82±0.75
TBO	0.51±0.15	0.44±0.07	0.57±0.13
TLBE	0.37±0.05	0.35±0.09	0.39±0.12
TPD	0.29±0.03	0.24±0.02	0.27±0.11

La perte osseuse moins importante dans le cas de la thérapie laser basse énergie par rapport au DSR peut être expliquée par le fait que le laser permet une angiogenèse et l'accélération des processus de réparation.

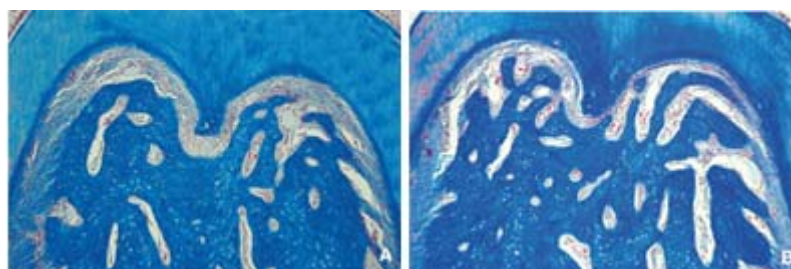


Fig.28 : Microphotographie du tissu osseux au niveau de la furcation de la 1ère molaire non exposée à une parodontite. A) groupe non diabétique B) groupe diabétique. (x20) (70)

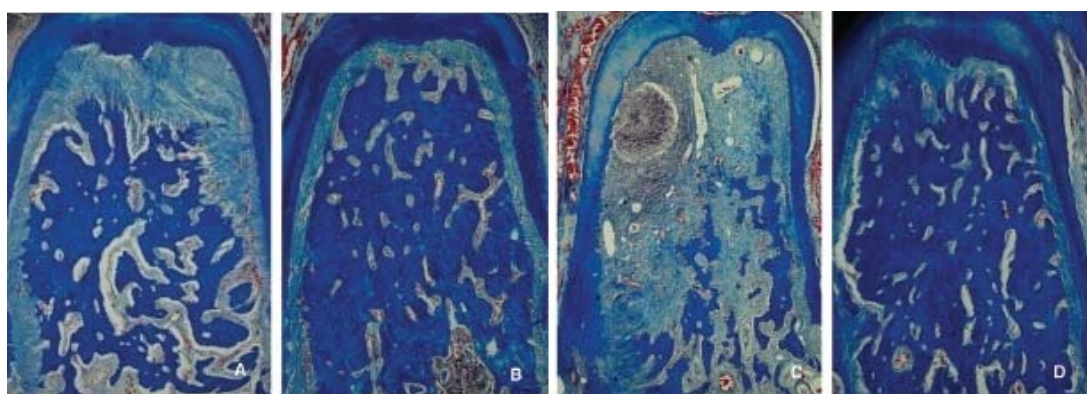


Fig.29 : Microphotographie du tissu osseux au niveau de la furcation de la 1ère molaire au niveau de laquelle une parodontite a été induite. A) Groupe non diabétique : DSR à 30 jours. B) Groupe non diabétique : TPD à 30 jours. C) Groupe diabétique : DSR à 30 jours. D) Groupe diabétique : TPD à 30 jours. Noter que la perte osseuse est plus importante dans le groupe non diabétique traité par DSR que dans le groupe diabétique traité par TPD. (x12.5) (70)

3.3 Etudes immunologiques :

L'interleukine-1 β est un puissant stimulateur de la résorption osseuse étroitement lié à la destruction parodontale qui a été identifié au niveau du fluide gingival. Une étude a comparé les effets du laser Nd:YAG par rapport au DSR sur le taux cervical d'IL-1 β . Le laser Nd:YAG a été utilisé seul ou en association au DSR, avant ou après DSR.

Une amélioration clinique (indice gingival) évidente et une diminution du taux d'IL-1 β (Fig.30) ont été observées dans tous les cas. Le taux d'IL-1 β était significativement moins important après DSR qu'après traitement par laser Nd:YAG. Par conséquent, le laser apparaît être moins efficace que le traitement traditionnel par DSR. Lorsque le traitement au laser a été utilisé secondairement au DSR traditionnel, aucun bénéfice additionnel n'a été observé. ⁽⁶³⁾

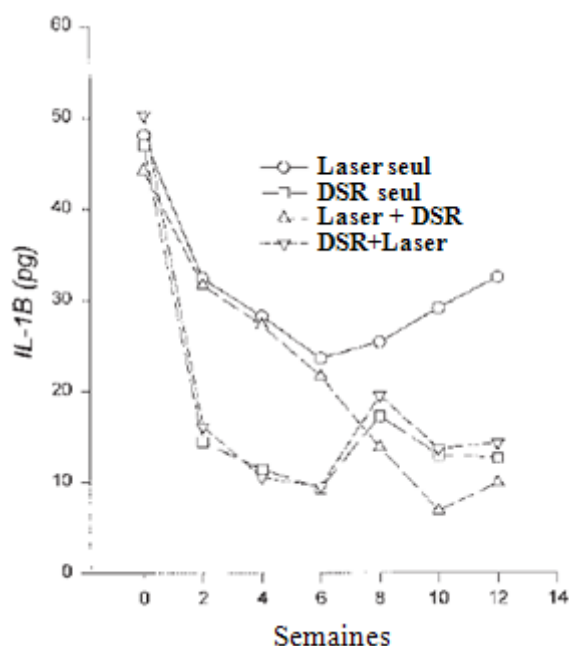


Fig.30 : Variations moyennes du taux d'IL-1 β en fonction du type de traitement entrepris. ⁽⁶³⁾

Une autre étude a comparé l'efficacité des lasers Nd:YAG (100mJ, 20pps, 2.0W, 120 secondes) et CO₂ (2.0W, 120secondes) par rapport aux ultrasons en quantifiant l'IL-1 β au niveau du fluide gingival. La quantité d'IL-1 β a significativement diminué dans le groupe du laser Nd:YAG et dans le groupe des

ultrasons à 12 semaines mais pas dans le groupe du laser CO₂. Ceci pourrait être expliqué par le fait que ce dernier est utilisé à distance. ⁽⁶⁵⁾

Des résultats contradictoires ont été observés en ce qui concerne l'effet du traitement parodontal sur le taux d'IL-1 β . Ceci peut être dû au fait que la variation du taux d'IL-1 β après traitement est sous la dépendance du génotype (polymorphisme génétique de l'IL-1 β). ^(65,72)

Une inflammation gingivale résiduelle peut subsister après DSR probablement en raison d'une élimination insuffisante de ciment nécrotique (ciment infiltré par des endotoxines). Le traitement au laser a été proposé comme un traitement alternatif afin d'atteindre cet objectif.

Dans ce contexte, l'efficacité du laser Nd:YAG dans l'élimination des endotoxines au niveau du ciment a été évaluée en mesurant les variations du taux d'IL-1 β sécrété par des monocytes stimulés. Les monocytes stimulés par des particules de ciment malade et sans irradiation par le laser ont produit 124 à 145 pg/ml d'IL-1 β . Après irradiation au laser Nd:YAG (50 à 100mJ) par des différents niveaux d'énergie, les particules de ciment malade ont continué à stimuler les monocytes puisqu'il y a eu sécrétion de 89 à 129 pg/ml d'IL-1 β . (Fig.31) Ces différences ne sont pas statistiquement significatives. ⁽⁶⁴⁾

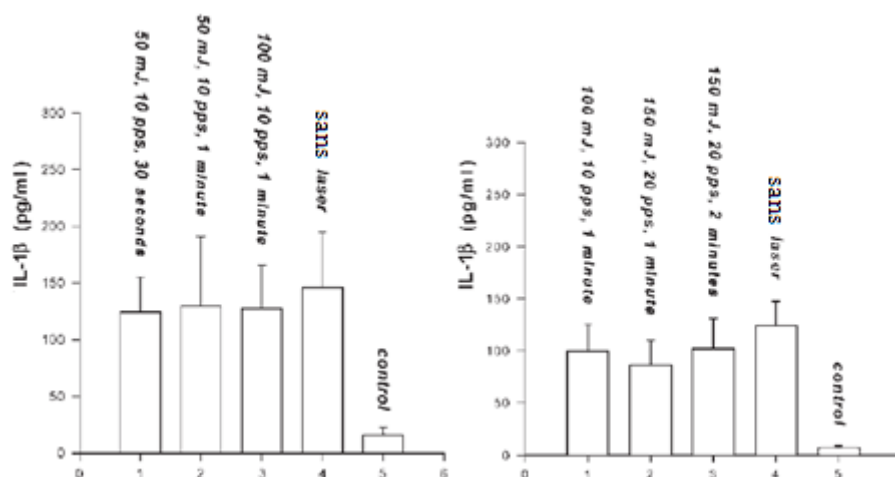


Fig.31 : Taux d'IL-1 β (pg/ml) dans un milieu contenant 10⁵ de monocytes stimulés avec 4mg de ciments nécrotiques lyophilisé avec ou sans irradiation au laser Nd:YAG (1, 2, 3, et 4) et dans un groupe de contrôle (5 ; sans ciment). Noter que les différences sont significatives entre le groupe de contrôle et les autres groupes. Elles sont non significatives entre les autres groupes (avec ou sans irradiation). ⁽⁶⁴⁾

Ces résultats montrent que l'irradiation au laser Nd:YAG (50mJ ; 10 pps à 150 mJ ; 20 pps) pendant 30 secondes à 2 minutes ne semble pas être efficace dans la destruction des endotoxines du ciment nécrotique. Dans cette étude la température a augmenté jusqu'à 120°C ce qui est loin de la température d'inactivation des endotoxines (250°C pendant 30 minutes). Une énergie de laser pouvant atteindre cette température d'inactivation porte préjudice aux surfaces radiculaires. ⁽⁶⁴⁾

En plus de l'élimination du tartre, le DSR à l'aide du laser Nd:YAG permet d'éliminer ces endotoxines. Ceci dit, il laisse une surface non favorable à l'attachement des fibroblastes. Par conséquent, une préparation radiculaire mécanique supplémentaire est nécessaire ce qui permet d'obtenir une surface cémentaire biocompatible. ^(14,64)

Le laser Er:YAG (100mJ ; 10Hz ; 12.9J/cm²) a été aussi proposé pour réduire le taux d'IL-1 β . Une étude clinique l'a comparé avec ou sans DSR conventionnel au DSR conventionnel effectué seul pour le traitement de parodontites

chroniques. Les taux d'IL-1 β au niveau du fluide gingival ont été évalués à T₀, 12 et 13 jours.

Aucune différence de la concentration en IL-1 β n'a été détectée entre les groupes et tout au long de la période de l'expérimentation. ⁽⁶⁵⁾ Comme dans le cas des lasers Nd:YAG et CO₂, ces résultats remettent en question l'efficacité du laser Er:YAG. Toutes ces observations montrent que sur le plan immunologique, les lasers ne semblent pas avoir un effet additionnel par rapport au DSR conventionnel.

3.4 Etudes bactériologiques :

Différentes thérapeutiques anti-infectieuses complémentaires sont disponibles. Elles incluent l'utilisation d'antiseptiques et de différents antibiotiques. Cependant, ces derniers ne sont pas entièrement exempt d'effets indésirables comme les désordres gastro-intestinaux, le développement de résistance bactérienne et le manque de compliance. De plus la diffusion des antibiotiques au niveau des tissus durs est impossible. ^(68,95)

Les méthodes conventionnelles de traitement des maladies parodontales n'éliminent pas de manière égale les différentes espèces bactériennes. C'est le cas d'*Actinobacillus actinomycetemcomitans*, bactérie parodontopathogène impliquée dans le développement de la maladie parodontale et connue pour être difficile à éliminer avec les moyens mécaniques usuels. Ces limitations ont conduit à remplacer l'approche purement mécanique par d'autres méthodes. ⁽⁵²⁾

Les lasers font partie des méthodes proposées. Cependant, Rupf et coll. pensent que l'utilisation du laser comme complément au détartrage manuel pour la désinfection n'a pas d'avantages particuliers. L'académie américaine de parodontologie a aussi trouvé des résultats similaires puisque les résultats ne diffèrent pas de ceux obtenus par détartrage ultrasonique. ⁽⁸⁵⁾ D'autres ont conclu que le laser Er:YAG ne peut pas remplacer les traitements complémentaires

comme les antibiotiques. En effet même s'il permet l'élimination sélective de la plaque et du tartre, il entraîne la réduction des bactéries sur les surfaces radiculaires sans pour autant les éliminer complètement. ⁽³⁷⁾

A l'opposé, Yamaguchi a conclu que le laser Er:YAG peut être utile pour le conditionnement des surfaces radiculaires lors du traitement parodontal. En effet, il est non seulement capable d'éliminer les bactéries mais aussi d'inactiver et d'éliminer leurs toxines ayant infiltré le ciment radiculaire comme les lipopolysaccharides. ^(7, 52,105)

Des essais cliniques ont évalué microbiologiquement les effets du débridement à l'aide d'un laser Er:YAG au niveau des poches parodontales durant la phase de maintenance parodontale. Pour cela des poches dont la profondeur est $\geq 5\text{mm}$ ont été débridées soit par laser Er:YAG (160mJ ; 10Hz) soit par les ultrasons. Même si les deux modalités de traitement ont permis de réduire la flore bactérienne sous-gingivale, aucune différence dans la composition de cette flore n'a été détectée entre les deux groupes à aucun moment. ⁽¹⁰³⁾

Ces résultats ne montrent aucun avantage évident de l'utilisation du laser pour le débridement sous-gingival par rapport aux ultrasons durant la phase de maintenance en ce qui concerne la réduction de la flore bactérienne sous-gingivale. ^(15,103)

Pourtant, d'autres études ont conclu que le laser possède un effet bactéricide plus important que les thérapeutiques conventionnelles. ^(7,103) Ces contradictions peuvent être expliquées par le fait que cette étude a été menée lors de la phase de maintenance ce qui limite la possibilité de détecter des différences. ⁽¹⁰³⁾

Plusieurs études bactériologiques ont affirmé que la destruction bactérienne est proportionnelle à la puissance et à la densité d'énergie. Cependant ces paramètres ne sont pas cités ou impossibles à calculer par insuffisance de données fournies. L'angle d'irradiation vari aussi de 0 à 90° rendant le calcul de la densité

d'énergie quasiment impossible. Malgré cela, une tendance générale peut être distinguée concernant l'effet bactéricide des lasers dentaires. En effet, l'irradiation au laser permet de réduire la population des Pg, Pi, Aa. Aussi bien le traitement par laser que par DSR permet de diminuer la population bactérienne. La réduction était plus importante avec le laser qu'avec le DSR même si 10 semaines après, la population bactérienne avoisinait le taux initial.

L'utilisation du laser diode (805nm) en complément au DSR a un effet additif dans la réduction des populations bactériennes sous-gingivales au niveau des poches parodontales $\geq 4\text{mm}$. Crespi et coll. ont démontré que le DSR suivi par irradiation au laser CO₂ permet d'obtenir des surfaces radiculaires exemptes de plaque bactérienne. Pour cela le faisceau de laser doit directement frapper la surface radiculaire. Ceci peut expliquer pourquoi dans de nombreuses études in vivo la plaque bactérienne active persiste après irradiation sous-gingivale au laser. Le laser Er:YAG permet une élimination de la plaque bactérienne et du tartre sans altérations thermique et sans élévation de la température intra-pulpaire. (15)

Une étude a comparé l'efficacité de ce laser (160mJ ; 10 Hz ; sous irrigation) par rapport aux instruments manuels dans le DSR pour le traitement non chirurgical parodontal. Une observation au microscope à fond noir a été réalisée pour rechercher les bâtonnets immobiles et mobiles, les cocci et les spirochètes.

Les deux groupes ont montré une augmentation significative des cocci et des bâtonnets non mobiles (signe de bonne santé parodontale) et une diminution du taux de bâtonnets mobiles et des spirochètes. ⁽⁹⁰⁾ Ceci est en accord avec les résultats d'une autre étude. ⁽⁴²⁾

Même s'il ne semble pas avoir un avantage additionnel, le laser Er:YAG pourrait représenter une alternative convenable pour le traitement parodontal non chirurgical. ⁽⁹⁰⁾

Une autre étude a comparé l'efficacité des lasers Nd:YAG (100mJ, 20pps, 2.0W, 120 secondes) et CO₂ (2.0W, 120secondes) par rapport aux ultrasons en examinant la microflore bactérienne sous-gingivale.

L'analyse microbiologique a mis en évidence une diminution significative et égale des PG dans le cas du laser Nd:YAG et des ultrasons à une, 4 et 12 semaines par rapport à T₀. Ceci pourrait être expliqué par le fait que le laser CO₂ est utilisé à distance. ⁽⁷²⁾

Les recherches actuelles ont pour but de trouver des méthodes alternatives à la suppression des bactéries parodontopathogènes. C'est le cas de la thérapie photodynamique (TPD) qui pourrait être une alternative convenable de traitement des infections parodontales. L'interaction d'un photosensibilisateur avec la lumière d'un laser diode produit des singulets d'O₂ et d'autres agents extrêmement toxiques pour certaines cellules et les bactéries. La pénétration du photosensibilisateur à travers l'épithélium et le tissu conjonctif est aussi importante que celle des bactéries, ce qui explique l'efficacité de la TPD.

Dans une étude menée sur des chiens infectés par PG et Fn, deux photosensibilisateurs (Chlorine e6 et BLC1010) capables de se lier à une bactérie cible ont été testés avec un laser diode (662nm/0.5W). La réduction des PG a été significative avec la Chlorine e6 ce qui n'était pas le cas avec BLC 1010 (Fig.32). Par contre, le nombre de Fn a été à peine réduit avec la Chlorine e6 et seulement à un certain niveau avec BLC 1010. (Fig.33) ⁽⁹⁵⁾

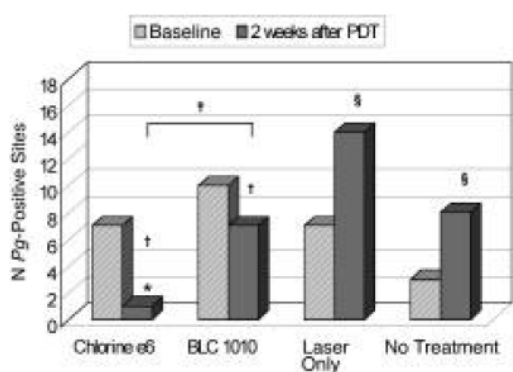


Fig.32: Réduction du nombre de sites de PG positifs (TPD avec Chlorine e6). Réduction moins importante dans le cas de TPD avec BLC 1010. ⁽⁹⁵⁾

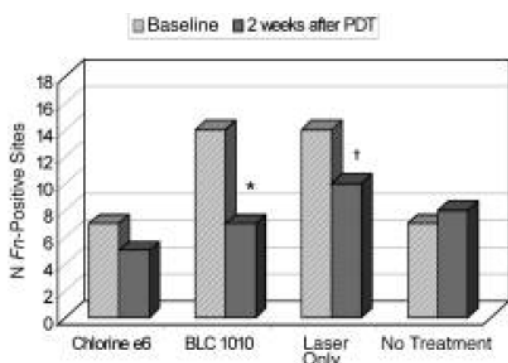


Fig.33 : Réduction moins importante du nombre de site avec Fn aussi bien dans le cas de TPD avec Chlorine e6 que dans le cas de TPD avec BLC 1010. Toutefois la réduction est plus importante avec BLC 1010. ⁽⁹⁵⁾

Une autre étude a étudié l'efficacité de la thérapie photodynamique (associant un laser diode et le bleu de toluidine) à éliminer les germes parodontopathogènes (Aa, PG, PI). Cette thérapie a permis d'obtenir une réduction bactérienne significative (PG, PI). Les auteurs ont conclu que même si une élimination totale des 3 micro-organismes n'a pas été observée, la TPD est une méthode supplémentaire intéressante sans effets indésirables pour traitements des maladies parodontales. ⁽³⁾ Cependant, une autre étude a remis en question l'utilité de la TPD comme complément lors du traitement parodontal non chirurgical car il n'y a pas de différences statistiquement significatives par rapport aux instruments conventionnels concernant les espèces bactériennes étudiées. ⁽¹³⁾

Les avis concernant la supériorité des lasers d'un point de vue bactériologique divergent. Quand d'autres y voient un réel avantage par rapport aux thérapeutiques conventionnelles, d'autres n'y voient pas un effet additionnel et remettent en question son utilité.

3.5 Etudes morphologiques :

3.5.1 Introduction :

L'objectif du traitement parodontal est l'élimination des dépôts bactériens et du tartre. Cependant, après instrumentation manuelle, cet objectif n'est jamais complètement atteint par persistance de bactéries, d'endotoxines et de « smear layer ». Ceci empêche une cicatrisation parodontale complète. ^(18, 19, 33,38)

Différentes études ont souligné que le conditionnement de la surface radiculaire par différentes méthodes complémentaires au DSR (US, air abrasion) améliore la régénération. Dans ce contexte plusieurs agents ont été proposés comme l'acide citrique, l'EDTA, l'H₂O₂ et dernièrement le laser. ^(18, 38,71) Ce dernier a été proposé comme alternative au traitement mécanique parodontal conventionnel en raison de ses caractéristiques intéressantes (hémostase, élimination sélective du tartre, effet bactéricide...) ⁽³³⁾

Déjà, depuis les années 1980, on savait que l'action du rayonnement laser sur les tissus durs dentaires posait un problème quant à la quantité d'énergie à utiliser pour obtenir un effet positif. ⁽¹¹⁾ Toute longueur d'onde peut être utilisée du moment qu'elle n'affecte pas les surfaces radiculaires. ⁽¹⁸⁾

La modification de l'état de surface cémentaire et dentinaire a été étudié après irradiation en utilisant différents lasers tels les lasers CO₂, Nd:YAG, Er:YAG et à moindre niveau les lasers diodes. Il faut choisir une longueur d'onde qui élimine efficacement le tartre en évitant d'éliminer les structures radiculaires saines et sans causer de dommages thermique au niveau pulpaire. Pour atteindre ces objectifs, la longueur d'onde doit être caractérisée par une profondeur de pénétration minimale dans les tissus minéralisés. Le laser Er:YAG apparaît comme l'instrument de choix pour l'élimination du tartre et le mordantage radiculaire avec création d'une surface biocompatible pour les cellules et le réattachement tissulaire. ⁽¹⁵⁾ La quantité de tissus durs dentaires éliminés à l'aide de ce laser est minime. ⁽¹⁰⁵⁾ A l'inverse des lasers CO₂ et Nd:YAG, les altérations de surface (fusion, fêlures, carbonisation...) et l'échauffement responsable de la nécrose du ligament parodontal et du cément sont minimales avec le laser Er:YAG. ^(33,40)

3.5.2 Laser Er:YAG :

Le laser Er:YAG élimine de manière efficace le tartre, la « smear layer » ainsi que le cément infiltré par les endotoxines. (Fig.34 à 37) ^(15,19) Lorsqu'il est utilisé

avec un spray refroidissant, la majorité des études n'ont pas observé d'altérations (carbonisation, fusion, fêlures...) provoquées par l'augmentation de la température. ^(15, 24,40) La surface radiculaire obtenue est aussi lisse et biocompatible que celle obtenue après DSR permettant l'adhésion des fibroblastes. ⁽¹⁵⁾

A faible densité d'énergie, l'élimination sélective de tartre sous gingival est similaire à celle obtenue après DSR. De ce fait, les lasers Er:YAG sont d'excellents outils qui peuvent être utilisés sur les surfaces radiculaires de manière sûre et efficace. ^(18, 38,40)

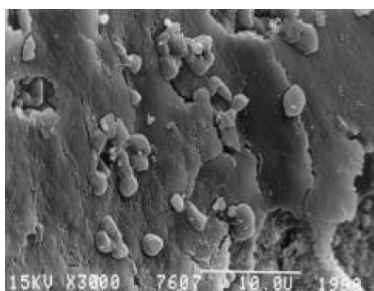


Fig.34 : Observation au MEB d'une surface non traitée. Présence de tartre. La surface apparaît rugueuse et amorphe. ⁽³⁸⁾

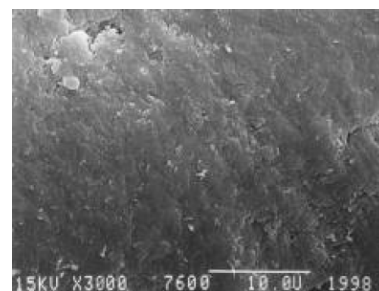


Fig.35 : Observation au MEB d'une surface (qui présentait du tartre) traitée au laser (80mJ). La surface apparaît très homogène et régulière. Absence de « smear layer » ou de modifications thermiques. Des fissures sont détectables. Pas de tartre résiduel au niveau de la surface. (×3000) ⁽³⁸⁾

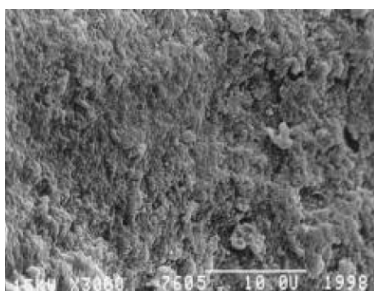


Fig.36 : Observation au MEB d'une surface (qui présentait du tartre) traitée au laser (100mJ). Pas de signes de changements thermiques. La surface est homogène mais avec une texture en forme d'écorce. Pas de tartre résiduel au niveau de la surface. (×3000) ⁽³⁸⁾

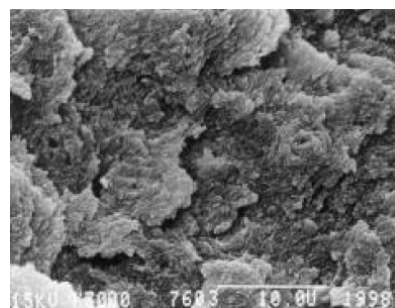


Fig.37 : Observation au MEB d'une surface (qui présentait du tartre) traitée au laser (150mJ). La surface est un peu plus rugueuse mais présente une structure homogène. Il n'y a pas de signes d'altérations thermiques. Pas de tartre résiduel au niveau de la surface. (×3000) ⁽³⁸⁾

La biocompatibilité de surfaces radiculaires exposées à la maladie parodontale après irradiation au laser Er:YAG a été étudiée in vivo. Les résultats montrent que ce dernier favorise l'attachement des fibroblastes du ligament parodontal aux surfaces radiculaires exposées préalablement à une maladie parodontale. De plus la surface radiculaire offre de meilleures conditions pour l'adhésion des fibroblastes du ligament parodontal par rapport aux surfaces traitées par DSR conventionnel. Un environnement favorable à l'attachement de nouvelles fibres de tissus conjonctif est créé (élimination du tartre, surface lisse).⁽¹⁸⁾ Les meilleurs états de surfaces sont observés lorsque ce laser est utilisé avec une faible densité d'énergie.⁽⁴⁰⁾

In vitro, un débridement adéquat a été obtenu aussi bien après instrumentation manuelle et ultrasonique qu'après irradiation par laser Er:YAG sans carbonisation ou effets indésirables (Fig.38 et 39).^(9,40) L'élimination de ciment est plus importante parfois même jusqu'à atteindre la dentine dans le cas du laser alors qu'elle n'est que rarement atteinte après instrumentation conventionnelle. De même la « smear layer » n'a pas été observée dans le cas du laser (Fig.40).⁽⁴⁰⁾ Ces observations sont en contradiction avec une étude in vivo qui a démontré que la capacité du laser Er:YAG à éliminer le tartre des surfaces radiculaires est moindre que celle après instrumentation manuelle.⁽²⁰⁾

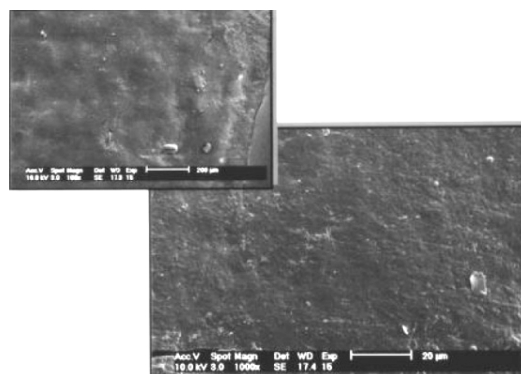


Fig.38 : Observation au MEB de la surface obtenue après instrumentation manuelle : présence de « smear layer »⁽⁴⁰⁾

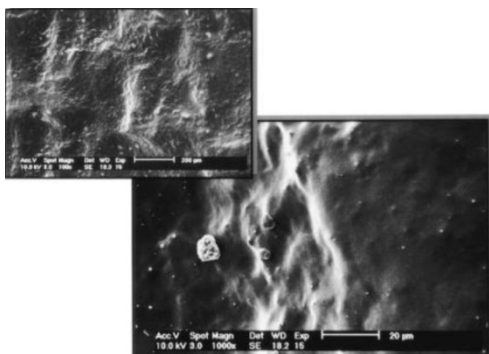


Fig.39 : Observation au MEB de la surface obtenue après instrumentation à l'aide d'ultrasons : surface ondulée recouverte de « smear layer » ⁽⁴⁰⁾

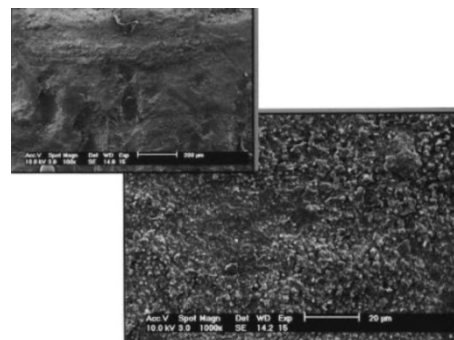


Fig.40 : Observation au MEB de la surface obtenue après traitement au laser. Le faible grossissement met en évidence la formation de cratères. A plus fort grossissement on observe des microstructures solidifiées qui indiquent un processus de fusion préalable. Absence de « smear layer » ⁽⁴⁰⁾

De plus, les surfaces traitées à l'aide du laser Er:YAG sont apparues plus rugueuses en raison de la présence de cratères plus profonds que les groupes de contrôle. (Fig.41 à 43) Des rainures ont été observées. Quelques signes de fusion ont été observés au MEB dans la couche superficielle. ⁽⁴⁰⁾

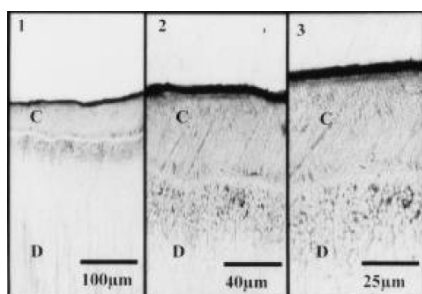


Fig.41: Microphotographie d'une surface radiculaire après instrumentation manuelle : la surface est uniformément recouverte de « smear layer ». C : ciment, D : dentine, 1 :×100, 2 :×250, 3 :×400 ⁽⁴⁰⁾

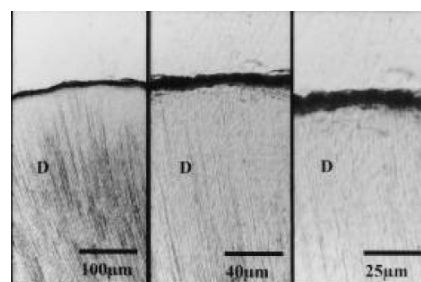


Fig.42 : Microphotographie d'une surface radiculaire après instrumentation à l'aide d'ultrasons : la surface est lisse recouverte de « smear layer » moins condensée par rapport à celle observée après instrumentation manuelle. ⁽⁴⁰⁾

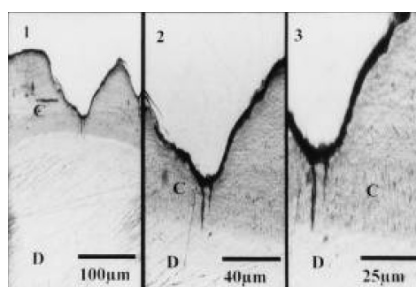


Fig.43 : Microphotographie d'une surface radiculaire après traitement au laser : pas de signes de carbonisation mais de profondes rainures sont observées. Absence de « smear layer » ⁽⁴⁰⁾

Par contre, in vivo, aussi bien à 140 mJ qu'à 160 mJ, l'irradiation au laser Er:YAG a permis d'obtenir des surfaces lisses avec différents degrés de changements morphologiques. (Fig.44 à 46) A 160 mJ, l'efficacité du détartrage est meilleure permettant d'obtenir des surfaces lisses et homogènes biologiquement compatibles avec la cicatrisation parodontale. ⁽¹⁹⁾

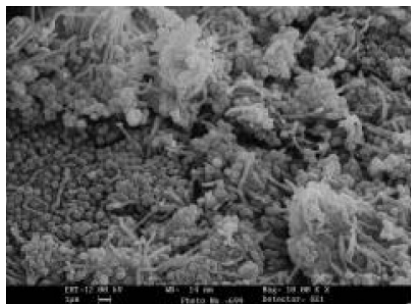


Fig.44 : Observation au MEB d'une surface radiculaire non traitée: plaque bactérienne et tartre $\times 10\ 000$ ⁽¹⁹⁾

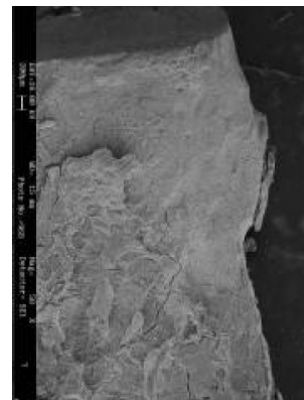


Fig.45 : Observation au MEB d'une surface radiculaire traitée par laser Er:YAG (140 mJ) : la surface est lisse, plate et homogène, il est possible d'observer la démarcation entre partie irradiée et non irradiée. $\times 58$ ⁽¹⁹⁾

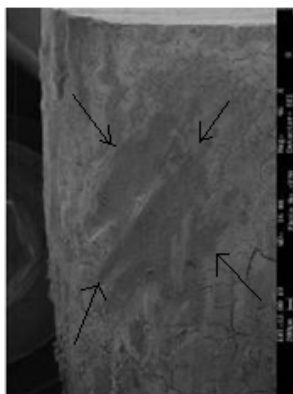


Fig.46 : Observation au MEB d'une surface radiculaire traitée par laser Er:YAG (160 mJ) : surface lisse et homogène. Démarcation visible entre zone irradiée (Flèches) et non irradiée. ⁽¹⁹⁾

D'autres études (20,24) ont observé des surfaces rugueuses uniformes sans tartre ni plaque bactérienne (Fig.48 et 49) alors que des surfaces lisses avec quelques rainures profondes sont observées après instrumentation manuelle. (Fig.47)



Fig.47 : Coupe histologique d'une surface radiculaire traitée par instrumentation manuelle (×32): rainures profondes provoquées par les curettes ⁽²⁰⁾



Fig.48 : Coupe histologique après irradiation par laser Er:YAG (160mJ ; 10 Hz). Absence complète de tartre, de plaque et de ciment et ce jusqu'au fond de la poche. Absence de fêlures, de carbonisation, de rainures et de cratères. Flore bactérienne éliminée. ×32⁽²⁰⁾

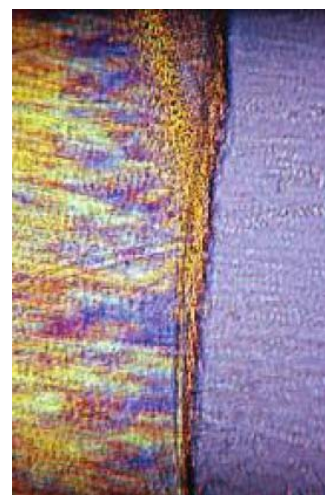


Fig.49 : À plus fort grossissement, la surface irradiée a un aspect rugueux sans modifications morphologiques de la dentine sous-jacente. ×250 ⁽²⁰⁾

D'après plusieurs auteurs, la rugosité obtenue après irradiation par le laser semble être compatible avec la cicatrisation puisque la micromorphologie est assez similaire à celle obtenue après traitement conventionnel et conditionnement de la surface par acide citrique ou EDTA. ^(24, 38,100)

Le taux d'accumulation de la plaque supra-gingivale et la rugosité de la surface radiculaire sont étroitement corrélées. Une étude a par conséquent déterminé la rugosité des surfaces radiculaires après irradiation par laser Er:YAG avec des

énergies (60, 100 et 180 mJ) et des angles de travail différents (15°, 30°, 45°, 60° et 90°). Les résultats montrent que les rugosités de surfaces moyennes et maximales ne sont pas significativement différentes de celles obtenues par rapport à un traitement par instruments manuels ou par rapport à un groupe non traité. (34) Ceci est en accord avec les conclusions d'une autre étude. (107) De plus il semble que la rugosité ne dépend pas de l'énergie de radiation ou de l'angle d'inclinaison ce qui va à l'encontre des résultats d'autres études. (34)

L'épaisseur de la substance radiculaire éliminée par le laser Er:YAG varie selon les études. Elle dépend de l'énergie, la fréquence et la forme de l'embout utilisé. (7) A faible énergie, il élimine sélectivement le ciment. Ces résultats favorables placent le laser comme un outil pouvant être utilisé dans la thérapeutique parodontale. (38)

Lorsque le laser Er:YAG est utilisé sans irrigation, une surface carbonisée et irrégulière a été mise en évidence. (87) La même observation est constatée dans le cas du laser Er,Cr:YSGG. (Fig.50) (102) Dans le cas du laser CO₂, la surface est complètement carbonisée. (87)

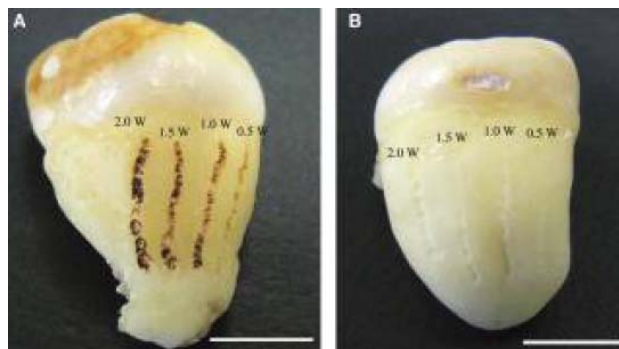


Fig.50 : Irradiation au laser Er,Cr:YSGG (0.5, 1.0, 1.5, et 2W) : (A) sans irrigation, (B) avec irrigation. La carbonisation a été observée que qu'en absence d'irrigation. Elle est d'autant plus marquée que la puissance est importante. (102)

La Spectroscopie Infrarouge à Transformée de Fourier montre que les surfaces irradiées par le laser Er:YAG avec irrigation sont similaires aux spécimens non irradiés. Cependant, des substances toxiques sont mises en évidence aussi bien

dans le cas du laser Er:YAG sans irrigation que dans le cas du laser CO₂. Ces substances altèrent la biocompatibilité des surfaces radiculaires. ⁽⁸⁷⁾

Le laser Er:YAG a été largement étudié dans la littérature. Cependant, des résultats contradictoires sont observés en raison des différences dans les schémas expérimentaux et les paramètres d'irradiation qui existent entre les différentes études.

3.5.3 Laser diode :

Le laser Diode semble être moins efficace que le laser Er:YAG. Il crée un état de surface moins irrégulier que le laser Er:YAG car son interaction avec les structures minéralisées est moindre mais ne permet pas d'éliminer la « smear layer ». (Fig.51 et 52) ⁽¹⁰⁰⁾

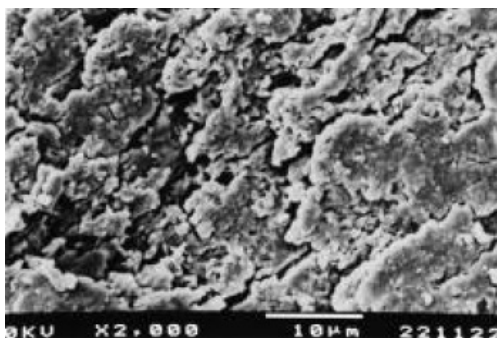


Fig.51 : Observation au MEB de la surface cémentaire après DSR par instruments manuels et irradiation au laser Er:YAG (100mJ/10Hz) pendant 30 secondes (sous irrigation): la surface est irrégulière et rugueuse, absence de dépôts ou de « smear layer », absence de carbonisation, de fusion et de nécrose, saillies pointues qui témoignent de l'ablation de ciment × 2 000 ⁽¹⁰⁰⁾

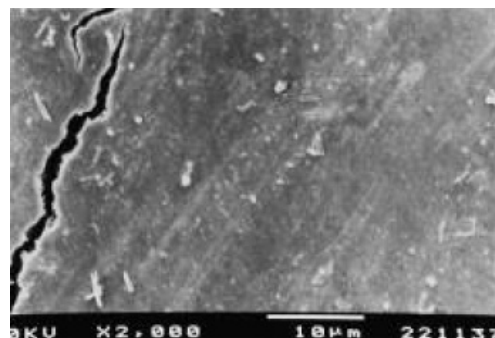


Fig.52 : Observation au MEB de la surface cémentaire après DSR par instruments manuels et irradiation au laser diode (1.0W): surface régulière et présence de « smear layer », absence de carbonisation, de fusion et de nécrose ×2 000 ⁽¹⁰⁰⁾

3.5.4 Laser CO₂ :

Les effets du laser CO₂ sur les surfaces radiculaires ont été étudiés. Même à faible puissance (4W), les résultats n'étaient pas encourageants car fusions et carbonisations étaient fréquemment observées. Les analyses spectroscopiques ont mis en évidence la présence de résidus chimiques cytotoxiques tels que la

cyanamide et le cyanate. Des études récentes sur la biocompatibilité des surfaces traitées au laser CO₂ ont donné des résultats contradictoires. Crespi et coll. ont observé une augmentation de l'attachement des fibroblastes aux surfaces traitées au laser par rapport aux surfaces traitées chimiquement ou par DSR ce qui est en accord avec les conclusions d'une autre étude. Fayad et coll. ont observé une absence totale d'attachement des fibroblastes aux surfaces irradiées. Gopin et coll., ont toujours observé une carbonisation de la surface radiculaire. L'observation histologique met en évidence une absence de réattachement du lambeau muccoperiosté à la surface radiculaire. Par contre, le réattachement a été observé lorsque les surfaces sont traitées par DSR exclusif ou lorsque l'irradiation est suivie par un DSR. Israel et coll. ont remarqué que le degré de changement morphologique après irradiation au laser est directement en relation avec la densité d'énergie mais sans rapport avec l'utilisation de refroidissement (eau/air). Les changements consistent en des cavitations, fusion puis solidification de la phase minérale et la création d'une couche superficielle carbonisée. ⁽¹⁵⁾

La durée d'exposition semble avoir une importance puisqu'un temps inférieur à une seconde n'a pas permis d'éliminer la « smear layer » alors qu'un temps plus long a eu pour conséquence une carbonisation sans exposition des tubuli dentinaires. (Fig. 53 à 57) L'EDTA et l'acide citrique ont été capables d'éliminer « smear layer » mais les tubuli exposées ont été élargis. ⁽⁷¹⁾ L'H₂O₂ n'a pas permis d'éliminer la « smear layer ».

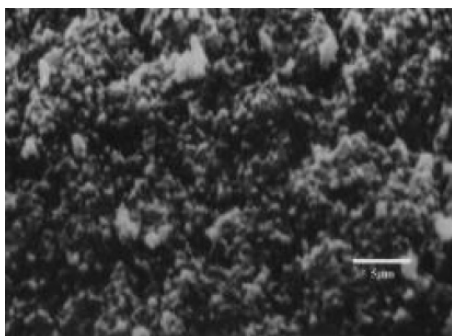


Fig.53 : Microphotographie au microscope électronique après surfaçage radiculaire uniquement : surface irrégulière avec présence de « smear layer » ⁽⁷¹⁾

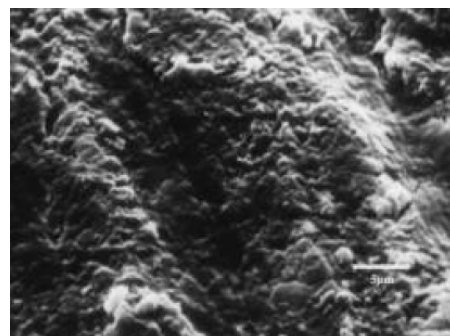


Fig.55 : Microphotographie au microscope électronique après 0.2 secondes d'exposition au laser CO₂: topographie rugueuse et texture irrégulière, présence de « smear layer » ⁽⁷¹⁾

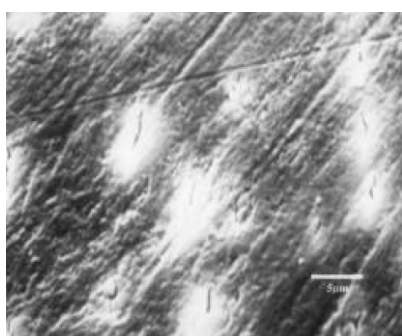


Fig.54 : Microphotographie au microscope électronique après 0.8 secondes d'exposition au laser CO₂: stries dues à l'instrumentation, les ouvertures des tubuli exposés ne sont pas claires, présence de « smear layer » ⁽⁷¹⁾

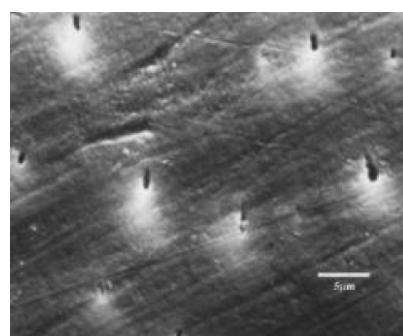


Fig.56 : Microphotographie au microscope électronique après 1.0 secondes d'exposition au laser CO₂: stries dues à l'instrumentation, surface lisse et plate, tubuli clairement exposés, absence de « smear layer » ⁽⁷¹⁾

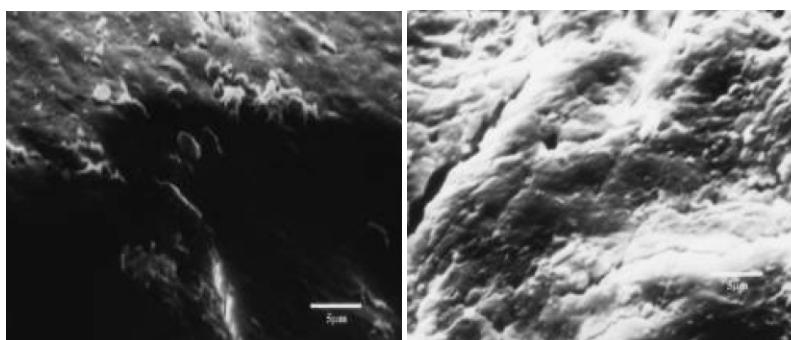


Fig.57 : Microphotographie au microscope électronique après 1.2 et 1.4 secondes d'exposition au laser CO₂: pas de tubuli exposés, carbonisation, fêlures, cratères, aspect de lave solidifiée ⁽⁷¹⁾

Une étude in vivo a trouvé que le laser CO₂ utilisé à faible puissance et en mode défocalisé combiné aux instruments mécaniques traditionnels permet d'améliorer le débridement des surfaces radiculaires exposées à la maladie parodontale. En effet, de la plaque bactérienne ainsi que du tartre ont été

retrouvés au niveau des zones interarticulaires et des zones concaves après instrumentation manuelle et ultrasonique. (Fig.58 et 59) Après irradiation au laser CO₂, des zones dépourvues de ciment avec des tubuli dentinaires complètement scellés sans « smear layer » sont observées. (Fig.60) ⁽²¹⁾

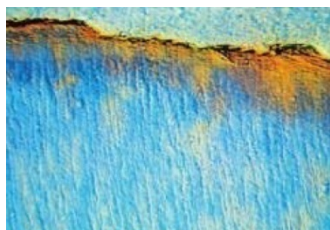


Fig.58 : Coupe histologique d'une surface radiculaire traitée aux ultrasons: la surface est rugueuse et entartrée. $\times 250$ ⁽²¹⁾

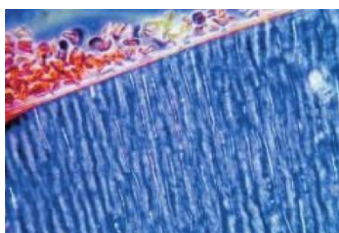


Fig.59 : Coupe histologique d'une surface radiculaire traitée par instrumentation manuelle: surface lisse surtout au niveau des zones convexes, tubuli dentinaires ouverts. La couche de ciment est complètement absente. ⁽²¹⁾

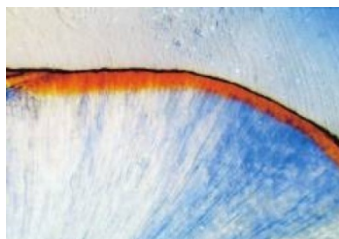


Fig.60 : Coupe histologique d'une surface radiculaire traitée par le laser CO₂: surface lisse, une couche de dentine fondue est observée scellant les tubuli. Dans tous les cas, pas de « smear layer » ni de dépôts bactériens. $\times 160$ ⁽²¹⁾

La recherche de paramètres idéaux (non nocifs pour la surface radiculaire) est l'objectif principal à atteindre avant la généralisation des lasers en dentisterie. Des altérations ont été observées dans le cas de densités d'énergie importante, de rayons focalisés et de mode continu. (Fig.61 et 62) ^(8,21)

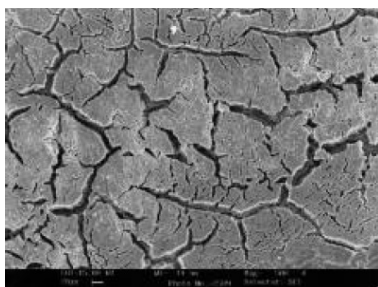


Fig.61 : Altérations sévères de la surface radiculaire après exposition à un rayon laser CO₂ continu focalisé ($\times 500$). Présence de fissures, de fêlures, rugosité prononcée. Pas de dépôts bactériens résiduels. ⁽⁸⁾

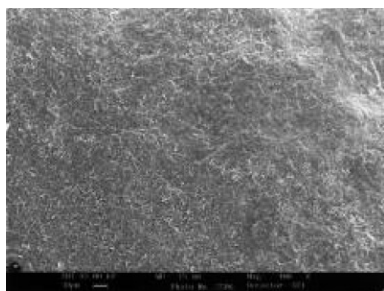


Fig.62 : Surface radiculaire exposée à un rayon laser CO₂ pulsé défocalisé. La surface est plate et lisse avec une apparente fusion de la « smear layer ». Apparence de dentine « glacée » avec des tubuli dentinaires complètement scellés. Morphologie acceptable en parodontie. ⁽⁸⁾

3.5.5 Laser Nd:YAG :

Les mêmes constatations ont été observées après irradiation par le laser Nd:YAG (fusion et solidification de la phase minérale, couche carbonisée). Cependant, lorsqu'il est utilisé avec une densité d'énergie faible ou avec un rayon défocalisé il est capable d'éliminer la « smear layer » de la surface radiculaire sans altérer le ciment sous-jacent et/ou augmenter la température au niveau dentinaire à un niveau pouvant endommager la pulpe de manière irréversible. ^(15,78) Ces altérations de surface ne sont pas favorables à l'attachement des fibroblastes. Ceci a amené l'académie américaine de parodontologie à conclure que ce laser n'est pas une alternative au DSR. Il est plutôt un complément aux thérapeutiques standards. En effet, une amélioration plus significative est observée lorsque le DSR conventionnel est combiné au laser. ⁽¹⁸⁾

*4ème partie : Application du laser en parodontie : études
et revues de littératures publiées entre 1994 et 2008*

Titre, Auteur(s), année	-Type d'étude -Nombre de sujets -Intervention	- Laser utilisé - Paramètres	Conclusion de l'auteur
1-Effets du laser Nd:YAG et les traitements combinés sur l'attache in vitro de fibroblastes sur les surfaces radiculaires. Thomas D, Rapley J, Cobb C, 1994 (101)	- Histologique, In vitro, comparative -32 échantillons radiculaires de dents de sagesse -4groupes : 1-contrôle 2-laser seul 3-laser suivi de DSR 4-laser puis poudre abrasive	- Nd:YAG - Energie : 75 mJ Fréquence : 20 pps	Laser seul provoque une bio-incompatibilité qui inhibe l'attachement des fibroblastes. Cette dernière est retrouvée après DSR et lissage par poudre abrasive
2-Evaluation des effets du laser Nd:YAG sur le tartre sous-gingival, la dentine et le cément. Radvar M, Creanor SL, Gilmour WH, 1995 (78)	- Morphologique, descriptive, In vitro -32 dents humaines avec du tartre, 3 sans tartre - Deux groupes : 1-dents avec tartre 2-dents sans tartre	- Nd:YAG - Energie-durée : 50 mJ-10 pps 50 mJ-20 pps 100 mJ-10 pps 100 mJ-20 pps Durée : 1 et 5 secondes	Le laser entraîne plus de dégâts au niveau du tartre qu'au niveau du cément ou de la dentine.
3-Evaluation histologique de l'attache des tissus mous à une surface radiculaire traitée au laser CO₂. Gopin BW, Cobb CM, Rapley JW, 1997 (45)	-Histologique, comparative, In vivo sur animaux, niveau d'attache -2 - Lambeau puis : 1-DSR 2-Laser seul 3-Laser suivi de DSR	-CO ₂ -6W, 20 Hz, 240J/cm ²	Le laser est contre-indiqué même s'il est suivi de DSR
4-Enlèvement de substances sur des dents avec ou sans tartre en utilisant une radiation de laser excimer XeCl 308 nm : une étude in vitro. M. Folwaczny, Mehl A, Haffner C, 1999 (39)	- Morphologique, In vitro, descriptive -60 dents -2 groupes : -avec tartre -sans tartre	- XeCl - Durée de pulsation : 60 ns Densité d'énergie : 1.0 J/cm ² , 2.0 J/cm ² , 3.0 J/cm ² , 4.0 J/cm ² et 5.0 J/cm ²	Enlèvement sélectif de tartre sous-gingival créant une architecture homogène de la surface radiculaire
5-Effect of a carbon dioxide laser on periodontally involved root surfaces. Misra V, Mehrotra KK, Dixit J. 1999 (71)	- Morphologique, comparative, in vitro -50 dents extraites atteintes de parodontites -4 groupes: -irradiation par laser CO ₂ -H ₂ O ₂ -EDTA -Acide citrique	- CO ₂ -3w ; 0.2 à 1.4s	Irradiation pendant 1s à 3W élimine la « smear layer » avec un changement minime du diamètre des tubuli dentinaires
6-Comparison of Nd:YAG laser versus scaling and root planing in periodontal therapy. Liu C-M, Hou L-T, Wong M-Y. 1999 (63)	- Immunologique, comparative, in vivo -8 patients -4 groupes: -laser seul -DSR seul -laser suivi par DSR 6 semaines après -DSR suivi de laser 6 semaines après	- Nd:YAG -150 mJ ; 20pps	Le traitement par le laser apparaît être moins efficace que le DSR conventionnel

7-Root substance removal with Er:YAG laser radiation at different parameters using a new delivery system.Folwaczny M, Mehl A, Haffner C .2000 (38)	- Morphologique, in vitro, descriptive -50 dents extraites -2 groupes: -avec tartre -sans tartre	- Er:YAG - Durée de l'impulsion 250ns 15pps Energie : -60 mJ -80mJ -100mJ -150mJ	La perte de substance radiculaire à l'aide du laser Er:YAG à faible densité d'énergie est comparable à celle observée avec les instruments conventionnels. Utilisation du laser Er:YAG en parodontie est possible dans le futur.
8-Effect of diode laser irradiation on the attachment rate of periodontal ligament cells: an in vitro study. Kreisler M, Meyer C, Stender E. 2001 (59)	- Histologique, descriptive, in vitro - Dents humaines atteintes de parodontites extraites -2 groupes : -irradiés -non irradiés (contrôle)	- Diode -1W pendant 20s	L'application du laser diode n'a pas d'effet substantiellement positif sur l'attachement de cellules du ligament parodontal
9-Periodontal treatment with an Er:YAG laser compared to scaling and root planning. A controlled clinical study. Schawartz F, Sculean A, Georg T.2001 (90)	- Clinique, in vivo, comparative -20 patients -2 groupes: -Er:YAG -DSR manuel	- Er:YAG -160mJ/impulsion, 10Hz	Le laser Er:YAG peut représenter une alternative convenable au traitement parodontal non chirurgical.
10-Rugosité de la surface radiculaire après irradiation par laser Er:YAG à des énergies et angles travail différents. Folwaczny M, Geroge G, Thiele L, 2002 (34)	-Morphologique, comparative, In vitro -85 dents humaines -3 groupes : 1-Laser 2-Curettes 3-Groupe de contrôle	- Er:YAG - Energies : 60, 100 et 180 mJ Angle de travail : 15°, 30°, 45°, 60° et 90° 10 pps	La rugosité des surfaces radiculaires du groupe traité au laser n'est pas différente du groupe traité manuellement ou du groupe de contrôle
11-Effets antimicrobiens d'une radiation laser Er:YAG de 2.94µm sur les surfaces radiculaires. Une étude in vitro. Folwaczny M, Mehl A, Aggstaller H, 2002 (37)	- Bactériologique, In vitro, descriptive -125 dents extraites -5 groupes	- Er:YAG - Durée d'une impulsion : 250µs Fréquence : 15 pps Energie : 60 mJ Nombre d'impulsions : 55, 75 et 105	En dehors de l'élimination sélective de la plaque et du tartre, le laser Er:YAG entraîne la réduction de la charge bactérienne des surfaces radiculaires
12-Analyse de la composition du ciment et de la dentine radiculaires après irradiation par le laser Er:YAG en comparaison avec des surfaces saines et irradiées par le laser CO₂. Sassaki KM, Aoki A, Masuno H, 2002 (12)	- Morphologique, In vitro, comparative -10 dents humaines -4 groupes : -Er:YAG avec irrigation -Er:YAG sans irrigation -CO₂ sans irrigation -groupe de contrôle (non traité)	- Er:YAG et CO₂ *Er:YAG : avec ou sans irrigation 40mJ/pulsation ; 10 Hz ; 0.4W *CO₂ : 0.4W ; mode continu ; sans irrigation	Seul le laser Er:YAG combiné à une irrigation permet d'obtenir des caractéristiques de composition similaires au groupe de contrôle

13-Er:YAG laser scaling of diseased root surfaces. Frentzen M, Braun A, Aniol D. 2002 (40)	- Clinique, histologique, comparative -40 dents humaines extraites -2 groupes : -groupe de contrôle : traité par DSR ou ultrasons -groupe test : traité par laser Er:YAG	- Er:YAG -160 mJ ; 10Hz	Le DSR au laser augmente la perte de substance ce qui doit être pris en compte cliniquement
14-Effects of CO₂ laser treatment on fibroblast attachment to root surfaces. A scanning electron microscopy analysis. Crepsi R, Barone A, Covani U. 2002 (22)	- Histologique, morphologique, in vitro , comparative -30 dents monoradiculées atteintes de parodontites -3 groupes : -groupe de contrôle (non traité) -DSR manuel -irradiation par laser CO₂ puis débridement par ultrasons.	- CO₂ -2W ; 1Hz	L'irradiation par le laser CO₂ combinée aux instruments mécaniques constitue un outil de conditionnement intéressant pour l'attachement des fibroblastes à la surface radiculaire.
15-Focused versus defocused CO₂ laser irradiation: a scanning electron microscopy analysis. Barone A, Covani U, Crespi R. 2002 (8)	- Morphologique, in vitro, descriptive -30 dents humaines extraites pour raisons parodontales -3 groupes : -CO₂ en mode continu et rayon focalisé - CO₂ en mode pulsé et rayon défocalisé -groupe non traité	- CO₂ -mode continu, 8W, rayon focalisé -mode pulsé, 2W, 4Hz	La surface obtenue dans le cas du rayon pulsé peut avoir un avantage en parodontie.
16-In vitro effect of laser irradiation on cementum-bound endotoxin isolated from periodontally diseased roots. Liu C-M, Shyu Y-C, Pei S-C. 2002 (64)	- Immunologique, in vitro, descriptive	-Nd:YAG -50mJ, 10pps, 30s -50 mJ, 10pps, 1min -100mJ, 10pps, 1min -150mJ, 20pps, 1min -150mJ, 20pps, 2min	Le laser Nd:YAG 50mJ, 10pps à 150mJ, 20pps pendant 2 min ne semble pas être efficace dans la destruction des endotoxines contenus dans le ciment nécrotique.
17-Evaluation clinique du laser YAP en parodontologie. Babak R, el Yazami H, Sauvetre E, 2003 (79)	-Clinique, In vivo, comparative -22 patients -2 groupes : -12 patients traités par thérapeutique initiale et laser Nd:YAP -10 traités par thérapeutique initiale seule	- Nd:YAP - Energie : 170 mJ Fréquence : 30Hz	L'adjonction du laser Nd:YAP dans le traitement parodontal initial améliore les résultats cliniques

18-Adhesion and growth of cultured human gingival fibroblasts on periodontally involved root surfaces treated by Er:YAG laser. Feist IS, De Michelli G, Carneiro SRS.2003 (31)	-Histologique, comparative, in vitro -32 dents extraites -3 groupes: -groupe A: DSR avec des curettes Gracey -groupe B : irradiation par laser Er:YAG 60 mJ -groupe C : irradiation par laser Er:YAG 100 mJ	- Er:YAG -60mJ ; 10 Hz 100mJ ; 10Hz	Les surfaces traitées par laser Er:YAG 60 mJ permettent une adhésion et une croissance plus rapides que les deux autres groupes.
19-Effect of Er:YAG and diode laser irradiation on the root surface : morphological and thermal analysis. Theodoro LH, Haypek P, Bachmann L. 2003 (100)	- Morphologique, descriptive, in vitro -15 dents extradites -3 groupes: -Er:YAG -diode 1W -diode 4W	Er:YAG : 100mJ ; 10Hz ; 30s Diode: 1 ou 1.4W 0.05ms 30s	Utilisés dans ces conditions, les lasers Er:YAG et diode n'induisent pas une augmentation importante de la température pulpaire. l'irrégularité de la surface radiculaire est plus prononcée ans le cas du laser Er:YAG.
20-Effects of 2.94 µm Er:YAG laser radiation on root surfaces treated in situ: a histological study.Folwaczny M, Benner K-U, Flasskamp B.2003 (33)	-Histologique, descriptive, in vivo sur cadavres -6 dents -3groupes: 60, 100 ou 180mJ	- Er:YAG -60, 100 ou 180mJ 50 ou 100 impulsions	Contrairement aux observations faites sous MEB, l'étude histologique montre des altérations thermiques en rapport avec les tissus durs bordant la poche parodontale.
21-Effects of Nd:YAG and CO₂ laser treatment and ultrasonic scaling on periodontal pockets of chronic periodontitis patients.Miyazaki A, Yamaguchi T, Nishikata J.2003 (72)	- Clinique, bactériologique, immunologique, in vivo, comparative -18 patients -3 groupes : -CO₂ -Nd:YAG -ultrasons	-CO₂: 2W, 120s -Nd:YAG : 100mJ, 20pps, 2W, 120s	Le laser Nd:YAG et les ultrasons ont montré une amélioration significative en termes de paramètres cliniques et bactériologiques. Les différences ne sont pas significatives entre les 3 groupes.
22-Periodontal treatment with an Er:YAG laser or scaling and root planning. A 2-year follow-up study split mouth study.Schwartz F, Scuelan A, Berakdar M.2003 (89)	- Clinique, in vivo, comparative -20 patients -2 groupes: -débridement par laser Er:YAG -DSR manuel	-Er:YAG -160mJ/impulsion, 10Hz	Le gain d'attache clinique observé aussi bien après traitement par laser qu'après DSR manuel peut être maintenu sur une période de 2 ans.
23-Periodontal treatment with an Er:YAG laser compared to ultrasonic instrumentation : a pilot study. Sculean A, Schwartz F, Berakdar M.2004 (91)	- Clinique, in vivo, comparative -20 patients -2 groupes: -débridement par laser Er:YAG -ultrasons	- Er:YAG -160mJ/impulsion, 10Hz	Les deux modalités de traitements ont permis d'améliorer les paramètres cliniques étudiés.

24-Efficacy of photodynamic therapy on inflammatory signs and two selected periodontopathogenic species in a beagle dog model. Sigusch BW, Pfitzner A, Albrecht V. 2005 (95)	- Clinique, bactériologique, in vivo (chiens), descriptive	-Diode -0.5W, mode continu, 12.7J/cm²	La TPD est clairement avantageuse pour la réduction des signes de rougeur et de saignement au sondage. Cette procédure élimine significativement <i>P.ginigivalis</i>
25-Er:YAG laser in defocused mode for scaling of periodontally involved root surfaces : an in vitro pilot study. Crespi R, Romanos GE, Barone A. 2005 (24)	- Morphologique, in vitro, comparative -30 dents humaines extraites pour raisons parodontales -3 groupes : -DSR par curettes -DSR par curettes puis par laser Er:YAG (100à200mJ) -irradiation par laser uniquement (250 à 300mJ)	- Er:YAG -100 à 200mJ/impulsion ; 10 Hz -250 à 300mJ/impulsion ; 10Hz	L'irradiation au laser Er:YAG sans DSR préalable est possible si le paramétrage idéal est respecté.
26-Effect of low-level Er:YAG laser irradiation on cultured human gingival fibroblasts. Pouzarandian A, Watanabe H, Ruwanpura SMPM. 2005 (77)	- Histologique, descriptive, in vitro -5 groupes: -contrôle - irradiation au laser Er:YAG 1.68J/cm² - irradiation au laser Er:YAG 2.35J/cm² - irradiation au laser Er:YAG 3.37J/cm² - irradiation au laser Er:YAG 5.0J/cm²	- Er:YAG -1.68 à 5.0 J/cm²; 20Hz	L'irradiation à faible énergie stimule la prolifération des fibroblastes en culture. L'énergie stimulatrice optimale est 3.37 J/cm². Le laser Er:YAG peut être d'un intérêt thérapeutique lors de la cicatrisation.
27-Effect of Er:YAG laser on diseased root surfaces : an in vitro study. Crespi R, Barone U, Covani U. 2005 (19)	- Morphologique, In vitro, descriptive -32 dents extraites atteintes de parodontites -3 groupes: - irradiation par laser Er:YAG 140 mJ - irradiation par laser Er:YAG 160 mJ -contrôle	- Er:YAG -140 mJ ; 10Hz -160mJ ; 10Hz	Aussi bien à 140mJ qu'à 160mJ, le laser Er:YAG permet d'éliminer complètement les débris. La surface est lisse.
28-Histologic evaluation of three methods of periodontal root surface treatment in humans. Crespi R, Barone A, Covani U. 2005 (21)	- Histologique, morphologique, in vivo, comparative -33 dents programmées pour extraction -3 groupes : -ultrasons -instrumentation manuelle -instrumentation manuelle puis laser CO₂.	- CO₂ -2W, 1hz, 2.45J/cm²	Le laser CO₂ utilisé à faible puissance et en mode défocalisé en association à l'instrumentation mécanique traditionnelle pourrait améliorer le débridement des surfaces radiculaires de dents atteintes de parodontites.

29-Lasers in periodontics: A review of the literature. Cobb CM. 2006 (15)	Revue de la littérature		-Conflit considérable entre les résultats d'études in vitro et in vivo même en utilisant la même longueur d'onde. -comparaison entre les différentes études difficile voire impossible. -Preuves insuffisantes suggérant que les lasers sont supérieurs au traitement conventionnel -l'utilisation des lasers Nd:YAG et Er:YAG peut être équivalente au DSR.
30-Effects of Er:YAG laser and ultrasonic treatment on fibroblast attachment to root surfaces : an in vitro study. Crespi R, Romanos GE, Cassinelli C.2006 (25)	- Histologique, in vitro, comparative -30 dents monoradiculées atteintes de parodontites -3 groupes : -groupe de contrôle non traité -groupe traité par ultrasons -groupe traité par laser Er:YAG	- Er:YAG -160 mJ/impulsion 10Hz	La plus grande densité cellulaire a été observée après irradiation par le laser Er:YAG 160mJ/impulsion ; 10 Hz
31-Er:YAG laser scaling of diseased root surfaces :a histologic study. Crespi R, Barone A, Covani U.2006 (20)	- Histologique, in vitro, comparative -40 dents humaines extraites pour raisons parodontales. -2 groupes : -DSR manuel -Er:YAG	-Er:YAG -160 mJ ; 10Hz ; 30°	L'utilisation clinique du laser Er:YAG permet l'élimination de la plaque et du tartre et l'obtention d'une surface rugueuse.
32-Short term clinical and microbiologic effects of pocket debridement with an Er:YAG laser during periodontal maintenance. Tomasi C, Schander K, Dahlén G.2006 (103)	-Clinique, microbiologique, immunologique, comparative, in vivo -20 patients en phase de maintenance -2 groupes : -débridement par Er:YAG -par ultrasons	- Er:YAG -160mJ ; 10 Hz	Il n'y a pas d'avantage apparent de l'utilisation du laser Er:YAG pour le débridement sous-gingival a part moins d'inconfort perçu par les patients.
33-Antimicrobial photodynamic therapy in the non-surgical treatment of aggressive periodontitis: a preliminary randomized controlled clinical study. De Oliveira RR, Schawartz-Filho HO, Novaes Jr AB. 2007 (27)	- Clinique, comparative, in vivo -10 patients -2 groupes: -Thérapie photodynamique -DSR à l'aide d'instruments manuels	- Laser diode - Puissance maximale : 60mW/cm ²	La TPD a montré des résultats cliniques similaires au DSR conventionnel pour le traitement non chirurgical des parodontites agressives.

34-Clinical evaluation of periodontal surgical treatment with an Er:YAG laser :5-year results. Gasperic B, Skaleric U.2007 (42)	- Clinique, comparative, In vivo -146 dents atteintes de parodontites chez 25 patients -2 groupes : -irradiation par laser Er:YAG -lambeau de Widman modifié	- Er:YAG -180 mJ/impulsion ; 20 Hz	Le traitement chirurgical de dents monoradiculées atteintes de parodontites chroniques utilisant le laser Er:YAG donne de meilleurs résultats que le lambeau de Widman modifié.
35-Influence of photodynamic therapy on the development of ligature-induced periodontitis in rats. De almeida JM, Theodoro LH, Bosco AF.2007 (69)	-Histologique, radiologique, in vivo (rats) -120 rats -4 groupes: -sans traitement -bleu de méthylène -thérapie laser basse énergie - TPD (bleu de méthylène+ thérapie laser basse énergie)	- Diode -0.05W, 120s, 4.5J/cm², 2.97J	La TPD a réduit transitoirement la destruction tissulaire parodontale.
36-Effect of laser combined with rhPDGF-BB on attachment of cultured fibroblasts to periodontally involved root surfaces. Belal MH, Watanabe H, Ichinose S.2007 (9)	-Histologique, In vitro, descriptive -5 dents saines 15 dents atteintes de parodontites -4 groupes : -groupe sain -groupe malade non traité -irradiation par Er:YAG (60mJ ; 10Hz) - irradiation par Er:YAG (60mJ ; 10Hz) et application de rhPDGF-BB	- Er:YAG -60 mJ ; 10Hz	Le laser Er:YAG seul ou en association avec la rhPDGF-BB est un outil thérapeutique prometteur pour le conditionnement des surfaces radiculaires. L'association avec la rh-PDGF-BB semble être légèrement plus efficace.
37-Effects of Er:YAG laser compared to ultrasonic scaler in periodontal treatment:A 2-year follow-up split-mouth clinical study.Crespi R, Cappare P, Toscanelli I.2007 (23)	-Clinique, in vivo, comparative -25 patients -2 groupes: -traitement par laser Er:YAG -traitement par ultrasons	-Er:YAG -160mJ ; 10Hz	Le traitement parodontal à l'aide du laser Er:YAG a permis d'obtenir des améliorations significatives en termes de profondeur au sondage et de niveau d'attache clinique particulièrement dans le cas de poches profondes et modérées.
38-Effects of Er,Cr :YSGG laser irradiation on the root surface :morphologic analysis and efficiency of calculus removal. Ting C-C, Fakuda M, Watanabe T.2007 (102)	- Morphologique, in vitro, descriptive -65 dents humaines -3 groupes: -groupe de contrôle -irradiation sans irrigation d'eau -irradiation avec irrigation d'eau	- Er,Cr :YSGG -0.5W ; 25mJ/impulsion -1.0W ; 50mJ/impulsion -1.5W ; 75mJ/impulsion -2W ; 100mJ/impulsion	Le laser Er,Cr :YSGG utilisé à 1.0W permet une élimination efficace du tartre sans altérations de la surface radiculaire.

39 -The effect of laser therapy as an adjunct to non-surgical treatment in subjects with chronic periodontitis : a systematic review.Karlsson MR, Diogo Lofgren CI, Jansson HM.2008 (54)	Revue de la littérature		Peu de preuves en faveur de l'efficacité de l'emploi des lasers comme complément au traitement parodontal non chirurgical des parodontites chroniques. Plus d'essais cliniques sont nécessaires
40 -In vivo effect of photodynamic therapy on periodontal bone loss in dental furcations. De Almeida JM, theodoro LH, Bosco AF.2008 (68)	- Histologique, in vivo (rats), descriptive -120 rats -4 groupes: -groupe sans traitement -application de bleu de méthylène -thérapie laser basse énergie -TPD (bleu de méthylène+ thérapie laser basse énergie)	- Diode - 0.05W, 120s, 0.037W/cm ² , 4.5J/cm ²	Utilisé dans ces conditions, la TPD peut être une alternative efficace pour le contrôle de la perte osseuse au niveau des lésions interarticulaires.
41 -Photodynamic therapy as an adjunct to non surgical periodontal treatment : a randomized, controlled clinical trial.Christodoulides N, Nikolidakis D, Chondros P.2008 (13)	- Clinique, bactériologique, in vivo, comparative -24 patients -2 groupes : -DSR manuel puis TPD -DSR uniquement	-Diode -75 mW	L'adjonction d'un seul épisode de TPD au DSR n'a pas permis d'améliorer la profondeur au sondage et le niveau d'attache clinique. Cependant, la TPD a diminué l'indice de saignement en comparaison avec le DSR.
42 -Short-term clinical and immunologic effects of scaling and root planning with Er:YAG laser in chronic periodontitis. Lopes BMV, Marcantonio RAC, Thompson GMA.2008 (65)	- Clinique, immunologique, in vivo, comparative -21 patients -4 groupes: - DSR+laser -laser seul -SRP seul -non traité	- Er:YAG -71 mJ/impulsion ; 10 Hz	Le laser Er:YAG peut être utilisé comme un outil complémentaire pour le traitement des poches parodontales même si un gain significatif du niveau d'attache a été observé après DSR seul et non pas dans le cas du laser.
43 -Treatment of experimental periodontal disease by photodynamic therapy in rats with diabetes. De Almeida JM, Theodoro LH, Bosco AF.2008 (70)	- Histologique, in vivo (rats), descriptive -240 rats -2 groupes: -diabétiques -non diabétiques	- Diode - 0.03W, 0.428 W/cm ²	La TPD a eu un effet complémentaire bénéfique pour le traitement des maladies parodontales induites par la plaque bactérienne aggravées par facteur général (diabète).

*5ème partie : Recommandations et précautions
sur l'utilisation du laser en parodontie*

Pendant l'utilisation du laser Er:YAG, l'opérateur doit être conscient des possibles risques encourus et une attention est demandée pour minimiser ces risques. Des réglages inappropriés de la puissance et de l'énergie durant l'irradiation des surfaces radiculaires constituent un risque majeur. ⁽⁵²⁾

L'efficacité du détartrage par le laser peut être améliorée en jouant sur différentes variables comme la fréquence et la durée des impulsions et non uniquement en augmentant l'énergie ou la puissance délivrée. ^(51,52) Ceci permet d'accroître l'efficacité du débridement tout en restant à des intensités modérées. ⁽⁷⁾

Un autre risque est l'augmentation excessive de la température. Ceci peut avoir pour conséquence des dommages indésirables sur la pulpe et la surface radiculaire. L'augmentation de la température de quelques degrés est inévitable durant le détartrage à l'aide du laser Er:YAG. ⁽⁵²⁾ L'utilisation d'eau comme moyen de refroidissement durant l'utilisation de ce dernier permet d'éviter l'échauffement des tissus irradiés. ^(52, 81,100) Cependant, cela est difficile à accomplir dans les poches parodontales profondes. ⁽¹⁵⁾

De plus, l'utilisation d'un système de refroidissement de surface sous forme de spray d'air et d'eau permet de prévenir l'accumulation de carbonisation et d'éliminer les composants toxiques générés durant l'exposition au laser. ^(41,86)

Une utilisation convenable requiert l'élimination du tissu carbonisé accumulé durant la chirurgie afin de rétablir une surface humide nécessaire pour l'absorption de l'énergie laser. ⁽⁸⁰⁾ Certains auteurs recommandent un traitement mécanique additionnel permettant d'éliminer la couche superficielle altérée afin de renforcer la cicatrisation parodontale. ^(33,89) A côté de l'utilisation d'irrigation d'eau, des auteurs préconisent de laisser des intervalles entre l'irradiation afin de diminuer l'augmentation de la température aussi bien en surface qu'au niveau intra-pulpaire. ^(31,65)

Pour obtenir un traitement parodontal réussi sans dommages pour les tissus environnants, la puissance, l'énergie, la densité d'énergie, la fréquence et le temps d'irradiation doivent être correctement réglés. ^(52,65) Des protocoles inappropriés peuvent retarder la cicatrisation et induire des douleurs par carbonisation de la gencive, de l'os et du périoste sous-jacent. ⁽⁸⁴⁾

Cependant, davantage d'études doivent être menées afin de trouver la puissance optimale pour une irradiation en toute sécurité, sans effets nuisibles pour la surface radiculaire ou les tissus environnants. Des variables telles que la fréquence et la durée des impulsions doivent être bien réglées pour obtenir l'effet désiré et garder la cible plus froide en évitant le transfert de la chaleur aux tissus environnant. ⁽⁵²⁾ Par conséquent, le choix des paramètres d'irradiation doit se faire avec précision et non en respectant uniquement les instructions du fabricant. ^(51,91)

Afin de minimiser la perte de tissus non souhaitable, il est recommandé d'utiliser un système de détection du tartre par fluorescence induite. Ce dernier a été mis au point et évalué dans le but d'arrêter le DSR quand la totalité du tartre a été sélectivement éliminée par le laser. De cette manière l'élimination de tissus sains est minimisée. ^(51,91)

Certaines précautions doivent être prises durant la chirurgie à l'aide du laser. En effet, le rayon laser peut être réfléchi par les surfaces métalliques brillantes comme les écarteurs ou les miroirs ce qui peut causer des effets non souhaitables à la rétine et la cornée. Des lunettes de protection, spécifiques à la longueur d'onde du laser en utilisation, devraient être portées aussi bien par le praticien que par les assistants et les surfaces réfléchissantes proscrites. De même, les yeux du patient, sa gorge ainsi que les tissus fragiles situés en dehors du site chirurgical devraient être protégés d'un éventuel impact accidentel par l'utilisation de lunettes de protection et de gazes ou serviettes humidifiées. Enfin la formation de l'équipe médicale est une grande part de sécurité. ^(2, 12, 28, 29, 48, 80)

A coté des paramètres modifiables des lasers (énergie, vitesse de pulsation, la puissance et le temps d'irradiation), la longueur d'onde d'un laser est décisive pour l'effet biologique d'un rayonnement laser puisque qu'elle détermine son absorption et interaction dans le tissu. ⁽⁵⁹⁾

Différents paramètres influencent l'absorption de l'énergie tels que la longueur d'onde, la durée d'exposition, la puissance maximale par impulsion, l'angle que fait le l'embout délivrant le rayon laser avec la surface cible et enfin les propriétés optiques du tissus. ⁽¹⁵⁾ Les paramètres suggérés par les fabricants ne sont que des moyennes qui devront être ajustées de manière à convenir le mieux possible au tissu cible. ⁽¹⁸⁾

Vu la grande diversité de longueurs d'onde laser disponible, le praticien devrait en premier lieu déterminer la finalité clinique recherchée et ensuite choisir la technique (laser ou autre) qui convient le mieux pour l'atteindre. ⁽¹⁵⁾

Conclusion

Après une entrée timide dans notre domaine depuis plus d'une décennie, nous assistons actuellement à une nette offensive de nombreux fabricants de lasers. Témoins, les pages publicitaires dans la presse professionnelle et la présence grandissante dans les salons d'exposition. Cependant, les publications et études statistiques faites dans le cadre universitaire odontologique sont encore rares. ⁽¹¹⁴⁾

En parodontie, le laser est un sujet curieusement polémique avec des publications parfois contradictoires, liées soit à des méthodologies qui ne font pas l'unanimité des spécialistes, soit parfois à un désintérêt fondé sur des aprioris, ce qui s'éloigne de l'idée que l'on doit se faire de la recherche. ⁽⁸²⁾

Malgré le nombre croissant de travaux publiés concernant les effets des lasers sur les tissus durs dentaires et parodontaux, les parodontistes manifestent une attitude prudente et critique quant à leur validité thérapeutique. ⁽⁶⁰⁾

Le laser est un outil à paramètres variables contrairement aux instruments habituels de DSR. L'ajustement de ces paramètres en fonction de l'intervention à réaliser (détartrage, incision, débridement implantaire...) est d'une importance capitale comme l'est le choix entre fraisage à l'aide de la turbine (émail) ou à l'aide du contre-angle (dentine).

Il serait sage d'avoir un ou plusieurs lasers de référence dont les paramètres de fonctionnement doivent être idéalement bénéfiques avant de pouvoir les comparer aux techniques conventionnelles. Dans ce sens, le laser à électrons libres apparaît comme un outil intéressant dans la recherche des conditions optimales d'irradiation étant donné que c'est un laser dont on peut faire varier la longueur d'onde de 2.1 à 9.8 μm . A ce jour, seul le laser Er:YAG est considéré comme ayant la longueur d'onde de choix dans la gestion des tissus parodontaux, du surfaçage radiculaire et de la décontamination de ces surfaces. ⁽⁸²⁾

Même si de bons résultats ont été obtenus avec ce laser, davantage d'études sont requises pour mieux comprendre les effets sur les tissus biologiques pour

une application sûre et efficace de ce laser durant le traitement parodontal. Les praticiens doivent être conscients des risques encourus par le traitement au laser et bien formés concernant l'utilisation sûre et efficace de ce laser. ⁽⁵²⁾

En effet, les preuves scientifiques concernant les applications du laser ont été distribuées plus lentement que les informations commerciales. Son emploi lors du traitement parodontal des tissus durs devrait être considéré avec précautions en raison des possibles altérations de la surface radiculaire et la difficulté d'attachement des tissus mous qui en résulte. A part le laser Er:YAG, les recherches se concentrent sur d'autres longueurs d'ondes comme le laser Nd:YAP, Ho:YAG, Ar:F et le laser à électrons libres qui sont potentiellement utilisables en parodontie sans endommager la surface radiculaire. ⁽¹⁴⁾

Depuis longtemps, l'utilisation des lasers en odontologie est évoquée, discutée, soutenue ou combattue. Il est clair que le laser ne pourra pas se substituer à toutes les techniques actuellement utilisées. Cependant compte tenu des résultats obtenus et des potentialités des nouveaux appareils proposés et de leur coût plus abordable, il est raisonnable de penser que les lasers feront bientôt partie intégrante de l'arsenal thérapeutique du cabinet dentaire. ⁽⁹³⁾

Monastir, le 3-6-2010

Avis du Directeur de la Thèse

Avis favorable

Pr. Ag. Sofiène Turki

Lt. Col. Médecin Dentiste
Sofiane TURKI
Professeur Agrégé Parodontologie
H. M. P. I. T

Vu et permis d'imprimer

Le Doyen

Pr. Abdellatif Abid



Références

1. Adams TC, Pang PK.

Lasers in Aesthetic Dentistry

Dent Clin N Am 2004;48,4:833-60

2. Aidan N.

Applications médicales des lasers

Inf Dent 2003;36:2633-44

3. American Academy of Periodontology

Annual Meeting Abstracts , 2001 Research Forum Poster Abstracts

J Periodontol 2001;72:1629-37

4. Aslund M, Suvan J, Moles DR, D'Aiuto F, Tonetti MS.

Effects of two different methods of non-surgical periodontal therapy on patient perception of pain and quality of life: a randomized controlled clinical trial

J Periodontol 2008;79:1031-40

5. Atsawasuwan P, Greethong K, Nimmanon V.

Treatment of gingival hyperpigmentation for esthetic purposes by Nd:YAG laser: Report of 4 cases

J Periodontol 2000;71:315-21

6. Azzeh MM.

Treatment of gingival hyperpigmentation by Erbium-Doped:yttrium, Aluminium, and Garnet laser for esthetic purposes

J Periodontol 2007;78:177-84

7. Badran Z, Kraehenmann M, Laboux O, Ardouin J.-L, Giumelli B, Soueidan A.

Le laser Er:YAG dans le traitement parodontal non chirurgical

J Parodontol Impl Orale 2008;27,3:201-7

8. Barone A, Covani U, Crespi R, Romanos GE.

Root surface morphological changes after focused versus defocused CO₂ laser irradiation: a scanning electron microscopy analysis

J Periodontol 2002;73:370-3

9. Belal MH, Watanabe H, Ichinose S, Ishikawa I.

Effects of Er:YAG laser combined with rhPDGF-BB on attachment of cultured fibroblasts to periodontally involved root surfaces

J Periodontol 2007;78:1329-41

10. Bertrand MF, Rocca JP.

Laser Er:YAG et odontologie restauratrice

Bertrand M.-F., Rocca J.-P. Laser Er:YAG et odontologie restauratrice. EMC (Elsevier SAS, Paris), Stomatologie/Odontologie, 22-020-E-10, 2005.

11. Bonin P, Duprez JP, Pérol J, Vincent R.

Analyse comparative de différents lasers sur les tissus durs de la dent en fonction du mode d'application. Analyse des impacts au microscope électronique à balayage

Rev Odontol Stomaol 1985;1:29-34

12. Cenk Haytec M, Ozcelik O.

Evaluation of patient perceptions after frenectomy operations: a comparison of carbon dioxide laser and scalpel techniques

J Periodontol 2006;77:1815-19

13. Christodoulides N, Nikolidakis D, Chondros P et al.

Photodynamic therapy as an adjunct to non-surgical periodontal treatment: a randomized, controlled clinical trial

J Periodontol 2008;79:1638-44

14. Cobb CM.

Lasers found ineffective for subgingival calculus removal

Compend Contin Educ Dent 1997;18:847-59

15. Cobb CM.

Lasers in periodontics: A review of the literature

J Periodontol 2006;77:545-64

16. Coletton S.

Lasers in Surgical Periodontics and Oral Medicine

Dent Clin N Am 2004;48,4:937-62

17. Coluzzi DJ, Convissar RA.

Fundamentals of Dental Lasers: Science and Instruments

Dent Clin N Am 2004;48,4:751-70

18. Convissar RA.

The biologic Rationale for the Use of Lasers in Dentistry

Dent Clin N Am 2004;48,4:771-94

19. Crespi R, Barone A, Covani U.

Effect on Er:YAG laser on diseased root surfaces:an in vivo study

J Periodontol 2005;76:1386-90

20. Crespi R, Barone A, Covani U.

Er:YAG laser scaling of diseased root surfaces : a histologic study

J Periodontol 2006;77:218-22

21. Crespi R, Barone A, Covani U.

Histologic evaluation of three methods of periodontal root surface treatment in humans

J Periodontol 2005;76:476-81

22. Crespi R, Barone A, Covani U, Ciaglia RN, Romanos GE.

Effects of CO₂ laser treatment on fibroblast attachment to root surfaces. A scanning electron microscopy analysis

J Periodontol 2002;73:1308-12

23. Crespi R, Capparè P, Toscanelli I, Gherlone E, Romanos GE.

Effects of Er:YAG laser compared to ultrasonic scaler in periodontal treatment: a 2-year follow-up split mouth clinical study

J Periodontol 2007;78:1195-200

24. Crespi R, Romanos GE, Barone A, Sculean A, Covani U.

Er:YAG laser in defocused mode for scaling of periodontally involved root surfaces: an in vitro pilot study

J Periodontol 2005;76:686-90

25. Crespi R, Romanos GE, Casinelli C, Gherlone E.

Effects of Er:YAG laser and ultrasonic treatment on fibroblast attachment to root surfaces:an in vitro study

J Periodontol 2006;77:1217-22

26. Dederich DN.

Case report CO₂ LASER FUSION OF A VERTCAL ROOT FRACTURE

J Am Dent Assoc 1999;130:1195-98

27. De Oliveira RR, Schwartz-Filho HO, Novaes Jr AB, Taba Jr M.

Antimicrobial photodynamic therapy in the non-surgical treatment of aggressive periodontitis:a preliminary randomized controlled clinical study

J Periodontol 2007;78:965-73

28. Deymes J.

Cinq années d'utilisation du laser CO₂ en chirurgie stomatologique et maxillo-faciale. Bilan de 320 observations.

Rev Odonto Stomatol midi France 1984;4:201-4

29. Deymes J.

Le laser en chirurgie maxillo-faciale. Ses possibilités

Rev Stomatol Chir Maxillofac 1981;82:308-13

30. Dezile B.

Les lasers en odonto-stomatologie principe de fonctionnement

Chir Dent Fr 1995;736:17-23

31. Feist IS, De Micheli G, Carneiro SRS, Eduardo CP, Miyagi SPH, Marques MM.

Adhesion and growth of cultured human gingival fibroblasts on periodontally involved root surfaces treated by Er:YAG laser

J Periodontol 2003;74:1368-75

32. Ficher SE, Frame JW, Frentzen M, Koort HJ, Melcer F, Melcer J.

Le laser chirurgical en odontologie en 1989

Chir Dent Fr 1989;491:43-51

33. Folwaczny M, Benner K-U, Flasskamp B, Mehl A, Hickel R.

J Effects of 2.94 µm Er:YAG laser radiation on root surfaces treated in situ:a histological study

Periodontol 2003;74:360-65

34. Folwaczny M, Geroche G, Thiele L et al.

Root surface roughness following Er:YAG laser irradiation at different radiation energies and working tip angulations

J Clin Periodontol 2002;29:598-603

35. Folwaczny M, Heym R, Mehl A, Hickel R.

Effectiveness of InGaAsP diode laser radiation to detect subgingival calculus as compared to an explorer

J Periodontol 2004;75:744-9

36. Folwaczny M, Heym R, Mehl A, Hickel R.

Subgingival calculus detection with fluorescence induced by 655 nm InGaAsP diode laser radiation

J Periodontol 2002;73:597-601

37. Folwaczny M, Mehl A, Aggstaller H et al.

Antimicrobial effects of 2.94µm Er:YAG laser radiation on root surfaces :an in vitro study

J Clin Periodontol 2002;29:73-8

38. Folwaczny M, Mehl A, Haffner C, Benz C, Hickel R.

Root substance removal with Er:YAG laser radiation at different parameters using a new delivery system

J Periodontol 2000;71:147-55

39. Folwaczny M, Mehl A, Haffner C et al.

Substance removal on teeth with and without calculus using 308 nm XeCl excimer laser radiation, an in vitro investigation

J Clin Periodontol 1999;26:306-12

40. Frentzen M, Braun A, Aniol D.

Er:YAG laser scaling of diseased root surfaces

J Periodontol 2002;73:524-30

41. Friensen LR, Cobb CM, Rapley JW, Forgas-Brockman L, Spencer P.

Laser irradiation of bone: II.Healing response following treatment by CO2 and Nd:YAG lasers

J Periodontol 1999;70:75-83

42. Gaspric B, Skaleric U.

Clinical evaluation of periodontal surgical treatment with an Er:YAG laser: 5-Year results

J Periodontol 2007;78:1864-71

43. Girardeau-Montaut JP, Lambert R.

Les Lasers et leurs applications médicales : J.-P.Girardeau-Montaut et R.Lambert. Paris : E.M.Inter, 1987.-509p

44. Gleissner C, Kempfski O, Peylo S, Glatzel JH, Willershausen B.

Local gingival blood flow at healthy and inflamed sites measured by laser dopler flowmetry

J Periodontol 2006;77:1762-71

45. Gopin BW, Cobb CM, Rapley JW et al.

Evaluation histologique de l'attache des tissus mous à une surface radiculaire traitée au laser CO₂ : étude in vivo

Revue Internationale de Parodontie & Dentisterie Restauratrice 1997 ;17,4:317-25

46. Hallais C, Abadie M.

Les lasers en odontologie I COMPREHENSION DU PRINCIPE PHYSIQUE ET DE LEURS PROPRIETES

Chir Dent Fr 1992 ;629:5-8

47. Hallais C, Abadie M.

Les lasers en odontologie II leur action sur la matière

Chir Dent Fr 1992;630:29-31

48. Hallais C, Abadie M.

Les lasers en odontologie III. Les applications cliniques

Chir Dent Fr 1992;631:35-8

49. Hallmon WW, Rees TD.

Local anti-infective therapy: Mechanical and physical approaches. A systematic review

Ann Periodontol 2003;8:99-114

50. Hinrichs JE, Jarzembinski C, Hardie N, Aeppli D.

Intrasulcular laser Doppler readings before and after root planning

J Clin Periodontol 1995;22:817-23

51. Ishikawa I.

Letters to the editor

J Periodontol 2002;73:1227-28

52. Ishikawa I, Aoki A, Takasaki AA.

Potential applications of Erbium:YAG laser in periodontics

J Periodontal Res 2004;39:275-85

53. Karcenty M.

Laser CO₂ : mythe ou réalité?

Inf Dent 1996;14:1063-5

54. Karlsson MR, Diogo Lofgren CI, Jansson HM.

The effect of laser therapy as an adjunct to non-surgical periodontal treatment in subjects with chronic periodontitis : a systematic review

J Periodontol 2008;79:2021-28

55. Kesler G.

Clinical Applications of Lasers During Removable Prosthetic Reconstruction

Dent Clin N Am 2004;48,4:963-69

56. Kimura Y, Yu D-G, Fujita A, Yamashita A, Murakami Y, Matsumoto K.

Effects of Er,Cr:YSGG laser irradiation of canine mandibular bone

J Periodontol 2001;72:1178-82

57. Kotlow LA.

Lasers in Pediatric Dentistry

Dent Clin N Am 2004;48,4:889-922

58. Krause F, Braun A, Jepsen S, Frentzen M.

Detection of subgingival calculus with a novel LED-Based optical probe

J Periodontol 2005;76:1202-06

59. Kreisler M, Meyer C, Stender E, Daublander M, Willershausen-Zonnchen B, d'Hoedt B.

Effect of diode laser irradiation on the attachment rate of periodontal ligament cells: an in vitro study

J Periodontol 2001;72:1312-17

60. Krygier G, Abadie MJM, Horton JE.

L'utilisation des lasers en parodontologie

J Parodontol Impl Oral 1994;13,4:407-15

61. Kumar NG, Mehta DS.

Short-term assessment of the Nd:YAG laser with and without sodium fluoride varnish in the treatment of dentin hypersensitivity-A clinical and scanning electron microscopy study

J Periodontol 2005;76:1140-7

62. Levy GC.

Evaluation in vitro d'une technique expérimentale pour le traitement de fêlures dentaires en utilisant du phosphore tricalcique fondu par un rayon laser

Rev Fr Endod 1993;12,3:45-52

63. Liu C-M, Hou L-T, Wong M-Y, Lan W-H.

Comparison of Nd:YAG laser versus scaling and root planning in periodontal therapy

J Periodontol 1999;70:1276-82

64. Liu C-M, Shyu Y-C, Pei.S-C, Lan W-H, Hou L-T.

In vitro effect of laser irradiation on cementum-bound endotoxin isolated from periodontally diseased roots

J Periodontol 2002;73:1260-66

65. Lopes BMV, Marcantonio RAC, Thompson GMA, Neves LHM, Theodoro LH.

Short-term clinical and immunologic effects of scaling and root planing with Er:YAG laser in chronic periodontitis

J Periodontol 2008;79:1158-67

66. Martin E.

Lasers in Dental Implantology

Dent Clin N Am 2004;48,4:999-1015

67. Midda M, Renton-Harper P.

Lasers In Dentistry

Br Dent J 1991;170:343-6

68. Milanezi de Almeida J, Theodoro LH, Bosco AF et al.

In vivo effect of photodynamic therapy on periodontal bone loss in dental furcations

J Periodontol 2008;79:1081-8

69. Milanezi de Almeida J, Theodoro LH, Bosco AF et al.

Influence of photodynamic therapy on the development of ligature-induced periodontitis in rats

J Periodontol 2007;78:566-75

70. Milanezi de Almeida J, Theodoro LH, Bosco AF et al.

Treatment of experimental periodontal disease by photodynamic therapy in rats with diabetes

J Periodontol 2008;79:2156-65

71. Misra.V, Mehrotra KK, Dixit J, Maitra SC.

Effect of a carbon dioxide laser on periodontally involved root surfaces

J Periodontol 1999;70:1046-52

72. Miyazaki A, Yamaguchi T, Nishikata J et al.

Effects of Nd:YAG and CO₂ laser treatment and ultrasonic scaling on periodontal pockets of chronic periodontitis patients

J Periodontol 2003;74:175-80

73. Mousques T, Chairay JP.

Principe généraux et applications du laser

Rev Odontol Stomatol 1990;19:11-8

74. Olgart LM.

Le fluxmètre laser doppler dans le test de vitalité pulpaire

Réal clin 1994;5,3:283-91

75. Ouhayoun M.

Le laser : ses indications et limites en odonto-stomatologie :trouve-t-il sa place en 1983, en pratique quotidienne ?

Rev Odontol Stomatol 1984;4:263-74

76. Parker S.

The Use of Lasers in Fixed Prosthodontics

Dent Clin N Am 2004;48,4:971-98

77. Pourzarandian A, Watanabe H, Ruwanpura SMPM, Aoki A, Ishikawa I.

Effect of low-level Er:YAG laser irradiation on cultured human gingival fibroblasts

J Periodontol 2005;76:187-93

78. Radvar M, Creanor SL, Gilmour WH et al.

An evaluation of the effects of an Nd:YAG laser on subgingival calculus, dentine and cementum, an in vitro study

J Clin Periodontol 1995;22:71-7

79. Rastegar B, el Yazami H, Sauvetre E et al.

Evaluation Clinique du laser YAP en parodontologie

Inf Dentaire 2003;16:1077-82

80. Research, Science and Therapy Committee of the American Academy of Periodontology

Lasers in periodontics

J Periodontol 2002;73:1231-9

81. Rizioiu IM.

Etude in vitro de l'efficacité des mécanismes de refroidissement Durant l'application d'un laser Nd:YAG sur l'émail

Rev Fr Endod 1993;12,2:37-44

82. Rocca J-P.

Les lasers en odontologie. Pays-Bas : CdP, 2008 :95p.

83. Romanos GE.

Letters to the editor

J Periodontol 2007;78:595-7

84. Rosa DSA, Correa Aranha AC, de Paula Eduardo C, Aoki A.

Esthetic Treatment of gingival melanin hyperpigmentation with Er:YAG laser:short-term clinical observations and patient follow-up

J Periodontol 2007;78:2018-25

85. Rupf S, Brader I,Vonderlind D et al.

In vitro, clinical, and microbiological evaluation of a linear oscillating device for scaling and root planning

J Periodontol 2005;76:1942-49

86. Sasaki MK, Aoki A, Ichinose S, Yoshino T, Yamada S, Ishikawa I.

Scanning electron microscopy and Fourier Transformed Infrared Spectroscopy analysis of bone removal using Er:YAG and CO₂ lasers

J Periodontol 2002;73:643-52

87. Sasaki KM, Aoki A, Masuno H et al.

Compositional analysis of root cementum and dentin after Er:YAG laser irradiation compared with CO₂ lased and intact roots using Fourier transformed infrared spectroscopy

J Peridontal Res 2002;37:50-9

88. Schwarz F, Nuesry E, Bieling K, Hertten M, Becker J.

Influence of an erbium, chromium-doped yttrium, scandium, gallium, and garnet (Er,Cr,YSGG) laser on the reestablishment of the biocompatibility of contaminated Titanium implant surfaces

J Periodontol 2006;77:1820-27

89. Schwartz F, Scuelan A, Berakdar M, Georg T, Reich E, Becker J.

Periodontal treatment with an Er:YAG laser or scaling and root planning. A 2-Year follow up split mouth study

J Periodontol 2003;74:590-6

90. Schwartz F, Sculean A, Georg T, Reich E.

Periodontal treatment with an Er:YAG laser compared to scaling and root planning . A controlled clinical study

J Periodontol 2001;72:361-7

91. Scuelan A, Schawrtz F, Berakdar M, Romanos GE, Arweiler NB, Becker J.

Periodontal treatment with an Er:YAG laser compared to ultrasonic instrumentation: a pilot study

J Periodontol 2004;75:966-73

92. Serres P, Obergefell JM, Grappin J.

Le laser au CO₂ et la pratique opératoire endobuccale. Présentation de cas cliniques.

Chir Dent Fr 1982;145:31-5

93. Séverin C.

Les lasers en odontologie. rêve ou réalité ?

Bulletin de l'académie nationale de chirurgie dentaire 1995 ;40:57-68

94. Severin C, Maquin M, Ragot-Roy B.

Aspects physiques et biophysiques des différents types de laser

Réal Clin 1994;3,5:267-74

95. Sigusch BW, Pfitzner A, Albrecht V, Eike Glockmann.

Efficacy of photodynamic therapy on inflammatory signs and two selected periodontopathogenic species in a Beagle dog model

J Periodontol 2005;76:1100-05

96. Stabholtz A, Mor C, Sahar-Helfet S, Moshonov J.

Utilisation du Er:YAG laser en endodontie

Rev Odontol Stomatol 2004;33:163-74

97. Stabholz A, Sahar-Helfet S, Moshonov J.

Lasers in Endodontics

Dent Clin N Am 2004;48,4:809-32

98. Steven I, Gold I, Vilardi MA et al.

Pulsed laser beam effects on gingival

J Clin Periodontol 1994;21:391-6

99. Tal H, Ogiesser D, Tal M.

Gingival depigmentation by Erbium:YAG laser:clinical observations and patient responses

J Periodontol 2003;74:1660-67

100. Theodoro LH, Haypek P, Bachmann L et al.

Effect of Er:YAG and diode laser irradiation on the root surface: morphological and thermal analysis

J Periodontol 2003;74:838-43

101. Thomas D, Rapley J, Cobb C et al.

Effects of the Nd:YAG laser and combined treatments on in vitro fibroblast attachment to root surfaces

J Clin Periodontol 1994;21:38-44

102. Ting C-C, Fakuda M, Watanabe T, Aoki T, Sanaoka A, Noguchi T.

Effects of Er,Cr:YSGG laser irradiation on the root surface :morphologic analysis en efficiency of calculus removal

J Periodontol 2007;78:2156-64

103. Tomasi C, Schander K, Dahlén G, Wennstrom JL.

Short-term clinical and microbiologic effects of pocket debridement with an Er:YAG laser during periodontal maintenance

J Periodontol 2006;77:111-8

104. Touati B, Werly M.

Les photocollages au laser

Cah Proth 1985;50:37-58

105. Van As G.

Erbium Lasers in Dentistry

Dent Clin N Am 2004;48,4:1017-59

106. Walsh LJ.

The current status of laser applications in dentistry

Aust Dent J 2003;48,3:146-55

107. Wautier P.

Traitement parodontal assisté par le laser Er:YAG KEY 3

J Parodontol Impl Orale 2008;27,2:115-26

108. Wilder-Smith P.

Principes des interactions laser-tissus et applications en dentisterie

Réal Clin 1994;3,5:275-81

109.<http://eurserveur.insa-lyon.fr/LesCours/physique/AppPhysique/approphys/9Math&Phys/Laser/fonctionnement.html>

Consulté le 17/03/2010

110.<http://fr.wikipedia.org/wiki/Photon>

Consulté le 26/01/2010

111.http://futura-sciences.com/fr/definitions/t/matiere-1/d/photon_3500/

Consulté le 26/01/2010

112.<http://pedagogie.ac-montpellier.fr:8080/disciplines/scphysiques/academie/ABCDORGA/Famille/TERMINOLOGIE.html>

Consulté le 26/01/2010

113. <http://www.amoq.org/InfoSurMaladies/InfoSurMala-laser.htm>

Consulté le 9/12/2009)

114.<http://www.dentalespace.com/dentiste/formation/290-laser-dentaire-deja-demain-comment-pourquoi-faire-entrer-laser-dans-nos-cabinets-considerations-economiques-pratiques.htm>

Consulté le 17/01/2010

115. <http://www.med.univ-rennes1.fr/wkf/stock/fileI.html>

Consulté le 9/12/2009

Mohamed RAISSI***Le laser en parodontie : alternative ou complément aux thérapeutiques conventionnelles ?******Laser in periodontics : an alternative or an adjunct to conventional therapies ?***

Thèse de 2^{ème} Cycle - Médecine Dentaire - Monastir
97 Pages – 62 Figures - 12 Tableau

Résumé :

L'élimination des dépôts de tartre sous gingival ainsi que de la flore bactérienne parodontopathogènes constitue l'un des objectifs majeurs de toute thérapeutique parodontale. Classiquement, l'assainissement parodontal est effectué mécaniquement à l'aide de curettes manuelles et/ou d'ultrasons. Récemment, les lasers ont été suggérés comme une alternative aux thérapeutiques conventionnelles. Leur introduction relativement récente ainsi que le manque de recul clinique par rapport aux instruments conventionnels sont à l'origine de leurs intérêts controversés. Représentent-ils véritablement une alternative ou plutôt un complément? L'objectif principal de ce travail est de faire une revue de la littérature afin de déterminer l'apport du laser dans le traitement des maladies parodontales par rapport aux méthodes conventionnelles et de proposer des recommandations et des précautions à prendre lors de son utilisation en parodontie.

Abstract:

The elimination of subgingival calculus deposits and periodontopathic bacterial flora is one of the major objectives of any periodontal therapy. Traditionally, periodontal sanitation is performed mechanically by manual curets and/or ultrasonic scalers. More recently, lasers have been suggested as an alternative to conventional therapies. Their relatively recent introduction and the lack of clinical experience compared to conventional instruments are the source of their controversial interests. Do they really represent an alternative or rather an adjunct? The main objective of this work is to make a review of the literature in order to determine the contribution of laser in periodontal treatment compared to conventional methods and to propose recommendations and precautions to take when used in periodontics.

Rubrique de classement: Parodontie**Column of classification: Periodontics**

Mots Clés : Laser, thérapeutique parodontale, détartrage et surfaçage radiculaire

Key words: Laser, periodontal therapy, scaling and root planning

Directeur de la thèse : PR. SOFIENE TURKI

Adresse de l'auteur :**04 Rue de la Mouette, 2070 La Marsa**
