



<http://portaildoc.univ-lyon1.fr>

Creative commons : Paternité - Pas d'Utilisation Commerciale -  
Pas de Modification 2.0 France (CC BY-NC-ND 2.0)



<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.0/fr>

UNIVERSITE CLAUDE BERNARD LYON 1  
UFR D'ODONTOLOGIE

Année 2019

Thèse n°2019 LYO 1 D 050

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

Présentée et soutenue publiquement le Mardi 9 Juillet 2019

Par

Aurélie BANCAL  
Née le 01/10/1995 à Montélimar

---

LA LOW LEVEL LIGHT THERAPY:  
ETUDE D'UN NOUVEAU PROTOCOLE DANS LA GESTION DE LA  
DOULEUR POST-OPERATOIRE EN CHIRURGIE IMPLANTAIRE AVEC  
SOULEVE DE SINUS

---

JURY

Monsieur le Professeur Olivier ROBIN  
Monsieur le Docteur Bruno COMTE  
Madame la Docteur Béatrice THIVICHON-PRINCE  
Monsieur le Docteur Gilbert VIGUIE  
Monsieur le Docteur Marc BERDOUGO

Président  
Assesseur  
Assesseur  
Assesseur  
Invité

# UNIVERSITE CLAUDE BERNARD LYON I

Président de l'Université  
Président du Conseil Académique  
HADID

M. le Professeur F. FLEURY  
M. le Professeur H. BEN

Vice-Président du Conseil d'Administration  
Vice-Président de la Commission Recherche  
du Conseil Académique

M. le Professeur D. REVEL  
M. F. VALLEE

Vice-Président de la Commission Formation Vie Universitaire  
CHEVALIER  
du Conseil Académique

M. le Professeur P.

## SECTEUR SANTE

Faculté de Médecine Lyon Est

Directeur : M. le Professeur G. RODE

Faculté de Médecine et Maïeutique Lyon-Sud  
Charles Mérieux

Directeur : Mme la Professeure C. BURILLON

Faculté d'Odontologie  
Institut des Sciences Pharmaceutiques et  
Biologiques  
VINCIGUERRA

Directrice : Mme. la Professeure D. SEUX

Institut des Sciences et Techniques de la  
Conférences  
Réadaptation

Directrice : Mme la Professeure C.

Directeur : M. X. PERROT, Maître de

Département de Formation et Centre de  
SCHOTT  
Recherche en Biologie Humaine

Directrice : Mme la Professeure A.M.

## SECTEUR SCIENCES ET TECHNOLOGIES

Faculté des Sciences et Technologies  
Conférences

Directeur : M. F. DE MARCHI, Maître de

UFR des Sciences et Techniques des  
Agrégé  
Activités Physiques et Sportives

Directeur : M. Y. VANPOULLE, Professeur

Institut Universitaire de Technologie Lyon 1

Directeur : M. le Professeur C. VITON

Ecole Polytechnique Universitaire  
de l'Université Lyon 1

Directeur : M. E. PERRIN

Institut de Science Financière et d'Assurances

Directeur : M. N. LEBOISNE, Maître de Conférences

Ecole Supérieure du Professorat et de l'Education  
(ESPE)

Directeur : M. le Professeur A. MOUGNIOTTE

Observatoire de Lyon

Directrice : Mme la Professeure I. DANIEL

Ecole Supérieure de Chimie Physique Electronique

Directeur : M. G. PIGNAULT

# FACULTE D'ODONTOLOGIE DE LYON

**Doyenne :** Mme Dominique SEUX, Professeure des Universités

**Vices-Doyens :** M. Jean-Christophe MAURIN, Professeur des Universités  
Mme Béatrice THIVICHON-PRINCE, Maître de Conférences

**SOUS-SECTION 56-01 :** **ODONTOLOGIE PEDIATRIQUE ET ORTHOPEDIE DENTO-FACIALE**

Professeur des Universités : M. Jean-Jacques MORRIER  
Maître de Conférences : M. Jean-Pierre DUPREZ, Mme Sarah GEBEILE-CHAUTY,  
Mme Claire PERNIER,  
Maître de Conférences Associée M. Christine KHOURY

**SOUS-SECTION 56-02 :** **PREVENTION - EPIDEMIOLOGIE  
ECONOMIE DE LA SANTE - ODONTOLOGIE LEGALE**

Professeur des Universités M. Denis BOURGEOIS  
Maître de Conférences M. Bruno COMTE  
Maître de Conférences Associé M. Laurent LAFOREST

**SOUS-SECTION 57-01 :** **CHIRURGIE ORALE – PARODONTOLOGIE – BIOLOGIE ORALE**

Professeur des Universités : M. J. Christophe FARGES  
Maîtres de Conférences : Mme Anne-Gaëlle CHAUX-BODARD, M. Thomas FORTIN,  
Mme Kerstin GRITSCH, M. Arnaud LAFON  
Mme Béatrice THIVICHON-PRINCE, M. François VIRARD

**SOUS-SECTION 58-01 :** **DENTISTERIE RESTAURATRICE, ENDODONTIE, PROTHESE, FONCTION-DYSFONCTION, IMAGERIE, BIOMATERIAUX**

Professeurs des Universités : M. Pierre FARGE, Mme Brigitte GROSGOGEAT,  
M. Jean-Christophe MAURIN, Mme Catherine MILLET, M. Olivier ROBIN, Mme Dominique SEUX,  
Maîtres de Conférences : M. Maxime DUCRET, M. Patrick EXBRAYAT, M. Christophe JEANNIN,  
M. Renaud NOHARET, M. Thierry SELLI, Mme Sophie VEYRE-GOULET, M. Stéphane VIENNOT, M. Gilbert VIGUIE,  
M. Cyril VILLAT,  
Maîtres de Conférences Associés M. Hazem ABOUELLEIL,

**SECTION 87 :** **SCIENCES BIOLOGIQUES FONDAMENTALES ET CLINIQUES**  
Maître de Conférences Mme Florence CARROUEL

*Je dédie cette thèse à...*

A mes parents, pour m'avoir inculqué les valeurs du travail et m'avoir donné la force de persévérer notamment dans les moments difficiles. Vous m'avez donné les clefs de la réussite et c'est grâce à vous que j'atteins aujourd'hui le métier dont j'ai toujours rêvé. Je n'oublierai jamais tous ces sacrifices que vous avez faits pour moi. Je sais que vous vous êtes beaucoup inquiétés pendant ces années mais tous ces soucis sont derrière nous maintenant ! Merci pour m'avoir donné la passion du sport à travers laquelle j'ai pu me forger un caractère de battante, à votre image. Merci aussi pour ces incroyables voyages qui m'ont permis de découvrir la beauté du monde et de passer des moments inoubliables en famille. Je vous aime tellement. J'espère vous avoir rendus fiers ! Je vous dois tant. Cette réussite n'est pas que la mienne, c'est le fruit de notre combat parce qu'ensemble, on est plus forts !

A Flo, mon petit frère, mon coloc, mon idole, mon cuistot. Merci d'avoir été là pendant toutes ces galères mais aussi tous ces bons moments. On se comprend, et on ne fait plus qu'un quand on forme notre coalition anti-cons (je suis sûre que tu comprendras). Ta force d'esprit et physique resteront toujours un mystère pour moi. Je t'aime de tout mon cœur mon frère, roi de la tong, du jogging et du pull gris à trous. Aujourd'hui on peut le dire : Alnajah !

A mamie Régine, papi Jean-Pierre, Tatie Sésé, Alex, Antonin, Valentin merci de m'entourer et d'être présents dans les moments importants de ma vie. C'est le cœur plein de tendresse que je vous envoie tout mon amour.

A Victoria, ma filleule que j'aime de tout mon cœur. Tes dessins que je garde précieusement m'ont beaucoup aidé pendant toutes ces années d'études.

A papi Robert et mamie Yvette. Si vos petits-enfants de Montélimar en sont ici aujourd'hui, c'est en partie grâce à vous. Les « cours de rattrapages » de l'été à Castres sont à tout jamais gravés dans ma mémoire. Je ne vous remercierai jamais assez de nous avoir transmis cette vaillance et garderai toujours en tête ton proverbe papi « ne jamais reporter au lendemain ce que l'on peut faire la veille ». Quels bons moments nous avons vécu à vos côtés pendant nos après-midis à la piscine, nos balades à vélo, nos instants jardinage et ces trajets en voiture bercés par [mariyatou].

A Fabrice (notre Brice de Nice) et à Mahé (le pirate impitoyable de la famille)

A Louna, ma filleule que j'aime de tout mon cœur. Tous tes messages de soutien et ces moments passés avec toi sont gravés dans mon esprit.

A tatie Carole, tous tes messages, coups de téléphone et moments passés ensemble sont inestimables. C'est sur tes bons conseils que j'ai obtenu ma première collaboration, merci tatie !

A la meute, les frères de sang : Vincent (Vince), Valentin (Valou), Romain (Bengous), Loïc (Lowlow), Louis (Loulou), Raph, Manon (Man's), Amandine (Amand), Charlotte (Cha), Emma, Eloïse (Elo). A toutes nos soirées étudiantes, nos descentes des gorges de l'Ardèche, nos fêtes de Joyeuse et tous ces moments qui font de vous plus que des amis pour moi, une famille. Je vous aime les gars.

A Carla, ma Carlita, tu es une amie en or, ma confidente, ma partenaire de la fameuse soirée kitsch.

A Mégane, ma meilleure amie. Je suis chaque jour un peu plus admirative de ton courage. Tu es mon modèle dans la vie, la sœur que je n'ai jamais eue. A côté de tous nos fous rires, nos tricheries et nos folies, c'est aussi dans les moments difficiles que notre amitié s'est construite. Je suis et serai toujours là pour toi (et ta maman).

A Romane. Tu es ma première rencontre dans ces études, et l'une des plus belles. Notre amitié m'est tellement précieuse. Tu as toujours été ma confidente, ma complice pour toutes ces soirées et autres plans foireux dans lesquelles on s'est engagées. Je te souhaite encore une très bonne année 2015 (à quand notre prochaine goudouche ?).

A Elodie, ma meilleure amie, mon modèle de force d'esprit, la meilleure kiné de la région. Tu es dans mon cœur depuis 13 ans déjà et malgré notre éloignement, le lien de notre amitié me semble plus solide que jamais. Je t'aime très fort ma brunette.

A Marie Alice, ma fitpartner, ma nounou pendant ma convalescence, ma partner in crime pour les soirées disco. Tu es une amie exceptionnelle.

A Théo (mon binôme en rigolade), Antoine (Papa), Alex, Ben, Allan et Cyril. A nos WEI, à nos WED, à nos WESK, à nos soirées étudiantes, Time's up, Young Lust, caverne...

A Jean-Fi (Baghdad) mon binôme, ce tonton blagueur qui s'est fait tatouer pendant un an les initiales de Johnny Hallyday. Quel bonheur d'avoir travaillé avec toi, tu es la joie de vivre, un collègue en or.

Au capitaine (Ibrahim), ensemble nous avons organisé un spectacle de gala digne d'une production hollywoodienne ! J'ai vraiment trouvé un super ami en relevant ce défi avec toi.

A Christel et Laurent, Eric, Cynthia et Charly, Isabelle et Freddy, Florence et Patrick, Karine, Séverine et Christophe, Aurélie et Alex, Christel, Gaëlle (une coach en or, un modèle pour moi), Séverine et Jérôme, Maryll et Alain, un des meilleurs coach de France : Robin, coach Teddy, Nasser, Jacky, Brice et Sébastien, coach Kherry (la piraterie n'est jamais finie), Marie Laure et Jacques, Brice, Davy et Coco. Merci pour votre soutien tant dans les études que dans ce plan de traitement un peu fou dans lequel je suis.

A notre président de jury de cette thèse,

**Monsieur le Professeur Olivier Robin,**

*Professeur des Universités à l'UFR d'Odontologie de Lyon*

*Praticien-Hospitalier*

*Docteur en Chirurgie Dentaire*

*Docteur d'Etat en Odontologie*

*Doyen Honoraire de l'UFR d'Odontologie de Lyon*

*Habilité à Diriger des Recherches*

*Responsable de la sous-section « Biomatériaux, Sciences Anatomiques et Physiologiques,*

*Occlusodontiques, Biophysique et Radiologie »*

Je vous remercie de nous faire l'honneur de présider ce jury de thèse.

Veillez croire en mon profond respect et ma vive reconnaissance pour votre sympathie, la qualité de votre enseignement et votre disponibilité auprès de vos étudiants.

A notre juge,

**Monsieur le Docteur Bruno Comte,**

*Maître de Conférences à l'UFR d'Odontologie de Lyon*

*Praticien-Hospitalier*

*Docteur en Chirurgie Dentaire*

*Docteur de l'Université Lyon I*

*Responsable de la sous-section Prévention*

Je suis sincèrement honorée de votre présence en ce jour important.

Je tiens à vous remercier chaleureusement pour votre disponibilité, vos conseils et votre sympathie durant l'encadrement des vacances de polyclinique du premier semestre.

Je garde un très bon souvenir de nos discussions, vos précieux conseils sur « l'après centre de soins » m'ont bien aidé dans l'élaboration de mes projets !

A notre juge,

**Madame la Docteur Béatrice Thivichon-Prince,**

*Maître de Conférences à l'UFR d'Odontologie de Lyon*

*Praticien-Hospitalier*

*Docteur en Chirurgie Dentaire*

*Docteur de l'Université Lyon I*

*Vice-Doyen à l'UFR d'Odontologie de Lyon*

Merci, d'avoir accepté de juger ce travail et d'être présente aujourd'hui.

Je vous remercie pour votre enseignement de qualité, vos conseils et votre disponibilité.

Au travers de cette thèse, je tiens à vous témoigner toute ma reconnaissance et mon estime.

A notre directeur et juge de cette thèse,

**Monsieur le Docteur Gilbert Viguié,**

*Maître de Conférences à l'UFR d'Odontologie de Lyon*

*Praticien-Hospitalier*

*Docteur en Chirurgie Dentaire*

*Docteur de l'Université Lyon I*

*Responsable de la sous-section Prothèses*

Je vous suis profondément reconnaissante d'avoir accepté de diriger cette thèse de me faire l'honneur de composer ce jury.

Je tiens à vous témoigner toute ma gratitude pour la richesse de votre enseignement, notamment clinique. Vos bons conseils, votre bienveillance et votre rigueur m'ont permis de développer mes compétences et ma confiance en moi.

Je vous remercie chaleureusement pour le privilège que vous m'avez fait en m'accompagnant dans ce travail !

A notre juge, membre invité,

**Monsieur le Docteur Marc Berdougou,**

*Docteur en chirurgie dentaire*

Mon maître de stage qui m'a ouvert les yeux sur la chirurgie implantaire.

Ce stage à vos côtés m'a permis de découvrir la beauté, la complexité et la technicité de cette discipline. J'ai beaucoup appris dans votre cabinet. Je retiens particulièrement que la rigueur d'une équipe aboutit à un travail d'une qualité remarquable.

Merci de m'avoir transmis votre passion, mon admiration pour votre pratique est devenue un moteur dans ma formation initiale que j'ambitionne d'élargir à d'autres spécialités.

Je tiens également à remercier l'ensemble des personnes du cabinet Lumière qui ont été d'une attention et d'une bienveillance exceptionnelles à mon égard (Roch, Maud, Sophie, Camille, Sarah, Maryline, Adeline, Céline, Marie, Zohra, Stéphanie, Alice, Valérie, Sonia, Caroline).

# **SOMMAIRE**

<i>Introduction</i> .....	<i>1</i>
<b>1. Gestion des suites opératoires en chirurgie implantaire avec soulevé de sinus</b> .....	<b>2</b>
1.1. La morbidité post-opératoire .....	2
1.1.1. La douleur .....	2
1.1.1.1. Définition .....	2
1.1.1.2. Mécanismes physiologiques de la douleur .....	3
1.1.1.3. Variabilité interindividuelle de la perception douloureuse .....	3
1.1.1.4. Variabilité intra-individuelle de la perception douloureuse .....	4
1.1.1.5. La douleur post-opératoire en chirurgie implantaire .....	4
1.1.1.5.1. Impact des modalités de réalisation de la chirurgie sur la douleur post-opératoire .....	6
1.1.1.5.2. Impact du type de soulevé de sinus sur la douleur post-opératoire .....	6
1.1.1.5.3. Impact des paramètres liés à l'implant sur la douleur post-opératoire .....	8
1.1.2. Les suites opératoires autres que la douleur .....	9
1.1.2.1. Infection post-opératoire .....	9
1.1.2.2. Œdème post-opératoire .....	10
1.1.2.3. Hématome et hémorragie post-opératoire .....	10
1.1.2.4. Trismus post-opératoire .....	10
1.2. Gestion de la douleur per-opératoire lors d'une chirurgie implantaire avec soulevé de sinus .....	11
1.2.1. L'anesthésie locale .....	11
1.2.2. Solution anesthésique et concentration en adrénaline .....	11
1.2.3. La sédation consciente .....	12
1.3. Information, consignes et prescriptions courantes en chirurgie implantaire avec soulevé de sinus	12
1.3.1. L'information .....	12
1.3.2. Consignes post-opératoires .....	13
1.3.3. Prescription post-opératoire en chirurgie implantaire avec soulevé de sinus .....	14
1.3.3.1. Prescription antibiotique .....	14
1.3.3.2. Prescription antalgique .....	15
1.3.3.3. Prescription antiseptique .....	16
<b>2. Low Level Light Therapy et suites opératoires</b> .....	<b>16</b>
2.1. Présentation du concept .....	16
2.2. Historique .....	17
2.3. Les paramètres de la LLLT .....	17
2.4. La source lumineuse .....	19
2.5. Effets moléculaires de la LLLT .....	19
2.5.1. La Cytochrome C Oxydase .....	19

2.5.2.	Les molécules de signalisation impliquées : l'adénosine triphosphate (ATP) .....	20
2.5.3.	Les molécules de signalisation impliquées : l'adénosine monophosphate cyclique (AMPC)....	21
2.5.4.	Les molécules de signalisation impliquées : le monoxyde d'azote (NO).....	21
2.5.5.	Les molécules de signalisation impliquées : les espèces réactives de l'oxygène (Reactive Oxygen Species : ERO ou ROS).....	22
2.5.6.	Les molécules de signalisation impliquées : le calcium (Ca <sup>2+</sup> ).....	23
2.5.7.	Les facteurs de transcription impliqués : le facteur de transcription nucléaire Kappa B (NF-κB) 23	
2.5.8.	Les facteurs de transcription impliqués : le RANKL.....	24
2.5.9.	Les facteurs de transcription impliqués : le Runx2.....	25
2.5.10.	Les molécules effectrices impliquées : le Transforming Growth Factor (TGF-β) .....	25
2.6.	Effets cellulaires de la LLLT .....	25
2.6.1.	L'effet anti-inflammatoire .....	25
2.6.2.	La cytoprotection .....	25
2.6.3.	La stimulation de la prolifération cellulaire.....	26
2.6.4.	La stimulation de la synthèse protéique.....	26
2.6.5.	La stimulation des cellules souches .....	27
2.7.	Effets tissulaires .....	27
2.7.1.	Au niveau musculaire .....	27
2.7.2.	Au niveau nerveux .....	28
2.7.3.	La cicatrisation (os, tendons, plaies).....	28
2.8.	Autres applications de la LLLT en chirurgie dentaire.....	28
2.8.1.	Amélioration de l'ostéointégration des implants dentaires.....	28
2.8.2.	Gestion de la douleur en chirurgie buccale et en endodontie .....	29
2.9.	La LLLT à haute fluence (high fluence-low power laser intensity : HF-LPLI).....	30
2.10.	Applications de la LLLT dans les autres domaines.....	30
2.11.	Contre-indications de la LLLT .....	31
2.12.	Les limites de la LLLT .....	31
<b>3.</b>	<b>Étude comparative des suites opératoires en chirurgie implantaire avec soulèvement de sinus : groupe LLLT VS groupe contrôle .....</b>	<b>32</b>
3.1.	Présentation de l'étude.....	32
3.2.	Patients et méthode .....	32
3.3.	Matériel utilisé .....	35
3.4.	Méthode d'évaluation des suites opératoires.....	37
3.5.	Résultats et discussion .....	37
	<b>Conclusion .....</b>	<b>41</b>
	<b>Annexe .....</b>	<b>42</b>
	<b>Bibliographie :.....</b>	<b>47</b>

# SOMMAIRE DES ILLUSTRATIONS

FIGURE 1 : SCHEMA DES VOIES DE SIGNALISATION RETROGRADES MITOCHONDRIALES ACTIVEES LORS DE LA LLLT (30). .....	20
FIGURE 2 : SCHEMA DE L'INFLUENCE TRANSCRIPTIONNELLE DES ROS SUR LA RESISTANCE AU STRESS ET LA DUREE DE VIE CELLULAIRE (39).....	22
FIGURE 3 : SCHEMA DES DIFFERENTS GROUPES DE GENES ET DE MOLECULES REpondANT A LA VOIE DE SIGNALISATION DU NF-κB ACTIVEE PAR LES ROS AU COURS DE LA LLLT (30). .....	24
FIGURE 4 : UTILISATION DE L'ATP38 (59). .....	35
FIGURE 5 : FICHE TECHNIQUE DE L'ATP38.....	36
FIGURE 6 : LES 7 INTERVALLES DE LONGUEURS D'ONDE UTILISES PAR L'ATP38 (60).....	37
FIGURE 7 : FICHE D'AUTO-EVALUATION DE LA DOULEUR POST-OPERATOIRE COMPORTANT LES EVA A 24H, 48H ET 72H POUR LES PATIENTS DU GROUPE CONTROLE. ....	42
FIGURE 8 : FICHE D'AUTO-EVALUATION DE LA DOULEUR POST-OPERATOIRE COMPORTANT LES EVA A 24H, 48H ET 72H POUR LES PATIENTS DU GROUPE ATP38. ....	43
GRAPHIQUE 1 : ÉVOLUTION TEMPORELLE DU POURCENTAGE DE PATIENTS PRESENTANT UNE DOULEUR ET UN ŒDEME SUITE A UNE CHIRURGIE IMPLANTAIRE (1).....	5
GRAPHIQUE 2 : ÉVOLUTION TEMPORELLE DU POURCENTAGE DE PATIENTS SUIVANT LEUR ORDONNANCE ANTIBIOTIQUE, ANTALGIQUE ET ANTISEPTIQUE APRES UNE CHIRURGIE IMPLANTAIRE (1). ....	5
GRAPHIQUE 3 :ÉVOLUTION TEMPORELLE DE LA DOULEUR APRES UNE CHIRURGIE IMPLANTAIRE SIMPLE, ASSOCIEE A UN SOULEVE DE SINUS, ASSOCIEE A UN DOUBLE SOULEVE DE SINUS (15). ....	7
GRAPHIQUE 4 : ÉVOLUTION TEMPORELLE DE LA DOULEUR POST-OPERATOIRE POUR DES IMPLANTS DE LONGUEUR >13MM ET <13MM.....	9
GRAPHIQUE 5 : ÉVOLUTION TEMPORELLE DE LA DOULEUR POST-OPERATOIRE POUR DES IMPLANTS DE DIAMETRE >4,5MM ET <4,5MM. ....	9
GRAPHIQUE 6 : EFFETS BIOLOGIQUES EN FONCTION DE LA FLUENCE SELON LA LOI D'ARNDT-SCHULTZ (33). ....	18
TABLEAU 1 : SCORES EVA MOYENS EN FONCTION DE LA DUREE DES CHIRURGIES (19).....	8
TABLEAU 2 : RECOMMANDATIONS DE PRESCRIPTION D'UNE ANTIBIOTHERAPIE PROPHYLACTIQUE POUR LES ACTES CHIRURGICAUX EN IMPLANTOLOGIE (25). ....	15
TABLEAU 3 : COMPARAISON DE LA DENSITE OSSEUSE MOYENNE AU NIVEAU DE 3 SITES PERI-IMPLANTAIRES EN FONCTION DU TEMPS ENTRE LE GROUPE LASER ET LE GROUPE CONTROLE (50).....	29

TABLEAU 4 : SCORES EVA MOYENS, ECARTS-TYPES ET P-VALUE A 24H, 48H ET 72H COMPARES ENTRE LES GROUPES LLLT ET CONTROLE.....	38
TABLEAU 5 : EVA A 12H, 24H, 48H ET 72H COMPAREE ENTRE LE GROUPE LASER ET LE GROUPE PLACEBO (62).....	40
TABLEAU 6 : RECUEIL DES DONNEES PATIENTS/TECHNIQUE CHIRURGICALE/IMPLANT DANS LE GROUPE LLLT. ....	44
TABLEAU 7 : RECUEIL DES DONNEES PATIENTS/TECHNIQUE CHIRURGICALE/IMPLANT DANS LE GROUPE CONTROLE. ....	45
TABLEAU 8 : RECUEIL DES SCORES EVA A 24H, 48H ET 72H CHEZ LES PATIENTS DU GROUPE ATP38. ....	46
TABLEAU 9 : RECUEIL DES SCORES EVA A 24H, 48H ET 72H CHEZ LES PATIENTS DU GROUPE CONTROLE. ....	46

## Introduction

L'homme se soucie de la réhabilitation des secteurs édentés depuis l'Antiquité, tant pour répondre à des impératifs esthétiques, fonctionnels que sociaux. Au cours de l'évolution, différentes techniques ont fleuri telles que les prothèses amovibles ou les prothèses fixes dento-portées. Plus récemment a été développé un nouveau concept : les prothèses dentaires implanto-portées. Ces prothèses stabilisées sur des implants endo-osseux ne sont apparues qu'au cours de la deuxième moitié du XXème siècle puisque ce n'est qu'en 1950 que le Professeur Per Ingvar Branemark découvre la biocompatibilité du titane et conçoit les premiers implants à la capacité d'ostéointégration. La pose d'implants, bien qu'elle soit actuellement rigoureusement enseignée sur le plan théorique et pratique, n'est toutefois pas une discipline simple et universellement applicable car elle fait face à certaines contre-indications et autres difficultés d'ordre général (qualité de l'os, état physiopathologique ou comportemental à risque d'échec) et local (risque nerveux, vasculaire, sinusien).

Lorsque le volume osseux maxillaire sous-sinusien est insuffisant pour y placer un implant de diamètre et de longueur garantissant la pérennité du projet prothétique implanto-porté, un geste d'accroissement de cet espace doit être associé à la pose de l'implant. Le soulevé de sinus, appelé également sinus-lift, consiste à soulever la membrane sinusienne afin de pouvoir loger un implant dans le volume aménagé, suivi ou non d'un comblement péri-implantaire par des matériaux d'origine naturelle ou synthétique, de forme et de granulométrie variables. Ce geste chirurgical supplémentaire à la pose d'implant constitue un facteur additionnel de douleur post-opératoire.

Outre les prescriptions et consignes post-opératoires usuelles remises au patient, de nouvelles stratégies sont développées dans l'optique d'une prise en charge plus efficace de cette morbidité post-interventionnelle.

La Low Level Laser Therapy (LLLT), ou thérapie par de faibles niveaux de lumière, également appelée photobiomodulation (PBM) ou photothérapie, est une technique qui limiterait la sévérité des complications post-opératoires par son effet antalgique, anti-inflammatoire, anti-œdème, anti-oxydant, stimulant de la cicatrisation gingivale et osseuse et de la régénération tissulaire et nerveuse.

C'est au moyen d'un essai clinique mené au cabinet dentaire Lumière de Lyon que nous avons pu comparer les suites douloureuses de chirurgies implantaire avec soulevé de sinus entre la prise en charge classique du patient et l'application de la photobiostimulation.

# 1. Gestion des suites opératoires en chirurgie implantaire avec soulevé de sinus

## 1.1. La morbidité post-opératoire

### 1.1.1. La douleur

#### 1.1.1.1. Définition

C'est en 1979 que l'Association Internationale pour l'Étude de la Douleur (IASP) propose la définition suivante : « la douleur est une expérience sensorielle et émotionnelle désagréable, associée à une lésion tissulaire réelle ou potentielle, ou décrite dans ces termes ».

Il s'agit d'un paramètre difficile tant à quantifier qu'à qualifier car elle se fie essentiellement au ressenti du patient et n'est pas systématiquement associée à une lésion (2). Le groupe de recherche européen de soins palliatifs s'accorde à dire qu'en clinique, le paramètre le plus pertinent pour évaluer la douleur est son intensité.

Pour cela, l'échelle visuelle analogique est l'outil de mesure le plus fréquemment utilisé. Graduée de 0 (absence de douleur) à 10 (pire douleur jamais ressentie) pour une longueur de 100mm, elle permet d'évaluer rapidement, simplement et de manière reproductible l'évolution de l'intensité douloureuse au cours du temps et donc d'apprécier l'efficacité des antalgiques prescrits.

Les limites de cet outil se trouvent cependant dans la valeur reportée : est-ce une moyenne sur un temps donné ou une valeur extrême ressentie au cours de la journée ? Y a-t-il un contexte psychologique pouvant moduler la perception douloureuse ? De plus, la douleur n'étant pas un phénomène linéaire, une douleur deux fois plus importante sur l'EVA n'est pas forcément deux fois plus sévère cliniquement. Aucun lien direct et universel n'est donc possible entre la valeur de l'EVA reportée et l'antalgique à prescrire (3). Enfin, l'établissement de seuils douloureux de prise en charge n'est pas établi de manière formelle puisque cette valeur du seuil de « douleur modérée » varie selon les études (3).

L'EVA se décline actuellement afin d'évaluer d'autres paramètres tels que l'œdème, les ecchymoses ou encore le saignement post-opératoire. Leur suivi permet ainsi d'apprécier l'efficacité de nos protocoles opératoires et post-opératoires.

### 1.1.1.2. Mécanismes physiologiques de la douleur

La douleur post-opératoire est une douleur aiguë par excès de nociception. Son apparition implique la présence d'une énergie mécanique, chimique ou thermique d'intensité supérieure ou égale au seuil d'activation du nocicepteur. Le message nociceptif ainsi généré transite ensuite le long de fibres nerveuses myélinisées (A $\delta$ ) ou amyéliniques (C) en direction cérébrale où il subit un traitement par les structures dites supra-spinales qui transmettent, traitent les informations et entraînent une réponse à cet influx (4).

### 1.1.1.3. Variabilité interindividuelle de la perception douloureuse

Il est reconnu qu'une même agression, à l'origine d'une même lésion anatomique apparente, peut induire des perceptions douloureuses et avoir des conséquences fonctionnelles différentes selon les patients.

En effet, le seuil d'activation des nocicepteurs et le traitement de l'influx nerveux dans les structures supra-spinales sont propres à chacun (5).

Par ailleurs, les structures supra-spinales impliquées dans le traitement de la douleur sont différentes selon qu'il s'agisse d'une douleur aiguë ou chronique (5). La prise en charge de la douleur dépend donc de sa nature :

- Une douleur aiguë sera mieux gérée par des antalgiques à effet anti-inflammatoire et dérivés morphiniques.
- Une douleur chronique aura une prise en charge plus complexe à base de traitements antidépresseurs ou antiépileptiques (5).

Aucun consensus n'est actuellement établi concernant la variabilité de perception douloureuse selon le sexe. Tandis que certaines études n'identifient aucune différence entre les hommes et les femmes (6), d'autres suggèrent que le seuil de tolérance à la douleur serait inférieur chez les femmes (7). Il semblerait par ailleurs que la perception douloureuse diminue avec l'âge (6).

D'autre part, la littérature n'est pas suffisamment exhaustive pour établir un lien certain et direct entre la consommation de tabac et un éventuel impact sur la perception douloureuse (8). Le patient tabagique serait toutefois plus à risque de douleurs post-opératoires du fait de la lenteur de la cicatrisation tissulaire et du risque infectieux majoré au niveau de la plaie. Par ailleurs, un patient récemment sevré serait plus sujet aux douleurs puisque son état psychique est plus instable.

La biologie du patient joue aussi un rôle : des carences vitaminiques (notamment la vitamine D3 et C) nuiraient à la réussite implantaire (9). La littérature manque cependant encore de preuves pour conclure sur l'importance de ces vitamines dans la prise en charge de la douleur post-opératoire en chirurgie implantaire (10).

#### 1.1.1.4. Variabilité intra-individuelle de la perception douloureuse

L'état psychologique modulerait la perception douloureuse des sujets (11)(12). En effet, pour une même stimulation sensorielle, le seuil de tolérance de la douleur serait abaissé dans un contexte émotionnel négatif ou induisant une impression de durée de la stimulation prolongée (13).

Il est par ailleurs démontré que les patients souffrant de douleurs chroniques telles que les stomatodynies présentent plus fréquemment des facteurs psychopathologiques (anxiété, hypocondrie, dépression) par rapport à la population générale (3).

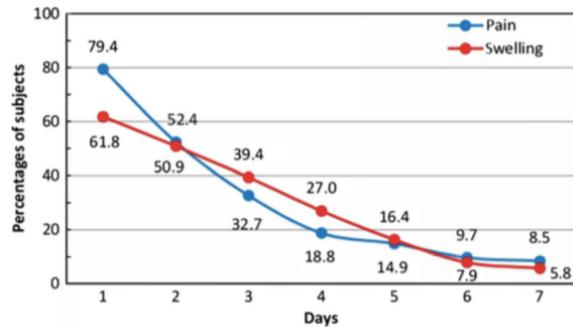
Dans le cadre de la chirurgie implantaire, de hauts niveaux d'anxiété sont reportés (14). Cette appréhension découlant souvent d'un stress, de la fatigue ou du souvenir d'une expérience antérieure douloureuse accentue la perception douloureuse (1), c'est pourquoi de nombreuses stratégies sont développées telles que les traitements antalgiques placebo, l'hypnose, la distraction d'attention mais aussi la conception de cabinets agréables, aux tons colorés et au mobilier chaleureux afin d'instaurer une sensation de confort chez le patient.

Paradoxalement, l'apport d'informations sur les sensations per-opératoires et la procédure interventionnelle semble réduire l'anxiété du patient (14).

#### 1.1.1.5. La douleur post-opératoire en chirurgie implantaire

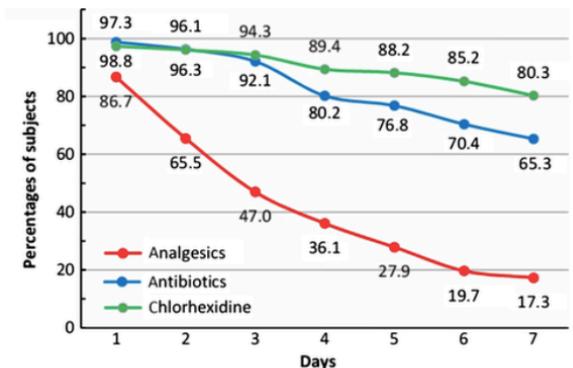
Les douleurs décrites dans l'ensemble des études s'intéressant aux chirurgies implantaires ne sont que faibles à modérées et éphémères, d'une durée moyenne de deux jours. Certaines études rapportent même une absence de douleur post-opératoire dans le cadre d'une prise en charge antalgique adéquate (selon C. Mey, 70% des patients décrivent une douleur =0 (1)).

Cette douleur, stéréotypée dans son évolution, diminue régulièrement dès les premiers jours de convalescence. Deux fois moins importante dès le deuxième jour post-opératoire, elle s'atténue jusqu'à disparaître complètement en moins d'une semaine (15). Une augmentation de l'intensité douloureuse constitue donc un signal d'alarme pouvant traduire la présence d'une complication sur le site opératoire.



Graphique 1 : Évolution temporelle du pourcentage de patients présentant une douleur et un œdème suite à une chirurgie implantaire (1)

A l'image de l'évolution de la douleur, le suivi de la prescription antalgique suit la même dynamique en termes de dose et de durée : le traitement est généralement interrompu dès le deuxième jour post-opératoire pour les gestes simples et au troisième jour pour les chirurgies plus complexes (1).



\* n = 330 for analgesics and chlorhexidine; n = 236 for antibiotics

Graphique 2 : Évolution temporelle du pourcentage de patients suivant leur ordonnance antibiotique, antalgique et antiseptique après une chirurgie implantaire (1).

Par ailleurs, la perte précoce d'un implant n'est pas associée à des douleurs significativement supérieures à celles pour un implant ostéointégré avec succès (15).

Au-delà de la douleur, c'est plutôt l'inconfort per-opératoire lié au goût amer de l'anesthésie, à la grande quantité d'eau endo-buccale ou encore au maintien prolongé de l'ouverture buccale que les patients relatent (14).

#### 1.1.1.5.1. Impact des modalités de réalisation de la chirurgie sur la douleur post-opératoire

Il est admis qu'une chirurgie implantaire simple donnera des suites opératoires légères tandis qu'une chirurgie plus invasive (une pose d'implant associée à un soulevé de sinus ou une régénération osseuse) présentera statistiquement plus de morbidités post-opératoires.

Il semblerait en effet que l'extension du site opératoire amplifie les douleurs post-opératoires : pour une chirurgie « open flap » (avec lambeau), plus l'exposition osseuse est de grande étendue, plus les suites opératoires seront douloureuses du fait de l'inflammation locale (16). Il faudrait donc limiter les dimensions du lambeau à ce qui est suffisant pour avoir un bon accès visuel et instrumental au site opératoire (17). Il a par ailleurs été démontré que les chirurgies « flapless » (sans soulevé de lambeau), pour lesquelles seul le tissu épithélio-conjonctif en regard du site de forage d'un diamètre proche de celui de l'implant est retiré au moyen d'un punch, ont des suites moins douloureuses que les chirurgies « openflap » (17).

D'autre part, la limitation des incisions de décharge est de mise afin de limiter les complications : ces tracés d'incision supplémentaires constituent des foyers douloureux au moment de la cicatrisation et une potentielle porte d'entrée pour les micro-organismes (17).

Il est aussi reporté qu'une régénération osseuse associée à la pose de l'implant serait à l'origine d'une amplification de l'intensité des douleurs post-opératoires ainsi que de leur durée.

Quant à l'anesthésie locale, l'injection d'une quantité abusive de solution augmenterait les douleurs et l'œdème post-opératoires par distension locale des tissus et une vasoconstriction excessive pour les solutions adrénalinées.

Le lien entre le traumatisme tissulaire et l'intensité douloureuse implique que l'expérience du chirurgien impacte sur les suites opératoires (15). Sa dextérité pèse notamment sur la qualité du forage (échauffement osseux, proximité entre la zone de forage et les structures anatomiques nerveuses), l'insertion de l'implant et la durée de l'intervention. En découlent des douleurs post-opératoires proportionnelles.

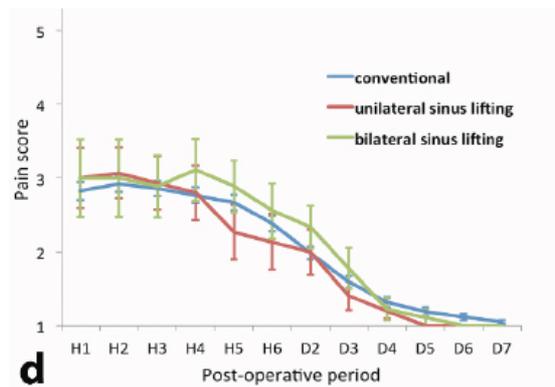
#### 1.1.1.5.2. Impact du type de soulevé de sinus sur la douleur post-opératoire

Deux techniques de soulevé de sinus s'opposent : l'ostéotomie par voie crestale et l'ostéotomie par fenêtre latérale.

- L'ostéotomie par voie crestale consiste à impacter avec un ostéome la crête osseuse et par conséquent la membrane sinusienne directement par voie crestale.
- L'ostéotomie par fenêtre latérale se définit par la réalisation au piezotome ou à la fraise boule à os d'une fenêtre osseuse sur le versant vestibulaire de la crête osseuse. Cette fenêtre permet l'accès sinusien au décolleur pour soulever délicatement la membrane de Schneider. A l'issue du geste, la fenêtre est soit repositionnée, soit remplacée par une membrane ou une éponge de collagène.

Les suites opératoires entre une pose d'implant associée à un sinus lift seraient différentes selon la technique employée (18). En effet, mise à part une douleur d'intensité supérieure le jour de la chirurgie, la morbidité semble inférieure pour l'ostéotomie par voie crestale. Les sinus lifts par fenêtre latérale auraient une incidence plus importante de douleurs, d'œdèmes, d'hématomes, de trismus, d'obstructions et saignements nasaux du fait de la durée d'intervention majorée (supérieures à 60 minutes), la réalisation quasiment systématique d'incisions de décharge et la plus grande incidence de perforation de la membrane sinusienne avec cette technique (17,9% contre 7,4% pour les ostéotomies par voie crestale (18)).

Cependant, il reste admis que le soulevé de sinus en lui-même n'augmente pas significativement l'intensité douloureuse dans le cadre d'une chirurgie implantaire (15). Ce sont plus la durée et la complexité du geste associées à l'anxiété croissante du patient et à l'hypoxie tissulaire prolongée qui l'augmentent. Ceci explique ainsi que les doubles sinus lifts soient significativement plus douloureux qu'un simple soulevé de sinus lors des trois premiers jours post-opératoires (15).



Graphique 3 : Évolution temporelle de la douleur après une chirurgie implantaire simple, associée à un soulevé de sinus, associée à un double soulevé de sinus (15).

Au-delà de la douleur post-opératoire, l'œdème et les ecchymoses sont aussi significativement plus importants pour une intervention supérieure à 60 minutes.

VAS scores by surgery duration Median (IQR)				
PROM parameter	Day	< 60 min. (N = 319)	≥60 min. (N = 138)	Wilcoxon–Mann–Whitney test p-value
Bleeding	0	1.1 (3.0)	2.0 (3.0)	0.18
	3	0.0 (0.1)	0.0 (0.1)	0.08
	5	0.0 (0.0)	0.0 (0.1)	0.05
	7	0.0 (0.0)	0.0 (0.0)	0.15
Swelling	0	2.0 (3.0)	2.6 (3.4)	<b>0.0006</b>
	3	0.4 (2.0)	2.0 (3.5)	<b>&lt;0.0001</b>
	5	0.0 (1.0)	1.0 (2.0)	<b>&lt;0.0001</b>
	7	0.0 (0.0)	0.0 (1.0)	<b>&lt;0.0001</b>
Pain	0	2.0 (3.0)	3.0 (3.8)	0.18
	3	0.7 (2.0)	1.0 (3.0)	<b>0.01</b>
	5	0.0 (1.0)	0.6 (1.1)	<b>0.0001</b>
	7	0.0 (0.3)	0.0 (1.0)	<b>0.0036</b>
Bruising	0	0.1 (2.0)	1.0 (3.0)	<b>0.005</b>
	3	0.0 (1.0)	0.1 (2.5)	<b>0.0003</b>
	5	0.0 (0.0)	0.0 (1.0)	<b>&lt;0.0001</b>
	7	0.0 (0.0)	0.0 (0.4)	<b>0.0002</b>

PROM, patient-reported outcome measures; VAS, Visual Analogue Scales. Level of significance = 0.05.

Values in bold are statistically significant.

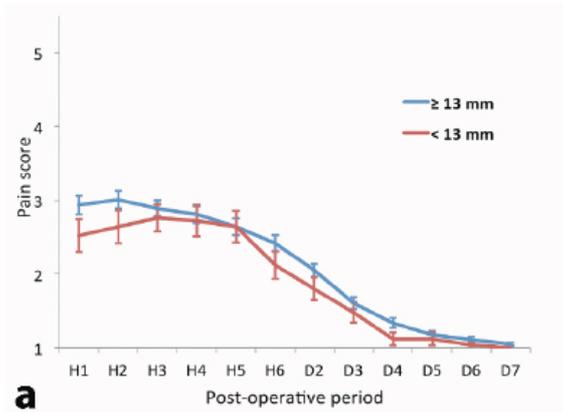
*Tableau 1 : Scores EVA moyens en fonction de la durée des chirurgies (19).*

#### 1.1.1.5.3. Impact des paramètres liés à l'implant sur la douleur post-opératoire

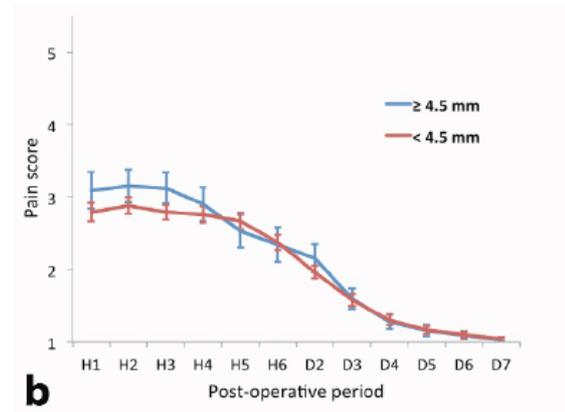
Plus un implant est situé proche de structures anatomiques critiques (de type Nerf Alvéolaire Inférieur), plus il y a de risques de douleurs intenses post-opératoires par lésion nerveuse. Son diamètre et sa longueur sont donc à déterminer en fonction de la situation clinique et anatomique.

Les dimensions de l'implant en elles-mêmes ne semblent pas impacter sur la douleur post-opératoire puisque l'on n'observe aucune différence statistiquement significative entre la douleur post-opératoire pour un implant long (>13mm) et celle pour un implant plus court (<13mm) (15).

Le constat est le même entre les implants larges supérieurs à 4,5mm de diamètre et les plus étroits ( $\varnothing < 4,5\text{mm}$ ). La douleur diminue cependant plus rapidement pour les implants longs (une réduction statistiquement significative de la douleur s'observe en 5 heures pour un implant long contre 2 jours pour un implant court) et larges (réduction statistiquement significative de la douleur en 5 heures pour un implant large contre 6 heures pour un implant étroit) (15).



*Graphique 4 : Évolution temporelle de la douleur post-opératoire pour des implants de longueur >13mm et <13mm.*



*Graphique 5 : Évolution temporelle de la douleur post-opératoire pour des implants de diamètre >4,5mm et <4,5mm.*

Certains designs implantaires prolongeraient la perception douloureuse post-opératoire mais n'impacteraient pas son intensité.

Des variations de perception douloureuse sont relevées d'une marque à une autre. Il est cependant difficile d'établir un lien de causalité évident car de nombreux autres facteurs sont à considérer concernant l'implant, la chirurgie en elle-même et le patient.

Le torque appliqué à l'implant et sa stabilité primaire auraient aussi un impact sur la perception douloureuse mais la littérature n'est actuellement pas assez exhaustive pour en tirer des conclusions.

### 1.1.2. Les suites opératoires autres que la douleur

#### 1.1.2.1. Infection post-opératoire

La chirurgie implantaire est encadrée par des protocoles rigoureux permettant d'atteindre des taux de succès importants associés à une faible incidence d'infections post-opératoires. Cependant, aucune réglementation concernant le signalement obligatoire ou la surveillance des infections liées au geste n'est en vigueur pour évaluer la fréquence de cette complication.

Ces complications infectieuses peuvent être locales ou loco-régionales en fonction de la zone anatomique en rapport avec l'implant (sinus) voire se disséminer dans l'organisme avec des répercussions d'ordre régional voire général.

Elles se manifestent généralement par des douleurs persistantes au niveau du site d'intervention, une muqueuse péri-implantaire inflammatoire, un défaut de stabilité primaire de l'implant pouvant s'accompagner d'un écoulement purulent. Rarement, les lymphonœuds sub-mandibulaires peuvent s'avérer douloureux à la palpation et exceptionnellement le patient peut présenter un fébricule.

En cas de survenue d'une infection post-opératoire, une prescription antibiotique est indiquée, complétée d'une révision du site opératoire.

#### 1.1.2.2. Œdème post-opératoire

La souffrance tissulaire induite par la chirurgie se manifeste en post-opératoire par une réaction inflammatoire à visée protectrice de l'organisme caractérisée par la Tétrade de Celse (douleur, rougeur, chaleur, œdème).

L'œdème est une expansion anormale du compartiment interstitiel du milieu extracellulaire par une sortie accrue de sérum vers les tissus.

La zone gonflée est dure, tendue, douloureuse par compression des structures nerveuses adjacentes, prenant le godet à la palpation et associée à une gêne fonctionnelle et une hyperthermie locale.

En chirurgie buccale, l'œdème dure en moyenne deux jours et est corrélé à l'intensité douloureuse, la durée de la chirurgie et au volume de solution anesthésique injecté pour le geste ; c'est pourquoi il est plus fréquemment observé pour les chirurgies complexes et celles au cours desquelles une régénération osseuse a été réalisée.

#### 1.1.2.3. Hématome et hémorragie post-opératoire

Un hématome peut être observé les jours suivant la pose d'implant. Il s'agit d'un épanchement de sang se collectant dans un tissu jusqu'à former une poche suite à la déchirure provoquée ou spontanée d'un vaisseau. Les tissus envahis par le sang rougissent puis bleuissent pour ensuite se drainer spontanément en quelques jours.

Quant aux hémorragies, elles sont principalement reportées les lendemains de chirurgie avec une incidence plus élevée pour les chirurgies complexes (1). De nature bénigne la plupart du temps, elles sont attribuées à la chute ou la destruction du caillot et se manifestent par un saignement endo-buccal au niveau de la plaie.

#### 1.1.2.4. Trismus post-opératoire

Le trismus se définit par une limitation transitoire partielle à totale de l'ouverture buccale (amplitude d'ouverture inférieure à 35mm chez l'adulte) due à une constriction des muscles élévateurs de la mandibule, se résolvant spontanément en une à deux semaines.

Ce spasme musculaire peut être réflexe en réponse à l'agression tissulaire subie ou à l'ouverture buccale prolongée lors du geste ou lié à une lésion iatrogène du nerf alvéolaire inférieur. Outre l'inconfort dans la phonation, le trismus constitue un obstacle à l'examen endo-buccal, la mastication et le contrôle de plaque. Le patient doit être informé de son risque d'apparition et appliquer du froid afin d'accélérer sa régression (20).

## 1.2. Gestion de la douleur per-opératoire lors d'une chirurgie implantaire avec soulevé de sinus

Le confort per-opératoire du patient constitue un des impératifs majeurs de la pratique du chirurgien-dentiste. Ce bien-être passe par la réalisation de l'anesthésie qui se définit comme l'abolition de la sensibilité nociceptive par l'emploi de molécules anesthésiantes.

Ce geste n'étant pas anodin, le choix de la solution anesthésique employée et de la technique d'injection sont guidés par plusieurs paramètres.

### 1.2.1. L'anesthésie locale

Les anesthésies les plus longues et les plus profondes sont obtenues par les anesthésies loco-régionales (ALR). Cependant, pour les poses d'implants avec soulevé de sinus, l'anesthésie para-apicale est suffisante pour obtenir le silence clinique lors du geste. La solution employée pouvant être fortement adrénalinée, elle participe à l'hémostase locale en étant injectée au fond du vestibule du site d'intervention avec un rappel en palatin.

### 1.2.2. Solution anesthésique et concentration en adrénaline

L'état inflammatoire du site d'intervention oriente le choix du taux d'adrénaline dans la solution anesthésique.

Pour un site asymptomatique, une solution d'Articaïne avec une dilution d'adrénaline à 1/200000 assure le silence clinique et évite une trop forte vasoconstriction locale. A l'inverse sur un site inflammatoire, la dilution trop rapide de l'anesthésiant est évitée en employant une solution diluée à 1/100000. L'anesthésie obtenue est alors plus longue et plus profonde mais cette forte concentration ne constitue pas un gage de réussite si l'injection est défectueuse tant en termes de localisation que de technique d'administration.

La quantité initiale de solution anesthésique injectée doit être suffisante pour couvrir la durée du geste. Elle est donc proportionnelle à la durée de l'intervention.

### 1.2.3. La sédation consciente

L'anesthésie générale est employée en chirurgie afin de limiter le traumatisme psychologique per-opératoire du patient et d'optimiser les conditions de réalisation du geste pour le praticien. La chirurgie implantaire n'en relève pas systématiquement car ce type de procédure implique un coût financier et matériel conséquent ainsi que des risques liés à l'administration de drogues puissantes nécessaires à l'endormissement complet du patient.

En alternative à l'anesthésie générale, la sédation consciente se développe de plus en plus en milieu hospitalier mais aussi en cabinet libéral. Elle consiste à administrer une drogue psychotrope au patient par inhalation (le mélange équimolaire oxygène – protoxyde d'azote : MEOPA) ou par voie parentérale via l'injection de Benzodiazépines.

L'objectif de cette technique est d'obtenir une dépression du système nerveux central permettant l'exécution des soins, tout en conservant un contact verbal avec le patient. Celui-ci reste conscient, conserve ses réflexes de protection mais son anxiété est masquée, réduisant ainsi sa perception douloureuse (8).

Cette pratique offre la capacité de prendre en charge des patients phobiques, pour des soins longs et traumatisants. La durée de couverture est cependant inférieure à celle de l'anesthésie générale puisque la dose de Midazolam injectée est limitée (21) et le patient n'étant pas complètement inerte, le chirurgien peut être gêné dans son geste.

Malgré une pertinence évidente de la sédation consciente, celle-ci ne peut se substituer à l'anesthésie générale pour toute chirurgie buccale ; la durée, la difficulté du geste et l'état d'anxiété du patient sont les principaux facteurs décisionnels du protocole de sédation (21).

## 1.3. Information, consignes et prescriptions courantes en chirurgie implantaire avec soulevé de sinus

### 1.3.1. L'information

L'information fournie au patient en chirurgie implantaire doit être complète et suffisamment claire pour s'assurer de sa bonne compréhension. A la lumière de l'ensemble des données sur les bénéfices recherchés, les risques liés au geste, l'évolution de son état en cas de refus de la chirurgie et le geste prévu, le patient peut signer librement son consentement aux soins après un délai de réflexion lui permettant de se rétracter ou de demander un autre avis (22).

### 1.3.2. Consignes post-opératoires

Afin d'assurer la réussite du traitement et le confort du patient, celui-ci doit suivre rigoureusement une liste de consignes post-opératoires. Ces conseils sont donnés avant l'intervention oralement, avec un rappel écrit. Ils sont répétés immédiatement après le geste en s'assurant de la bonne compréhension du patient.

Les douleurs post-opératoires étant généralement faibles, leur meilleure prise en charge passe par la prise préventive d'antalgiques et le respect de cette prescription au moins le premier jour suivant l'intervention.

L'application de glace 15 minutes par heure participe à la réduction de l'œdème. Il disparaît en moyenne en 72 heures.

Un saignement post-opératoire doit pouvoir être facilement maîtrisé par la morsure d'une compresse de gaze plus ou moins imbibée d'acide tranexamique pendant 10 minutes. Afin d'éviter toute hémorragie, aucune manœuvre brusque ne doit être entreprise telle que des gargarismes ou cracher et le patient ne doit ni manger ni boire trop chaud au cours des 48 premières heures.

L'apparition d'ecchymoses, même à distance est possible et peut être anticipée en amont de la chirurgie, si le patient nous précise sa sensibilité à faire des hématomes par une prescription d'acide tranexamique.

Il est proscrit de manger sur le site opératoire le temps de l'ostéo-intégration de l'implant et les aliments seront la première semaine, mous. Le port de la prothèse amovible est proscrit pour 10 jours. Le patient doit éviter de dévoiler les fils de sutures les premiers jours suivant l'intervention.

Le sport est temporairement proscrit afin de ne pas risquer un traumatisme tissulaire par hypertension locale liée à une fréquence cardiaque trop élevée.

Le tabac est interdit pendant au moins trois jours au risque d'observer un retard de cicatrisation associé à un risque d'infection majoré au niveau du site (23).

L'hygiène bucco-dentaire est impérative. Après chaque repas, le brossage dentaire est complété d'un bain de bouche antiseptique pendant une semaine.

Les fils de sutures non résorbables seront déposés 8 à 10 jours plus tard. Quant aux fils résorbables, ceux-ci tombent spontanément en une dizaine de jours.

Après un soulèvement de sinus, le patient doit éviter toute Manœuvre de Valsalva que l'on rencontre lors de l'utilisation de pailles, un mouchage poussé (il peut être repris à partir du quatorzième jour post-opératoire) ou d'un éternuement bouche fermée. Il ne doit pas non plus subir de grandes variations de pression le temps de l'ostéo-intégration de l'implant (plongée, avion...).

Si une sinusite se déclenche, le patient doit joindre le cabinet dentaire afin d'adapter la prescription antibiotique.

### 1.3.3. Prescription post-opératoire en chirurgie implantaire avec soulevé de sinus

Lors de la consultation pré-opératoire, le patient reçoit son ordonnance qui, pour certains médicaments, peut débiter avant l'intervention.

#### 1.3.3.1. Prescription antibiotique

En chirurgie implantaire, l'antibioprophylaxie est souvent discutée en confrontant la lutte contre la survenue d'une éventuelle infection à la surconsommation d'antibiotique à l'origine de résistances bactériennes.

La revue Cochrane révèle qu'une prise unique de 2g d'Amoxicilline une heure avant l'intervention réduirait jusqu'à 67% le risque d'échec de la pose d'implant (24). Les recommandations de l'AFSSAPS s'accordent sur une antibioprophylaxie systématique pour la population générale lors d'une pose d'implant avec soulevé de sinus, associée à une greffe en onlay ou avec mise en place d'une membrane ou d'un matériau de comblement (25). Une chirurgie implantaire simple ne requiert cependant pas d'antibioprophylaxie, sauf chez les patients immunodéprimés pour qui le rapport bénéfique/risque aura été évalué avant de poser l'indication de la chirurgie. La chirurgie implantaire est en revanche contre-indiquée dans sa globalité pour tous les patients à haut risque d'endocardite infectieuse.

Quant à la couverture antibiotique prophylactique la première semaine post-opératoire, aucun bénéfice majeur n'est reporté tant en termes d'infection précoce que tardive (26). Cette antibiothérapie de précaution systématique n'est donc pas justifiée en chirurgie implantaire courante.

Quelle que soit la stratégie médicamenteuse employée pour pallier le risque infectieux, une hygiène bucco-dentaire irréprochable pré et post-opératoire est nécessaire afin de limiter la bactériémie per-opératoire et la colonisation secondaire du site interventionnel.

Actes bucco-dentaires invasifs	Patient		
	population générale	immunodéprimé	à haut risque d'endocardite infectieuse
<b>Chirurgie préimplantaire :</b>			
Élévation du plancher sinusien avec ou sans matériau de comblement	R	R*	acte contre-indiqué
Greffe osseuse en onlay	R <sub>c</sub>	R*	acte contre-indiqué
Membrane de régénération osseuse ou matériau de comblement	R	R*	acte contre-indiqué
<b>Chirurgie implantaire :</b>			
Pose de l'implant	-	R*	acte contre-indiqué
Dégagement de l'implant	-	R*	acte contre-indiqué
<b>Chirurgie des péri-implantites :</b>			
Lambeau d'accès, comblement, greffe osseuse, membrane	-	R*	acte contre-indiqué

-: prescription non recommandée.

R: prescription recommandée.

En indice: grade de la recommandation. Si celui-ci n'est pas indiqué, comprendre « Accord professionnel ».

\* Chez le patient immunodéprimé, le rapport entre bénéfice de l'intervention et risque infectieux devra être pris en compte.

Tableau 2 : *Recommandations de prescription d'une antibiothérapie prophylactique pour les actes chirurgicaux en implantologie (25).*

### 1.3.3.2. Prescription antalgique

Pour pallier aux douleurs post-opératoires, la prescription antalgique s'oriente majoritairement vers des antalgiques de niveau 1 pour des chirurgies simples et des associations d'antalgiques avec des antalgiques de palier 2 pour les gestes plus complexes.

Le Paracétamol, chef de file des antalgiques de niveau 1, est un principe actif ayant une action antalgique et antipyrétique. Très largement prescrit y compris chez la femme enceinte et l'enfant, il présente peu de contre-indications (mises à part des atteintes sévères du foie) et est donc administré à une posologie de 1g toutes les 6 heures chez l'adulte. N'ayant pas d'action anti-inflammatoire, il se révèle insuffisant pour traiter les douleurs « modérées à intenses » d'origine inflammatoire rencontrées dans les chirurgies implantaires plus complexes (27). Pour ces situations, on lui préfère les anti-inflammatoires non stéroïdiens (AINS) ou des opioïdes faibles (antalgiques de niveau 2) seuls ou lui étant associés.

Parmi les AINS, seuls les Propioniques et Fénamates ont une AMM pour la prise en charge des douleurs post-opératoires. Ceci explique que l'on ne rencontre que l'Ibuprofène dans les ordonnances à visée antalgique, sans que cet anti-inflammatoire n'ait pour autant démontré sa supériorité au Paracétamol dans la gestion de l'œdème, du trismus ou encore de l'hématome. Avec leurs nombreux effets indésirables, notamment en termes de risques infectieux ou digestifs, les AINS sont contre-indiqués à partir du sixième mois de grossesse, déconseillés lors des 6 premiers mois et ne doivent être pris qu'en cure courte de 3 à 5 jours à raison de 400mg toutes les 8 heures.

Lorsque des antalgiques de niveau 2 sont nécessaires, la prescription s'oriente vers deux principes actifs d'effet analgésique central : le Tramadol ou la Codéine.

Le Tramadol, dont l'efficacité est due à la synergie d'un effet opioïde et d'un effet monoaminergique central, a une efficacité dose-dépendante, tout comme ses effets indésirables tels que des nausées, des vertiges et de la somnolence. Il peut être prescrit seul ou en association avec du Paracétamol selon une posologie de 50 à 100mg toutes les 6 heures sans dépasser 400mg par 24 heures.

Son alternative est la Codéine. Dérivé morphinique d'action et d'effets indésirables similaires mais atténués par rapport à l'alcaloïde principal de l'opium (nausées, constipation, allergie et dépendance), elle est systématiquement associée au Paracétamol. Ce traitement sera indiqué en cas d'intolérance ou de contre-indication des AINS, offrant une analgésie équivalente s'il est prescrit aux doses efficaces de 30 à 60mg toutes les 6 heures sans dépasser 180mg par 24 heures.

Les corticoïdes (anti-inflammatoires stéroïdiens : AIS) ne sont pas indiqués dans la prise en charge de la douleur et sont contre-indiqués en association avec les AINS. Ils sont cependant efficaces dans la lutte contre l'œdème lorsque le geste s'avère traumatisant au niveau osseux (comme pour le soulevé de sinus) c'est pourquoi ils sont prescrits le matin du sinus lift et pendant les 3 matins suivants à raison d'1mg/kg/jour.

### 1.3.3.3. Prescription antiseptique

Les bains de bouche antiseptiques sont indiqués dans le traitement local d'appoint des infections buccales et pour les soins post-opératoires en stomatologie.

Seules les spécialités à base de Chlorhexidine ont un intérêt dans la prise en charge de ces indications puisque ce biguanide cationique est un antiseptique puissant à large spectre, actif contre les Gram+, Gram-, les anaérobies, les aérobies et les levures. Étant donné son caractère délétère sur la flore mais aussi les muqueuses, la Chlorhexidine ne doit être prise qu'en cure de 7 jours afin d'éviter toute dysgueusie ou coloration dentaire, linguale ou gingivale (28). A débiter 48 heures après l'intervention, ces bains de bouche sont à faire 2 à 3 fois par jour après le brossage dentaire dont ils sont complémentaires, ils ne le remplacent pas (29).

## 2. Low Level Light Therapy et suites opératoires

### 2.1. Présentation du concept

La Low Level Light Therapy est une médecine alternative non pharmacologique consistant à appliquer une lumière de faible puissance via un laser ou une diode électroluminescente (LED) à la surface du corps afin de stimuler le métabolisme cellulaire sans effet indésirable notable.

Le rayonnement étant de faible intensité (puissance inférieure à 500mW en général mais pouvant varier selon le tissu concerné), il ne coupe pas et n'induit pas de changement dans la structure du tissu ni de hausse de température (30).

Contrairement à la thérapie photodynamique (photodynamic therapy : PDT), la photothérapie agit sans l'administration de chromophore exogène excité secondairement par le rayonnement pour produire des radicaux libres de l'oxygène (ROS).

## 2.2. Historique

L'apparition de la LLLT est récente puisqu'elle date de 1967 et est relativement fortuite. C'est au cours d'une expérience visant à démontrer l'efficacité du laser de haute intensité sur le traitement des tumeurs chez les rats que le Docteur Endre Mester a découvert l'intérêt de la lumière de faible puissance (31). Son laser rubis de bonne longueur d'onde (694nm) mais de puissance insuffisante ne permit pas de traiter la tumeur inoculée aux rats mais la repousse de leurs poils ainsi que la cicatrisation de leur plaie furent significativement plus rapides que pour les rats contrôles. Appelant cet effet la « laser biostimulation », il renouvela ultérieurement l'expérience avec un laser hélium-néon (HeNe) de longueur d'onde 632nm dans le but de stimuler la cicatrisation des blessures d'abord chez les animaux, puis lors d'essais cliniques. Les résultats furent concluants (30).

D'autres études furent ensuite menées sur l'effet analgésique de la photothérapie. Les résultats se révélèrent prometteurs. Ainsi, on affirme aujourd'hui que l'application unique d'un rayonnement pendant 30 à 60 secondes en pré-opératoire est suffisante pour obtenir un effet analgésique. A l'inverse, plusieurs sessions de LLLT sont nécessaires dans la prise en charge des douleurs chroniques ou de certaines pathologies dégénératives.

Durant des décennies la lumière cohérente monochromatique du laser était le seul outil thérapeutique en photobiostimulation mais il a récemment été prouvé que les sources lumineuses non cohérentes telles que les LEDs sont tout aussi efficaces.

## 2.3. Les paramètres de la LLLT

La lumière utilisée en LLLT se situe dans le rouge et le proche infra-rouge avec une longueur d'onde comprise dans les intervalles 600-700nm et 780-1100nm.

L'intervalle entre 700 et 780nm n'est pas exploité car ces longueurs d'ondes coïncident avec un creux dans le spectre d'absorption de la Cytochrome C Oxydase.

D'ailleurs, si la photothérapie utilise le rouge et le proche infrarouge, c'est parce que la pénétration tissulaire de ces longueurs d'onde est maximale tandis que leur diffusion et absorption tissulaire sont faibles. Des longueurs d'ondes plus faibles allant de 390 à 600nm seraient donc plus intéressantes pour traiter les tissus plus superficiels.

La densité de puissance du laser ou des LEDs est comprise entre  $5\text{mWcm}^{-2}$  et  $50\text{mWcm}^{-2}$  pour sa fonction stimulante de la cicatrisation tandis qu'une irradiance supérieure (jusqu'à  $5\text{Wcm}^{-2}$ ) contribue à l'inhibition nerveuse à visée antalgique (32).

La puissance de sortie varie de 10mW à 500mW de manière adaptative afin d'éviter tout effet thermique.

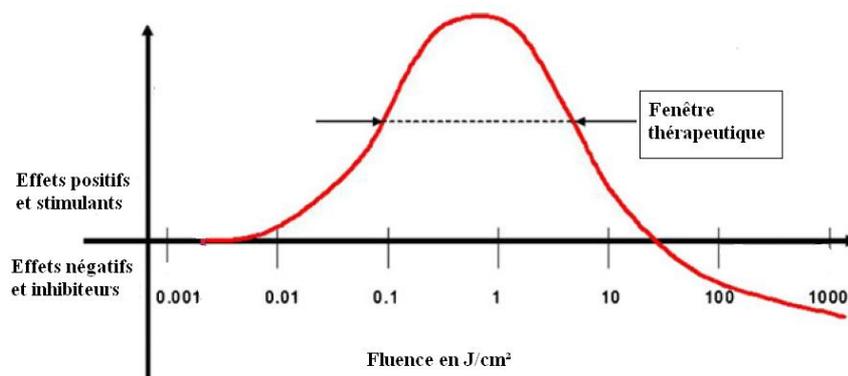
Les fluences utilisées sont généralement faibles, entre  $0,05$  et  $50\text{J.cm}^{-2}$ .

La lumière projetée peut être une onde continue ou une impulsion lumineuse.

Les paramètres décrits précédemment sont importants à respecter car la réponse cellulaire au rayonnement reçu peut s'avérer nulle voire indésirable : elle suit la courbe biphasique dose-réponse de l'hormèse.

L'hormèse correspond à une réponse favorable des défenses biologiques lors de l'exposition à de faibles doses de toxines ou de facteurs générateurs de stress.

Cette réponse biphasique suit la loi d'Arndt-Schultz qui stipule que de faibles doses du stimulus (en termes de fluence ( $\text{J/cm}^2$ ), irradiance ( $\text{mW/cm}^2$ ), temps d'application ou nombre de répétitions) stimulent le métabolisme cellulaire, leur effet augmentant avec leur dose jusqu'à un seuil à partir duquel des stimuli d'intensité supérieure n'ont plus aucun effet jusqu'à générer avec leur dose croissante, une réponse négative.



Graphique 6 : Effets biologiques en fonction de la fluence selon la loi d'Arndt-Schultz (33).

## 2.4. La source lumineuse

Parmi les différentes sources lumineuses utilisées en LLLT, on recense les lasers à gaz, tels que le laser hélium-néon (HeNe, 633 nm) ou le laser krypton (647 nm), les lasers solides tels que le laser rubis (694 nm), les lasers semi-conducteurs tels que le laser arséniure de gallium +/- d'aluminium (GaAs/GaAlAs, 780-905nm) et les LEDs.

Une large gamme de semi-conducteurs à LED ayant des longueurs d'onde inférieures existe. Leur milieu contient les éléments indium, phosphore et nitruure.

Actuellement, on ne sait pas encore s'il existe un avantage à utiliser une lumière laser cohérente par rapport à une lumière LED non cohérente, les deux présentant des résultats similaires (34).

## 2.5. Effets moléculaires de la LLLT

Selon de nombreuses études expérimentales réalisées in vivo et in vitro, les mitochondries sont la principale cible de la photobiostimulation. C'est en activant certaines protéines de la chaîne respiratoire de la membrane interne mitochondriale que le rayonnement lumineux active la production d'énergie (la phosphorylation oxydative) et par conséquent le métabolisme cellulaire. A l'issue de ces réactions, des molécules sont produites ou voient leurs concentrations intracellulaires modifiées, régulant au niveau du noyau l'expression génique et la traduction de l'ARNm.

### 2.5.1. La Cytochrome C Oxydase

La Cytochrome C Oxydase (Cox) est l'enzyme du complexe IV de la chaîne de transport des électrons de la membrane interne des mitochondries (35). Si son rôle est majeur dans la photothérapie, c'est parce qu'elle agit comme photorécepteur principal de la lumière rouge et proche infrarouge (near infrared light). Elle constitue le premier maillon d'une cascade de signalisation intracellulaire après exposition à la lumière.

La principale activité enzymatique de Cox est la réduction de l'oxygène en eau, de formule :  $4 H + 4 e^- + 2 O_2 \rightarrow H_2O$  (35). Au cours de cette réaction, il y a production d'eau et d'espèces réactives de l'oxygène (les ROS : superoxyde ( $O_2^-$ ), peroxyde d'hydrogène ( $H_2O_2$ ), ion hydroxyle ( $OH^-$ )) grâce à la consommation d'oxygène et à un transfert d'électrons.

L'activation de Cox par les photons de la LLLT catalyse ainsi son activité enzymatique. Outre la production d'eau et de ROS, de nombreuses voies de signalisation dépendantes de cette enzyme sont activées. Il en résulte une modification de l'ultrastructure mitochondriale et des variations de

concentration intracellulaire de nombreux médiateurs. Dans cette conformation, des échanges avec le noyau cellulaire sont amplifiés, stimulant directement et indirectement la production d'énergie, l'expression de gènes et la synthèse d'ADN et d'ARNm (30).

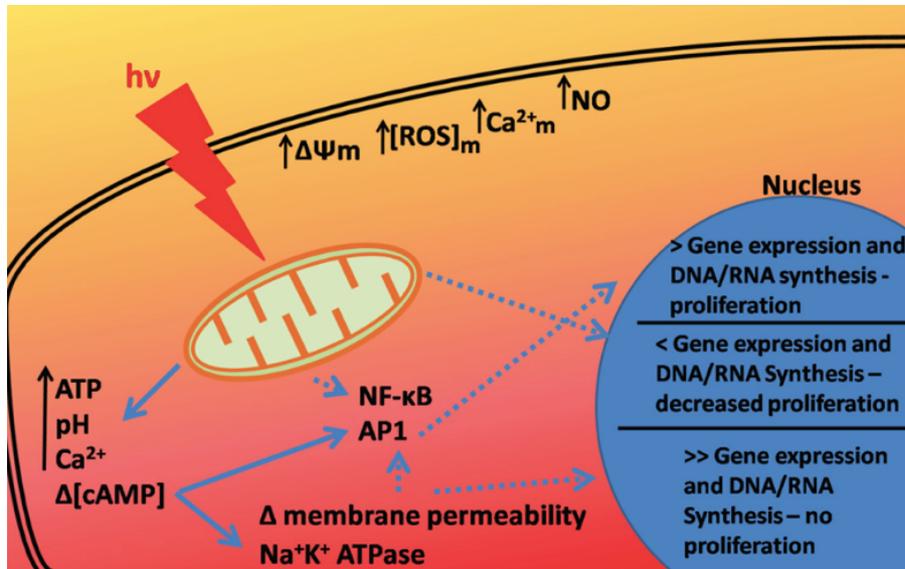


Figure 1 : Schéma des voies de signalisation rétrogrades mitochondriales activées lors de la LLLT (30).

### 2.5.2. Les molécules de signalisation impliquées : l'adénosine triphosphate (ATP)

Lors de la photothérapie, les photons d'énergie  $h\nu$  absorbés par Cox catalysent la circulation des électrons le long de la chaîne respiratoire mitochondriale via des réactions d'oxydoréduction consommatrices d'oxygène (30). Il en résulte un potentiel électrochimique de membrane ainsi qu'un gradient de pH ( $\Delta\psi_m$ ) à travers cette dernière. Les protons, guidés par ce gradient, traversent le canal ionique de l'ATP synthase, fournissant ainsi l'énergie nécessaire pour phosphoryler une molécule d'ADP en ATP (36).

L'ATP est un nucléotide ayant un rôle majeur dans le métabolisme cellulaire. En effet, il fournit à la cellule l'énergie nécessaire à son fonctionnement, il constitue un support pour la synthèse des acides nucléiques et participe à de nombreuses voies de signalisation.

La LLLT accélère donc le métabolisme cellulaire via l'augmentation du taux d'ATP intracytoplasmique (30).

### 2.5.3. Les molécules de signalisation impliquées : l'adénosine monophosphate cyclique (AMPC)

L'AMPC est un nucléotide cyclique, second messenger des hormones polypeptidiques, et notamment de l'ATP. Synthétisé à partir d'ATP par l'adénylate cyclase, c'est un effecteur essentiel du fonctionnement cellulaire, régissant de nombreuses voies métaboliques via différentes voies de signalisation (notamment celle des protéines kinases A (PKA)) et exerçant un contrôle transcriptionnel et post traductionnel dans l'expression de gènes codant pour diverses protéines (37).

Lors de la photobiostimulation, les taux d'ATP augmentant, il en résulte une hausse des taux d'AMPC à l'origine d'une diminution des taux de TNF (Facteur de Nécrose Tumorale, une cytokine pro-inflammatoire) dans les tissus lésés. La LLLT aurait donc un effet anti-inflammatoire via les voies de signalisation impliquant l'AMPC (30).

### 2.5.4. Les molécules de signalisation impliquées : le monoxyde d'azote (NO)

Le monoxyde d'azote, initialement produit par la mitochondrie a entre autres, une fonction inhibitrice de la chaîne respiratoire via deux mécanismes : en entrant en compétition avec le dioxygène et en se liant au fer héminique de la Cox, inhibant ainsi son activité enzymatique respiratoire.

Après l'exposition au rayonnement lumineux de la LLLT, les taux intracellulaires de NO augmentent. Ce phénomène s'explique par la photodissociation du NO de Cox, libérant ainsi les sites de fixation de l'enzyme pour l'oxygène. L'inhibition de la respiration cellulaire étant levée, la production de ROS augmente par consommation de l'oxygène et le métabolisme cellulaire est augmenté.

La photodissociation du NO n'est pas observée qu'avec Cox puisqu'elle survient aussi avec l'hémoglobine nitrosyle et la myoglobine nitrosyle. Cela se traduit par une vasodilatation médiée par le NO dans les cellules musculaires lisses vasculaires (38).

Le monoxyde d'azote active enfin de nombreuses voies de signalisation telles que celle du facteur régulateur du fer dans les macrophages, de la ribonucléotide réductase (impliquée dans la synthèse des désoxyribonucléotides) ou encore celle de l'aconitase, enzyme du cycle de Krebs (30).

### 2.5.5. Les molécules de signalisation impliquées : les espèces réactives de l'oxygène (Reactive Oxygen Species : ERO ou ROS)

Les dérivés réactifs de l'oxygène sont des espèces chimiques oxygénées telles que des ions oxygénés et des peroxydes, rendus chimiquement très réactifs par la présence d'électrons célibataires non appariés.

A l'état quiescent, leur concentration est régulée par la balance antioxydant/pro-oxydant maintenant le potentiel redox de la cellule à l'équilibre (30). Dans ces conditions, ils participent à la signalisation cellulaire assurant l'homéostasie de la cellule et développant des réponses adaptatives face à diverses agressions.

A haute concentration cependant, ils créent un stress oxydant délétère pour la cellule. Cet effet biphasique selon leur concentration constitue la mitohormèse (39).

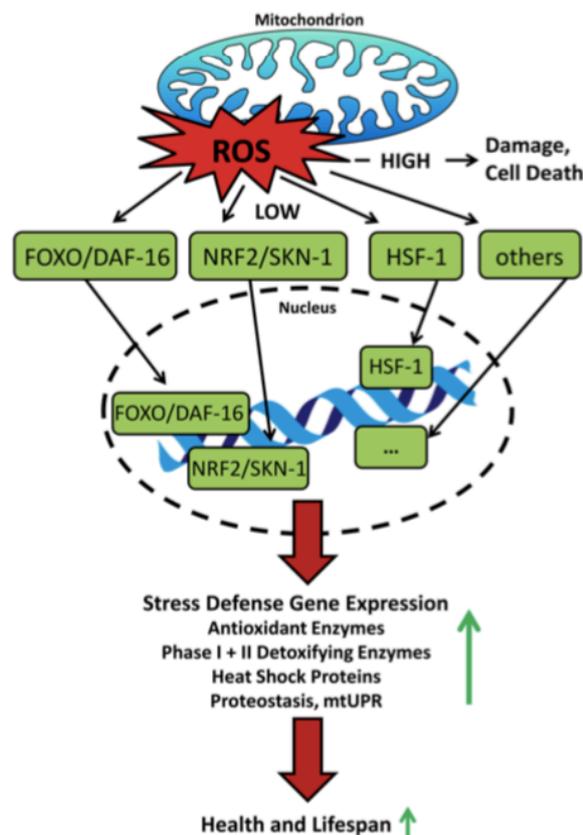


Figure 2 : Schéma de l'influence transcriptionnelle des ROS sur la résistance au stress et la durée de vie cellulaire (39).

Lors de l'application de lumière de basse intensité sur les cellules normales, l'absorption des photons par Cox entraîne une augmentation du potentiel de la membrane mitochondriale générant une brève augmentation des ROS intracytoplasmiques, anodine en termes de stress oxydant.

Si le potentiel de membrane mitochondrial était faible en raison d'un stress oxydatif déjà présent, l'absorption de la lumière permet de le ramener vers des niveaux normaux en réduisant la production de ROS.

La photobiostimulation a donc un effet antioxydant sur les cellules souffrant de déséquilibre redox sans pour autant avoir un impact négatif sur les cellules normales (30).

#### 2.5.6. Les molécules de signalisation impliquées : le calcium ( $Ca^{2+}$ )

Lors de l'exposition lumineuse de basse intensité, le pH intracellulaire augmente déclenchant l'ouverture des canaux calciques transmembranaires TRPV. L'influx entrant de calcium dans la cellule se traduit par une augmentation de sa concentration cytosolique. Si les taux de calcium intracellulaire étaient déjà élevés, la LLLT déclenche une fuite vers le milieu extracellulaire afin d'éviter la mort cellulaire par surcharge calcique.

Cette forte concentration cytosolique de calcium active alors de nombreuses voies de signalisation telles que celle médiée par la protéine kinase C (PKC), la calcium-calmodulin dépendant kinase II (CAMKII) ou la calcineurine (CaCN) et stimule le relargage d'histamine dans le cadre de la dégranulation des mastocytes, phénomène impliqué dans la cicatrisation des tissus lésés (30).

#### 2.5.7. Les facteurs de transcription impliqués : le facteur de transcription nucléaire Kappa B (NF- $\kappa$ B)

Le NF- $\kappa$ B est un facteur de transcription qui régule l'expression de divers gènes codant notamment pour des cytokines pro-inflammatoires (IL-1, IL-2, TNF $\alpha$ ...), des protéines de régulation du cycle cellulaire (cyclines), des chimiokines (MCP-1) et des molécules d'adhésion (ICAM1).

Il est sensible à l'équilibre redox puisqu'il peut être directement activé par les ROS (mais également indirectement via le TNF $\alpha$ ).

L'augmentation de la production de NF- $\kappa$ B induite par la photobiostimulation stimule la transcription génique. Il en résulte une diminution de la mort cellulaire, une augmentation de la prolifération et de la migration cellulaire et une amélioration de la fonction neurologique (40).

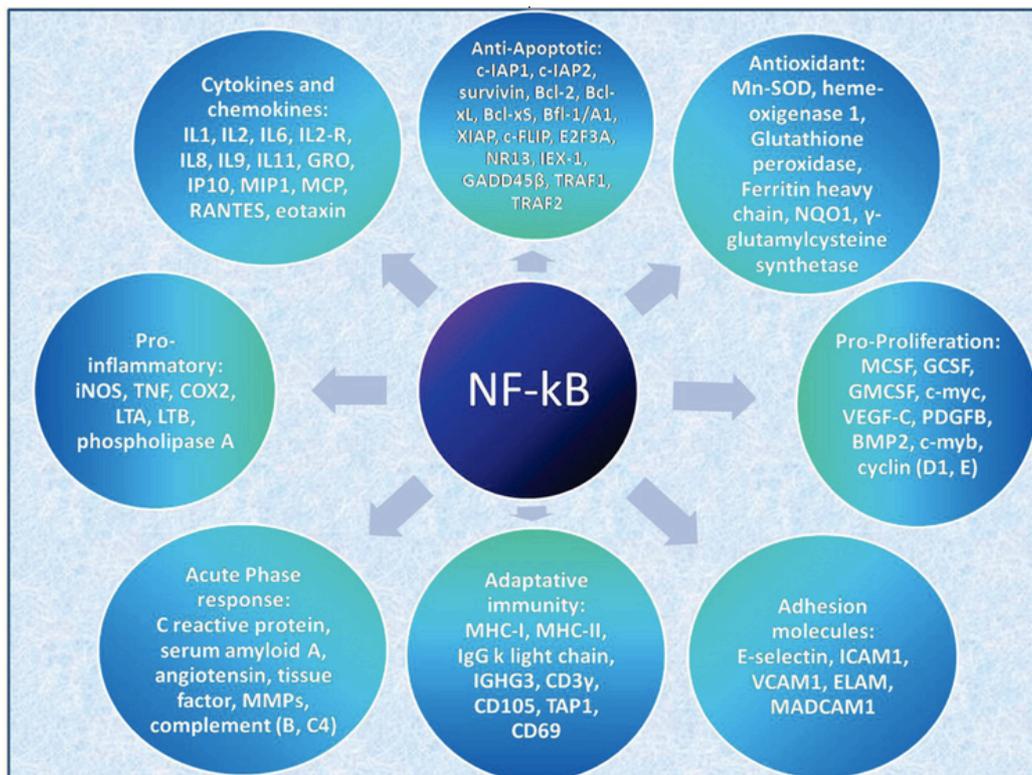


Figure 3 : Schéma des différents groupes de gènes et de molécules répondant à la voie de signalisation du NF-κB activée par les ROS au cours de la LLLT (30).

### 2.5.8. Les facteurs de transcription impliqués : le RANKL

Le ligand des récepteurs du NF-κB appelé RANKL est une protéine transmembranaire appartenant à la superfamille du TNF, impliquée dans la régénération et le remodelage osseux en agissant sur la différenciation et l'activation des ostéoclastes. C'est également un ligand de l'ostéoprotégérine (OPG), son récepteur soluble, inhibiteur naturel, exprimé par les ostéoblastes et leurs précurseurs.

Ensembles, ils régulent la différenciation et la fonction des ostéoclastes selon la valeur du ratio RANKL/OPG. Lorsque ce ratio augmente, la résorption osseuse s'accélère puisque l'accroissement du taux de RANKL provoque une expansion du pool de progéniteurs d'ostéoclastes, leur différenciation en cellules progénitrices mononucléées, une survie accrue, leur fusion en ostéoclastes multinucléés et enfin, leur activation.

Une étude explorant l'effet d'un rayonnement laser menée in vitro sur des cellules proches des ostéoblastes a confirmé l'augmentation rapide et transitoire du ratio RANKL / OPG pour toutes les doses testées, bien qu'elle ne soit pas statistiquement significative. Il semblerait en effet que ce ratio dépende des paramètres utilisés et du tissu car les valeurs obtenues pour les cellules dérivées de l'os alvéolaire humain s'opposent aux résultats obtenus chez les rats (30).

### 2.5.9. Les facteurs de transcription impliqués : le Runx2

La photobiostimulation augmente l'expression du runt-related transcription factor 2 (Runx2), facteur de transcription impliqué dans la différenciation ostéoblastique et la morphogénèse squelettique. Elle contribue ainsi à une meilleure organisation tissulaire au niveau osseux.

### 2.5.10. Les molécules effectrices impliquées : le Transforming Growth Factor (TGF- $\beta$ )

Le TGF- $\beta$  est un puissant stimulateur de la production de collagène, induisant l'expression des composants de la matrice extracellulaire et empêchant sa dégradation en inhibant les métalloprotéinases de la matrice (MMP). L'expression du TGF- $\beta$  est élevée pendant la phase initiale de l'inflammation après une lésion. Elle stimule la migration cellulaire, la prolifération et les interactions au sein de la zone de réparation.

Des chercheurs ont récemment observé qu'une irradiation laser à 800 nm était capable d'induire la synthèse de collagène par l'activation de la voie TGF- $\beta$  / SMAD selon un effet dose de lumière dépendant. C'est pour une dose de  $40 \text{ J.cm}^{-2}$  que le rayonnement renforçait le plus efficacement l'expression génique des procollagènes de type I et IV (30).

## 2.6. Effets cellulaires de la LLLT

### 2.6.1. L'effet anti-inflammatoire

Avec une irradiation lumineuse à 635 nm de faible puissance, un effet anti-inflammatoire apparaît via l'inhibition de la production de prostaglandine E2 (PGE2), du TNF $\alpha$  et de l'ARNm des cyclooxygénase 1 et 2 (COX-1 et COX-2).

Par ailleurs, il a récemment été démontré qu'une irradiation à 660nm favorisait la réponse immunitaire innée en stimulant l'activité phagocytaire, anti-tumorale, anti-virale et anti-allergique. Pour cela, le rayonnement favorise, selon un effet dose-dépendant, l'expression de certaines cytokines et chimiokines au niveau de l'ARNm et des protéines et induit la polarisation de l'interféron  $\gamma$  (IFN- $\gamma$ ) augmentant ainsi l'activité phagocytaire des monocytes (31).

### 2.6.2. La cytoprotection

La photobiostimulation, en activant les composants de la chaîne respiratoire mitochondriale, initie une cascade de signalisation favorisant la prolifération et la protection cellulaire.

Des études in vitro ont montré que la LLLT protège les cellules à risque de mort par exposition à diverses toxines telles que le méthanol. Cet agent génère un métabolite toxique, l'acide formique, qui inhibe la Cytochrome C Oxydase.

Puisque la photobiostimulation augmente l'activité mitochondriale via la stimulation de cette enzyme, elle favorise également la survie cellulaire en présence d'acide formique.

Cette notion de cytoprotection a plus récemment été démontrée dans une étude réalisée in vivo sur des rétines animales (41). Après trois expositions au rayonnement lumineux, la fonction rétinienne était rétablie tant au niveau des cônes que des bâtonnets avec une protection supplémentaire du tissu lésé. Par son effet anti-oxydant et cytoprotecteur, la LLLT est donc reconnue comme thérapeutique prometteuse dans la prise en charge des plaies ischémiques et infectées ((35).

### 2.6.3. La stimulation de la prolifération cellulaire

La photobiostimulation augmente le taux de prolifération de plusieurs types de cellules. Par exemple, les kératinocytes et fibroblastes prolifèrent davantage après une irradiation à 660 nm. Leur maturation est ensuite accélérée lors de leur migration vers la plaie via l'expression de protéines impliquées dans la prolifération épithéliale (p63, CK10 et CK14)(42). Cela se traduit par une cicatrisation épithéliale plus rapide.

D'autre part, il a été observé que les cellules endothéliales exposées à une irradiation à 635 nm voient leur concentration en VEGF diminuer, accélérant ainsi leur prolifération par rapport aux cellules non irradiées (30). En favorisant l'augmentation rapide du nombre et du diamètre de capillaires sanguins, la LLLT stimule donc la néo-angiogénèse ainsi que la croissance de l'endothélium vasculaire et lymphatique. Le drainage de l'œdème et la cicatrisation vasculaire en sont améliorés.

Cette cicatrisation accélérée a d'ailleurs été démontrée par Hoffman sur des modèles murins porteurs de l'hémophilie B. Sur ces modèles, la photothérapie induisit l'augmentation de la rigidité mécanique et de l'activité plaquettaire au niveau du caillot, optimisant ainsi les conditions de cicatrisation vasculaire (43).

### 2.6.4. La stimulation de la synthèse protéique

Comme mentionné précédemment, la photobiostimulation augmente l'expression de protéines liées à la prolifération et à la maturation des cellules épithéliales : p63, CK10 et CK14.

Outre les protéines épithéliales, d'autres types de protéines tels que le collagène voient leur synthèse augmenter sous l'effet d'un rayonnement lumineux de basse intensité. Cela a notamment été prouvé par des études portant sur les fibroblastes gingivaux et desmodontaux humains mis en culture (44). C'est 48 à 72 heures suivant l'irradiation lumineuse que la prolifération fibroblastique fut sensiblement accrue, associée à une production de collagène de type I majorée (44).

#### 2.6.5. La stimulation des cellules souches

Les cellules souches semblent particulièrement sensibles à la lumière. La photothérapie agit sur ces cellules en stimulant leur migration cellulaire, leur différenciation, leur prolifération et leur viabilité (45).

La LLLT constitue donc une technique novatrice qui pourrait être un outil intéressant dans les thérapies régénératrices et l'ingénierie tissulaire (45).

### 2.7. Effets tissulaires

#### 2.7.1. Au niveau musculaire

L'efficacité de la photobiostimulation sur la récupération musculaire après une blessure est factuelle. Pour affiner ce propos, les chercheurs ont établi entre 3 et 6 heures le temps nécessaire à la LLLT pour observer un effet maximal sur la physiologie musculaire. Matérialisée par des changements biochimiques tels que l'augmentation de l'activité des métalloprotéinases matricielles et de la créatine kinase ainsi que la hausse du taux d'ATP, la physiologie musculaire apparaît optimisée (46). C'est cette réparation musculaire accélérée que nous recherchons en chirurgie buccale afin de limiter l'amplitude et la durée du trismus post-opératoire.

De plus, il y aurait des effets cumulatifs si la photothérapie est appliquée à des intervalles inférieurs à 24 heures (46).

La recherche s'oriente actuellement vers une application de la photobiostimulation pour le préconditionnement musculaire afin d'optimiser les performances au cours de l'exercice. Ce protocole serait particulièrement intéressant pour les patients ayant des difficultés à maintenir une ouverture buccale suffisante de manière prolongée en alternative à l'anesthésie générale en chirurgie implantaire.

### 2.7.2. Au niveau nerveux

L'analgésie induite par laser rouge ou proche infrarouge de faible puissance s'expliquerait par un bloc de conduction des nerfs centraux et périphériques et par le relargage d'endorphines (augmentation du niveau de  $\beta$ -endorphines (47)).

Elle est également obtenue de manière indirecte lorsque la LLLT induit la vasodilatation, l'augmentation du taux de cortisol, l'inhibition de la libération de la substance P par activation des neurones à enképhalines (47), la stimulation du Gate Control et une activité accrue de l'enzyme antioxydante : la superoxyde dismutase.

Par ailleurs, pour une lumière supérieure à  $300 \text{ mW cm}^{-2}$ , on observe une inhibition des fibres douloureuses A $\delta$  et C, un ralentissement de la vitesse de conduction, une réduction de l'amplitude du potentiel d'action et une suppression de l'inflammation neurogénique (30). Un rayonnement d'irradiance supérieure aux valeurs de la LLLT a donc également un effet antalgique puissant.

### 2.7.3. La cicatrisation (os, tendons, plaies)

Au niveau osseux, la LLLT n'est pas ostéoinductrice mais elle crée des conditions environnementales favorables à la cicatrisation. En plus de réduire la douleur et l'inflammation, le rayonnement lumineux favorise la prolifération chondroblastique et fibroblastique ainsi que la synthèse de collagène, éléments nécessaires aux stades initiaux de l'ostéosynthèse (48).

Par ailleurs, il stimule la prolifération et la différenciation ostéoblastique in vivo et in vitro, et augmente l'activité de la phosphatase alcaline (PAL), l'expression de l'ostéocalcine et de facteurs de différenciation tels que les BMP 2, 4, 6 et 7, Runx-2 ou encore l'IGF (49).

Sur des modèles murins, les chercheurs ont observé un tissu plus organisé au niveau de la blessure osseuse irradiée, associé à une présence plus importante de tissu de granulation et de tissu osseux en formation (48).

## 2.8. Autres applications de la LLLT en chirurgie dentaire

### 2.8.1. Amélioration de l'ostéointégration des implants dentaires

En implantologie, le facteur garant de la réussite de la pose de l'implant est son ostéointégration. Lorsque le patient suit une séance de photobiostimulation après la pose d'implant, la densité osseuse péri-implantaire relevée à 1,5 et 6 mois est supérieure de manière statistiquement significative à celle relevée pour une pose d'implant sans laser, ceci étant valable en mésial, distal et apical de l'implant

(50). La LLLT, via sa capacité à stimuler le métabolisme des cellules présentes dans le tissu osseux, améliorerait donc l'ostéointégration des implants.

Time change		Group		p-value
		Laser Mean ± SD	Non-laser Mean ± SD	
Immediate-1.5 months	Mesial	11.59 ± 4.87	6.94 ± 3.99	0.031*
	Distal	10.51 ± 4.33	4.98 ± 4.67	0.013*
	Apical	12.57 ± 6.23	5.66 ± 2.87	0.007*
Immediate-6 months	Mesial	21.99 ± 5.48	14.21 ± 4.95	0.004*
	Distal	21.74 ± 3.56	10.78 ± 3.90	0.0001*
	Apical	18.90 ± 5.91	10.39 ± 3.49	0.001*
1.5 months-6 months	Mesial	10.39 ± 1.86	7.27 ± 2.49	0.005*
	Distal	11.23 ± 4.37	5.80 ± 4.34	0.012*
	Apical	6.33 ± 1.67	4.74 ± 1.58	0.042*

\*Statistically significant difference, P-value ≤ 0.05.

Tableau 3 : Comparaison de la densité osseuse moyenne au niveau de 3 sites péri-implantaires en fonction du temps entre le groupe laser et le groupe contrôle (50).

### 2.8.2. Gestion de la douleur en chirurgie buccale et en endodontie

Les chirurgies d'extraction de dents de sagesse incluses mandibulaires seraient suivies de niveaux de douleur, d'œdème et de trismus inférieurs lorsqu'elles sont associées à un protocole de photobiostimulation (51), affirmation défendue notamment par une méta-analyse de 2014 (52).

Par ailleurs, il semblerait que la photobiostimulation extra-orale appliquée immédiatement après l'intervention présente les plus faibles niveaux de trismus et d'œdème post-opératoires, suivi du protocole intra-oral, lui-même plus efficace que la prise en charge classique du patient (53).

Dans le domaine de l'endodontie, les douleurs suivant les traitements et retraitements s'avèrent également plus faibles pour les patients suivant le protocole de photothérapie, et ceci de manière statistiquement significative durant les 5 premiers jours post-opératoires selon l'essai randomisé d'H. Arslan (54).

De plus, une étude révèle que la meilleure combinaison pour prendre en charge la douleur post-retraitement endodontique est l'association d'une prise prophylactique d'une dose de 400mg d'Ibuprofène avec une séance de photobiostimulation post-opératoire. Autrement, la LLLT aurait la même efficacité antalgique que les AINS et en serait donc une bonne alternative afin d'éviter les éventuels effets indésirables du médicament (28).

## 2.9. La LLLT à haute fluence (high fluence-low power laser intensity : HF-LPLI)

Selon le Système international d'unités, la fluence correspond à la densité d'énergie intégrée à la surface d'une sphère.

La LLLT stimule le métabolisme cellulaire avec de faibles niveaux de fluence (inférieure à  $50\text{Jcm}^{-2}$ ).

Si la fluence devient supérieure à  $80\text{J.cm}^{-2}$ , le rayonnement devient capable de faire entrer la cellule en apoptose, phénomène intéressant dans la lutte anti-cancéreuse. Pour cela, le rayon lumineux inactiverait la Cox, induisant une explosion de superoxyde dans la chaîne de transport des électrons. Associé à l'activation de la caspase 3 et 9, à l'inactivation de la caspase 8 et à la libération de cytochrome C, cette augmentation du taux de ROS induirait une augmentation de la perméabilité membranaire mitochondriale. Ce stress oxydant serait alors délétère pour la cellule, inhibant sa prolifération et allant jusqu'à induire son apoptose (56). La cellule cancéreuse mourrait ainsi de lésions oxydantes (30).

## 2.10. Applications de la LLLT dans les autres domaines

Les effets multiples de la LLLT mêlés à son innocuité quasi-totale lui ouvrent un champ d'application relativement vaste.

Le rayonnement stimulant la translocation cytoplasmique de la protéine YAP et inhibant le peptide  $\beta$  amyloïde, il est expérimenté pour constituer une méthode alternative dans le traitement de la maladie d'Alzheimer (30).

Suite à l'infarctus du myocarde, il favorise la récupération fonctionnelle et peut améliorer les déficits neurologiques après un AVC.

Au niveau ophtalmique, la LLLT s'avère efficace dans la prise en charge du glaucome, de la dégénérescence maculaire, la neuropathie optique ou encore de l'atrophie optique.

La LLLT stimulant la prolifération des mélanocytes, elle permet de rétablir une pigmentation suffisante dans le vitiligo (levée de l'inhibition auto-immune).

On la retrouve également dans la prise en charge des pathologies chroniques inflammatoires tel que le psoriasis ou encore l'acné (34).

De nombreuses études se penchent actuellement sur l'utilisation de la photothérapie comme adjuvant à la liposuction, la réduction de la masse graisseuse et de la cellulite et l'amélioration du profil lipidique du sang. Parmi les mécanismes d'action proposés, il y aurait la création de pores transitoires

dans les adipocytes par la lumière, permettant la fuite des lipides. L'autre mécanisme suggéré passerait par l'activation du complément qui induirait l'apoptose des adipocytes (57).

### 2.11. Contre-indications de la LLLT

Il n'existe pas de contre-indication formelle à la photobiostimulation. On relève en revanche de nombreuses contre-indications relatives.

La LLLT s'avère dangereuse pour les cellules dysplasiques et malignes. En effet, Sperandio et al. ont constaté que la viabilité des cellules dysplasiques orales pré-malignes, augmentait après exposition au rayonnement photonique (58). Ils ont par ailleurs observé que suite à l'irradiation, l'expression de protéines liées à la progression du cancer et à l'invasion augmentait, avec notamment Akt, HSP90, pS6ser240 / 244 et la cycline D1.

La LLLT est par conséquent contre-indiquée en cas de tumeur maligne sauf pour deux situations :

- La prise en charge de la douleur dans les stades terminaux de la maladie, avec l'accord du corps médical
- La prise en charge des effets secondaires du traitement anticancéreux telles que la mucosité orale ou la dermatite radio-induite, avec l'accord du corps médical

La photothérapie est déconseillée chez la femme enceinte. Il n'a cependant pas été prouvé que cette thérapeutique a des effets néfastes pour le fœtus.

Il n'y a aucune preuve de préjudice ni de bénéfice de ce protocole dans le traitement de la Thyroïdite de Hashimoto. Les fabricants suggèrent donc de ne pas appliquer le laser directement sur la thyroïde par précaution.

### 2.12. Les limites de la LLLT

Trois principales limites sont reportées pour cette thérapie en devenir.

Tout d'abord, les zones d'ombres résiduelles sur les mécanismes moléculaires et cellulaires constituent un frein à son usage par méfiance (35).

Par ailleurs, il existe des variations significatives dans les résultats selon la dosimétrie, la longueur d'onde, l'irradiance, l'énergie, la fluence, la durée d'irradiation...

Enfin, un grand nombre d'études présentent des résultats négatifs. Cela peut s'expliquer par un choix inapproprié de source lumineuse, de dosage, une préparation inappropriée de la peau du patient avant l'application de LLLT, telle que l'absence de démaquillage ou des débris gras, pouvant gêner la pénétration de la lumière, et la non prise en compte de la pigmentation de la peau. Une maintenance

inappropriée de l'équipement de photobiostimulation peut réduire ses performances et interférer également avec les résultats cliniques.

Il est important de considérer qu'il existe une dose optimale de lumière pour toute application particulière.

### 3. Étude comparative des suites opératoires en chirurgie implantaire avec soulevé de sinus : groupe LLLT VS groupe contrôle

#### 3.1. Présentation de l'étude

Cet essai clinique a été mené au cabinet dentaire Lumière de Lyon dans le but de comparer la prise en charge de la douleur post-opératoire avec l'application de la Low Level Light Therapy à la prise en charge classique du patient (traitement de référence).

La chirurgie implantaire simple présentant des suites douloureuses relativement modérées, nous ne nous sommes focalisés que sur les poses d'implants associées à des soulevés de sinus, chirurgies réputées pour leurs suites opératoires plus complexes en termes de douleur et d'œdème, afin de mettre en évidence des différences plus significatives entre les deux protocoles.

Aucune information sur la qualité de l'ostéointégration des implants n'a été relevée dans le cadre de cette étude.

Débutée le 1<sup>er</sup> Mars 2019, cet essai a pris fin le 31 Mai 2019. Les résultats présentés ci-dessous ont été établis à partir de valeurs recueillies au cours de cette période.

#### 3.2. Patients et méthode

46 patients (23 femmes et 23 hommes) âgés de 24 à 89 ans furent inclus dans l'étude.

Leur critère d'inclusion fut la planification de leur chirurgie implantaire associée à un soulevé de sinus dont l'indication fut posée face à un édentement au moins postérieur maxillaire avec un volume osseux sous-sinusien insuffisant pour supporter un implant de longueur et de diamètre rationnels.

Les critères d'exclusion furent ceux contre-indiquant le geste chirurgical en lui-même. Parmi les contre-indications d'ordre général, on retrouve le tabac à forte dose, le patient à haut risque d'endocardite infectieuse, une insuffisance rénale, l'immunodépression, une insuffisance respiratoire, un diabète déséquilibré. Pour les facteurs locaux s'opposant à ce type de chirurgie, on

note un défaut d'hygiène bucco-dentaire et la présence de multiples foyers infectieux endo-buccaux. Enfin, les contre-indications au sinus lift peuvent être d'origine sinusienne avec la sinusite chronique, la présence de polypes ou encore une néoplasie sinusienne.

Cette population de patients étudiée est relativement proche des patients vus en pratique courante, il ne s'agit pas d'une sélection de sujets particuliers sur des critères autres que les contre-indications au geste. Les résultats sont donc à priori extrapolables pour tous types de patients recevant une pose d'implant avec soulevé de sinus.

Les critères tels que le tabagisme, l'âge, la marque des implants posés, leurs dimensions, le nombre d'implants posés au cours de la chirurgie, la durée du geste, la mise en place d'une vis de couverture ou de cicatrisation ont été reportés mais ne constituent pas des groupes à part entière, nous les avons considérés comme un complément d'information (Tableau 6, Tableau 7).

Deux groupes de patients furent constitués (le groupe recevant la LLLT et le groupe contrôle) selon une répartition initialement aléatoire des sujets mais modifiée secondairement par les impératifs de gestion de l'agenda du bloc opératoire (lorsque le temps imparti était insuffisant ou que la chirurgie dépassait la durée d'intervention prévue, le patient passait dans le groupe contrôle).

Le groupe contrôle n'était pas un groupe placebo puisqu'aucune simulation de LLLT ne lui fut appliquée : ces patients ont simplement suivi le protocole classique de prise en charge post-opératoire (médicamenteux et application de glace).

Pour toute intervention, le patient fut informé du geste à venir (type de chirurgie, bénéfices recherchés, risques liés au geste), le devis fut accepté et le consentement éclairé signé avait été remis au praticien après un délai de réflexion raisonnable. Chaque patient eut également connaissance de l'étude en cours et le recueil de son accord pour participer à cet essai fut obtenu avant toute investigation.

Les consignes pré et post-opératoires ainsi que l'ordonnance furent remis lors de la consultation pré-opératoire. Afin de limiter les biais, le contenu des ordonnances fut standardisé, sauf contre-indication médicamenteuse avec :

- Amoxicilline : 1g matin et soir pendant 7 jours.
- Solupred : 1mg/kg/j pendant 4 jours, à prendre le matin.
- Paracétamol : 1g à prendre toutes les 6 heures en cas de douleur sans dépasser 4g par 24 heures pendant 4 jours puis à prendre en fonction de la douleur.
- Paroex : Faire un bain de bouche passif après chaque repas pendant une semaine. A commencer 48 heures après le geste.

Afin d'avoir des échantillons de patients plus conséquents, nous avons recueilli les données de deux chirurgiens exerçant dans ce cabinet.

Pour limiter les biais liés à la prise en charge des patients par deux opérateurs différents, les protocoles furent standardisés au maximum.

La difficulté interventionnelle fut systématiquement anticipée au préalable via une étude du cone beam réalisée lors de la consultation pré-opératoire. L'irradiation fut centrée sur la zone maxillaire et sinusale, la région mandibulaire étant hors champs. C'est à partir de l'analyse de ce cone beam que l'indication de soulèvement de sinus fut posée et que la planification implantaire fut effectuée. C'est d'ailleurs dès l'étape de planification implantaire que la marque de l'implant prévue fut sélectionnée ainsi que sa longueur et son diamètre (ces deux derniers paramètres pouvant être modifiés en per-opératoire en fonction de la situation clinique).

Le niveau d'asepsie fut le même pour les deux intervenants. En effet, la totalité du plateau technique suivit des critères de stérilité classiques de manière stricte (avec report des codes-barres et autres étiquettes dans la feuille de traçabilité ainsi que dans le passeport implantaire du patient pour les implants et biomatériaux de régénération osseuse).

Une désinfection endo-buccale du patient fut systématiquement réalisée à l'entrée au bloc avec un bain de bouche à base de Chlorhexidine (Eludril Gé). Pendant toute l'intervention, le visage du patient fut recouvert d'un champ opératoire stérile appliqué immédiatement après la désinfection péri-buccale réalisée par le chirurgien avec une compresse imbibée d'Hexamidine en début de chirurgie.

L'anesthésie du patient fut obtenue via l'injection d'une solution d'Articaïne adrénalinée à 1/100000 en para-apical.

La méthode de soulèvement de sinus pouvant être soit par une ostéotomie par voie crestale, soit par fenêtre latérale, elle fut précisée pour chaque patient dans son dossier médical ainsi que dans notre tableau de recueil de données de l'étude.

A l'issue de la chirurgie, deux protocoles se distinguèrent.

Le groupe contrôle reçut uniquement la tablette lui diffusant le film des consignes post-opératoires (il s'agissait d'une vidéo réalisée par les chirurgiens et assistantes du cabinet permettant une standardisation des informations fournies).

Une fois la vidéo terminée, chaque patient reçut une fiche récapitulative des conseils ainsi que la fiche de l'étude comportant 4 échelles visuelles analogiques graduées de 0 (aucune douleur ressentie) à 10 (pire douleur ressentie) à 24 heures, 48 heures et à 72 heures. Les consignes d'auto-évaluation, présentes sur cette feuille, furent également énoncées oralement par l'assistante en justifiant l'intérêt de cette évaluation pour l'étude.

Pour le groupe LLLT, la chirurgie fut immédiatement suivie de l'application de la photothérapie. Pour chaque utilisation, le praticien dut créer une fiche patient (s'il s'agissait de sa première utilisation) ou sélectionner la fiche du patient dans le logiciel de pilotage. Les informations nécessaires à la création du dossier furent le nom et prénom du patient, sa date de naissance et son sexe. L'opérateur dut ensuite sélectionner le type de traitement. Pour notre étude, nous appliquâmes systématiquement le programme « antalgique-anti-inflammatoire-cicatrisation » d'une durée de 12 minutes. Tous les patients du groupe LLLT furent donc exposés à des rayonnements de longueur d'onde, de dosimétrie et de puissance propres à ce programme.

Avant de débiter l'exposition lumineuse, le patient fut muni d'une double protection oculaire (2 paires de lunettes opaques hermétiques aux rayonnements lumineux).

Le patient dut ensuite rester immobile pendant toute la durée de l'irradiation extra-orale au fauteuil. A la fin du temps imparti, toute exposition lumineuse fut brutalement coupée par le minuteur intégré au logiciel.



*Figure 4 : Utilisation de l'ATP38 (59).*

### 3.3. Matériel utilisé

Le dispositif utilisé dans cette étude est l'ATP38, appareil commercialisé par la société Biotech Dental. Cet appareil n'est employé que pour des applications extra-orales. Il est composé d'une tablette sur laquelle l'ordinateur portable possédant le logiciel de pilotage est posé.

Cette tablette est reliée aux 3 écrans LEDs via un bras articulé permettant d'ajuster au mieux la position des panneaux lumineux par rapport au visage du patient.

Ces 3 écrans en aluminium sont composés de semi-conducteurs polychromatiques collimatés (SCPC) qui émettent la lumière sans aucune hausse de température puisqu'il s'agit d'athermothérapie.



Figure 5 : Fiche technique de l'ATP38.

La lumière émise par l'ATP38 est composée de longueurs d'ondes comprises entre 450nm et 835nm, chaque intervalle de longueurs d'onde correspondant à un champ d'activité précis.

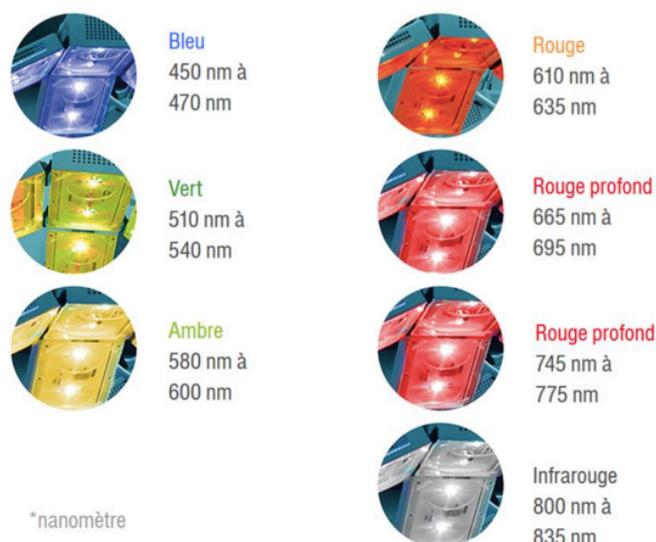


Figure 6 : Les 7 intervalles de longueurs d'onde utilisés par l'ATP38 (60).

### 3.4. Méthode d'évaluation des suites opératoires

La douleur post-opératoire a été recueillie au moyen d'une auto-évaluation réalisée par le patient en reportant son score sur l'EVA correspondant à la période temporelle étudiée (24h, 48h et 72h). Ces résultats nous sont parvenus soit par mail (scan de la fiche d'auto-évaluation par le patient), soit par courrier (réception par voie postale de la fiche), soit par téléphone (les assistantes du cabinet appellent systématiquement les patients le lendemain voire le surlendemain afin de prendre de leurs nouvelles. Dans le cadre de cette étude, elles ont été amenées à les recontacter spécialement pour relever les scores EVA si nous ne recevions pas le mail du patient).

Les données ont ensuite été reportées dans des tableurs Excel afin d'être traitées (moyennes et écarts-types des EVA à 24h, 48h, 72h dans chaque groupe pour appliquer notre test statistique T de Student).

### 3.5. Résultats et discussion

46 patients (le groupe contrôle (10 femmes et 11 hommes) et le groupe LLLT (13 femmes et 12 hommes)) reçurent une chirurgie implantaire avec soulevé de sinus selon un protocole standardisé au maximum pour limiter les biais.

La durée moyenne des chirurgies fut de  $71 \pm 40$  minutes sans différence statistiquement significative entre les deux groupes. En effet, la plupart des gestes se terminèrent en 45-60 minutes. Ce sont les poses de 2 implants et plus, associées au soulevé de sinus, qui se prolongèrent au-delà de 90 minutes.

Immédiatement après la fin de l'intervention, les patients du groupe LLLT, encore allongés sur le fauteuil, reçurent la photobiostimulation. Aucun effet indésirable ou réaction adverse ne fut constaté au cours de l'application lumineuse et jusqu'au départ du cabinet du patient.

Sur les 25 patients du groupe LLLT, 5 patients (3 femmes et 2 hommes) ne nous rendirent aucun résultat, nous les considérons comme perdus de vue. Nous avons pu en revanche recueillir les résultats des 21 patients du groupe contrôle (Tableau 8, Tableau 9).

A 24 heures post-opératoires, la douleur moyenne reportée dans le groupe ayant reçu la photothérapie fut de  $1,6 \pm 1,5$  (sur une EVA graduée de 0 à 10) tandis qu'elle fut de  $3,2 \pm 2,6$  pour le groupe contrôle, soit une différence statistiquement significative entre ces 2 groupes ( $p$ -value = 0,016 défini par le test T de Student).

A 48 heures post-opératoires, le groupe ATP38 rapporta une valeur moyenne sur l'EVA de  $1,3 \pm 1,3$ , valeur inférieure de manière statistiquement significative ( $p$ -value = 0,041) au groupe contrôle ( $2,4 \pm 2,1$ ).

A 72 heures, la douleur moyenne reportée pour le groupe ATP38 fut de  $1,1 \pm 1,2$  tandis qu'elle fut de  $1,4 \pm 2,0$  pour le groupe contrôle, soit une différence non statistiquement significative entre ces 2 groupes ( $p$ -value = 0,545).

	Groupes	EVA moyenne	Écart type	$p$ -value
<b>24h</b>	LLLT	1,6	1,5	0,016
	Contrôle	3,2	2,6	
<b>48h</b>	LLLT	1,3	1,3	0,041
	Contrôle	2,4	2,1	
<b>72h</b>	LLLT	1,1	1,2	0,545
	Contrôle	1,4	2,0	

*Tableau 4 : Scores EVA moyens, écarts-types et p-value à 24h, 48h et 72h comparés entre les groupes LLLT et contrôle.*

D'après ces résultats, l'application de la photobiostimulation semble être un complément efficace à la prise en charge classique du patient pour le traitement de la douleur post-opératoire puisque l'intensité douloureuse relevée dans le groupe LLLT est inférieure de manière statistiquement significative par rapport au groupe contrôle à 24 et 48 heures post-opératoires.

La conduite de cette étude s'est avérée compliquée sur certains points. Tout d'abord, l'utilisation de l'ATP38 a nécessité l'aménagement de l'organisation de l'équipe de soins. En effet, le protocole de

photothérapie durant 12 minutes, les réservations du bloc opératoire ont dû être allongées pour l'application du rayonnement mais aussi pour la partie explicative de l'étude. Cela a aussi demandé une formation des praticiens et des assistantes à l'utilisation de l'appareil ainsi que de son logiciel.

Par ailleurs, l'appareil de la société Biotech Dental nous ayant été confié sur une courte période de 4 mois, cela ne nous a permis d'exploiter pleinement le dispositif dans le cadre de l'étude que durant 2 mois complets du fait de l'inertie de mise en place du protocole, limitant ainsi la taille de nos échantillons de patients.

Par ailleurs, cette étude ayant été menée à l'échelle d'un cabinet dentaire de centre-ville, le nombre de patients présentant les critères d'inclusion de l'étude est limité, impliquant des échantillons de petite taille. Des échantillons plus conséquents auraient permis d'obtenir des résultats expérimentaux se rapprochant au mieux des valeurs réelles, améliorant la précision de la mesure.

Outre des échantillons de patients réduits synonymes de risques de biais, la difficulté majeure rencontrée a été le recueil des résultats auprès des patients. Malgré les explications orales et écrites apportées le jour de l'intervention, très peu de patients nous ont spontanément retourné leur questionnaire, cette faible coopération traduisant un manque d'intérêt pour l'étude.

De plus, le recueil des résultats étant attribué au patient lui-même puisqu'il s'agissait d'une auto-évaluation à domicile, cette technique de mesure est considérée comme défaillante avec un risque de biais de mesure non négligeable. C'est essentiellement par téléphone ou par mail que les assistantes ont collecté les EVA, sans rigoureusement savoir si les mesures ont été réalisées au moment des horaires fixés par l'étude ou lors de l'appel à 72 heures post-opératoires.

D'autre part, cette étude n'ayant pas été menée à l'aveugle, tant pour le patient que l'opérateur (le patient savait à quel groupe il appartenait, l'opérateur n'appliquait la photobiostimulation qu'au groupe irradié et le recueil des résultats n'a pas été assuré par un évaluateur indépendant mais le patient lui-même) nous sommes confrontés à un biais d'évaluation d'autant plus que le paramètre étudié (l'intensité douloureuse) est un critère subjectif (61).

Parmi les points forts de cette étude, notons qu'il s'agit d'un essai clinique pragmatique. Puisqu'il s'agissait de comparer un groupe recevant la thérapeutique à un groupe contrôle servant de référence, l'effet de la photobiostimulation a pu être étudié en limitant les biais de confusion (61).

En revanche, la randomisation n'a pas été respectée car ce n'est pas sur un mode aléatoire que les patients ont été répartis dans les deux groupes (la répartition a été influencée par le planning du cabinet). Ce défaut de randomisation limite donc la comparabilité des deux groupes (ils ne sont pas strictement comparables au niveau des variables types âge, sexe, etc), il y a un biais de sélection (61).

D'autre part, la validité interne de l'étude a été dépréciée par la présence d'un biais d'attrition (61). Ce biais s'explique par un taux de patients « perdus de vue » supérieur à 0. Nous n'avons recueilli les résultats que de 20 patients sur les 25 du groupe ATP38.

Dans cette étude, un seul critère de jugement a été étudié, il s'agit de la douleur post-opératoire. Puisque toute notre attention s'est portée sur ce seul critère, cela en renforce sa relevance. Cependant, puisque ce n'est pas un critère binaire, la pertinence de cette donnée dite « continue » est altérée (61).

D'après le consensus scientifique sur l'effet stimulant du métabolisme cellulaire de la photothérapie, les résultats de notre étude semblent s'intégrer dans un cadre logique. Outre le développement rationnel des mécanismes impliqués, nos résultats sont confortés par ceux d'une étude iranienne de 2018 comparant les suites opératoires après une chirurgie implantaire entre un groupe recevant le laser et un groupe placebo (62). Dans cet essai, il est observé une différence statistiquement significative entre les deux groupes avec un groupe placebo présentant un score EVA de douleur supérieur au groupe laser à 12h, 24h, 48h et 72h avec un  $p$ -value  $<0,05$  pour chaque mesure (valeurs obtenues par le même test statistique que dans notre étude, le test T de Student).

Groups	After 12 h		After 24 h		After 48 h		After 72 h	
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
Placebo	4.5	2.53	2.53	1.59	2.2	0.75	0.8	1.42
Laser	1.14	0.36	0.46	0.25	0.26	0.15	0.13	0.09
<i>P</i> value	$<0.001$		$<0.001$		0.004		0.04	

Tableau 5 : EVA à 12h, 24h, 48h et 72h comparée entre le groupe laser et le groupe placebo (62).

La cohérence externe de notre étude reste toutefois difficile à affirmer puisque malgré la concordance des résultats, on constate de grandes différences entre notre essai et le leur dans les protocoles de chirurgies (pose implantaire avec soulevé de sinus ou greffe osseuse), d'application de la photothérapie (dispositif employé, paramètres utilisés), de réalisation de l'étude (l'étude était en triple aveugle, 2 groupes de 30 patients de 18 à 30 ans, tous issus de l'école de chirurgie dentaire d'Ispahan en Iran).

Par ailleurs, aucune méta-analyse n'est réalisable à ce jour car la littérature n'est pas assez exhaustive en articles traitant de la gestion de la douleur en chirurgie implantaire par la photobiostimulation.

## Conclusion

La Low Level Laser Therapy constitue une thérapeutique novatrice en chirurgie buccale semblant présenter des résultats prometteurs dans la prise en charge des douleurs post-opératoires, notamment en chirurgie implantaire. Bien qu'une partie des mécanismes cellulaires et moléculaires ait déjà été décrite, des zones d'ombres persistent autour de ce concept, limitant sa visibilité et son attractivité auprès des professionnels de santé et de la population. Malgré l'enrichissement permanent de la littérature autour de ce sujet, la force des études traitant de la LLLT reste encore à améliorer. Les biais dans les essais sont encore trop nombreux et les protocoles et les résultats restent trop hétérogènes. Des études à plus grande échelle avec une standardisation plus rigoureuse des protocoles sont donc à concevoir pour accroître le crédit de cette thérapeutique.

La photothérapie semble toutefois se promouvoir comme une alternative ou du moins un complément non négligeable aux traitements médicamenteux dans la gestion des suites opératoires en chirurgie implantaire.

Ce concept est d'autant plus intéressant qu'au sein de notre société se dégage un septicisme croissant, voire un rejet des médicaments. La photobiostimulation pourrait donc s'avérer dans les années à venir un moyen efficace de fournir au patient le bien-être post-opératoire exigé sans risquer de subir les effets indésirables des médicaments.

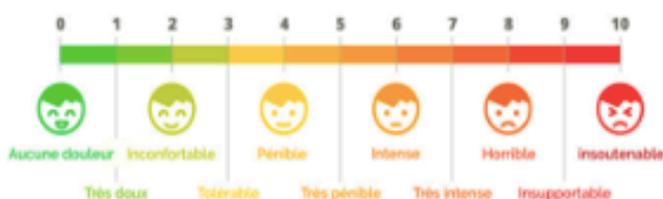
## Annexe

### LE FROID AU SERVICE DU CONFORT

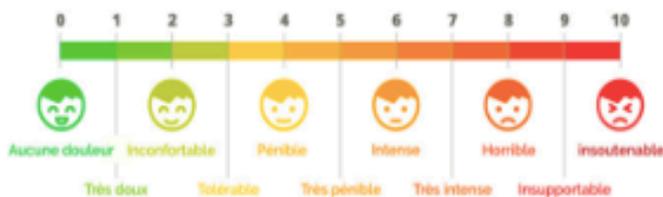
Afin de toujours améliorer votre confort après les soins, notre équipe vous conseille d'appliquer une poche de froid 15 minutes par heure jusqu'au coucher afin de maîtriser l'inflammation et d'accélérer votre cicatrisation.

Afin d'étudier son efficacité, entourez l'évaluation de votre ressenti à 24H, 48H et 72H sur une échelle de 1 à 10 (selon l'illustration ci-dessous) :

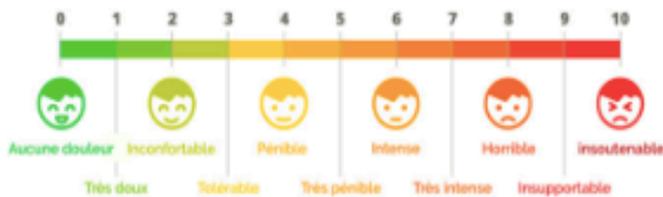
#### A 24 heures



#### A 48 heures



#### A 72 heures



L'assistante clinique vous demandera ces données téléphoniquement quelques jours après votre séance.

Un grand merci pour votre participation.

LUMIÈRE

Figure 7 : Fiche d'auto-évaluation de la douleur post-opératoire comportant les EVA à 24h, 48h et 72h pour les patients du groupe contrôle.

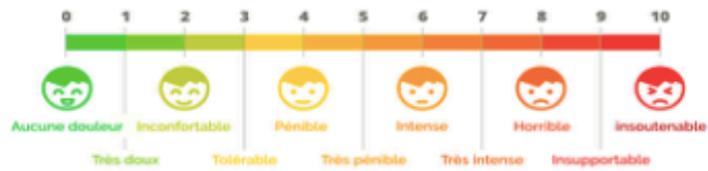
## L'ATP AU SERVICE DU CONFORT

Afin de toujours améliorer votre confort après les soins, notre équipe vous propose un nouveau protocole par la luminothérapie : l'ATP.

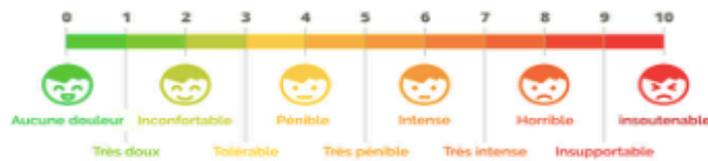
Ce procédé est une solution régénératrice qui permet de soulager la douleur, diminuer l'inflammation et accélérer la cicatrisation.

Afin d'étudier son efficacité, entourer l'évaluation de votre ressenti à 24H, 48H, 72H et 7 jours sur une échelle de 1 à 10 (selon l'illustration ci-dessous) :

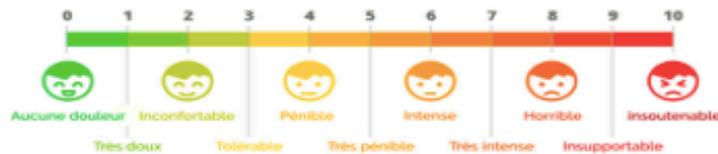
**A 24 heures**



**A 48 heures**



**A 72 heures**



Avez-vous été satisfait de l'ATP ? OUI MOYENNEMENT NON

Nous vous remercions de nous communiquer le document à l'adresse mail suivante :

[marilyne@cabinetlumiere.com](mailto:marilyne@cabinetlumiere.com)

Un grand merci pour votre participation.

Grâce à vous, la qualité de nos soins progresse !

Figure 8 : Fiche d'auto-évaluation de la douleur post-opératoire comportant les EVA à 24h, 48h et 72h pour les patients du groupe ATP38.

Patient	Sexe	Age	Antécédents médicaux majeurs	Nombre d'implants posés	Localisation et dimension des implants	Geste associé	Marque des implants	Vis de couverture ou vis de cicatrisation	ROG associée ? préciser	Force de serrage	Technique de soulèvement de sinus	Durée de la chirurgie
C.F.	H	56	Tabac>10/jour	8	17, 15, 13, 25, 26, 27(4,2x10), 11(3,6x10), 21(3,6x8)	Non	Biotech Dental	Vis de couverture	Cerabone granulate + Biobank + membrane de collagène	35Ncm	Fenêtre latérale	210
B.F.	H	29	RAS	1	16 (4,2x10)	Non	Alphabio	Vis de couverture	Cerabone granulate + éponge de collagène	35Ncm	Fenêtre latérale	60
B.S.	H	73	RAS	2	16, 17 (4,4x11)	MEF des implants 45, 46, 47 + DSR 13	Astra Tech	Vis de couverture	Cerabone granulate	35Ncm	Fenêtre latérale	90
B.A.	H	51	RAS	1	16 (4,5x11)	Extraction 47	Astra Tech	Vis de couverture	Cerabone granulate + membrane de collagène	35Ncm	Fenêtre latérale	45
A.D.	F	59	Allergie Pénicilline (donc Dalacine + Flagyl)	1	25 (4,2x10)	Non	Biotech Dental	Vis de couverture	Cerabone granulate + membrane de collagène	35Ncm	Fenêtre latérale	45
P.A.	H	55	RAS	2	26 (4,2x10),	Implant 46 (4,2x10) + Extraction 36	Biotech Dental	MEF 26 et 46	BioOss + membrane de collagène	35Ncm	Ostéotomie crestale	60
L.B.	F	38	RAS	1	26 (4,5x11)	Non	Astra Tech	Vis de couverture	Cerabone granulate + membrane de collagène	35Ncm	Fenêtre latérale	60
H.R.	F	78	RAS	2	25, 26 (4,2x10)	Non	Biotech Dental	26 : vis de couverture, 25 : vis de cicatrisation	Cerabone granulate + membrane de collagène	35Ncm	Fenêtre latérale	60
M.J	H	68	RAS	5	14, 15, 16, 17 (4,2x10)	Implant 45 (4,2x8)	Biotech Dental	14, 15, 16, 17 : vis de couverture, 45 : vis de cicatrisation	Cerabone granulate + membrane de collagène	35Ncm	Fenêtre latérale	75
C.Y.	F	36	RAS	1	17 (4,2x10)	Non	Biotech Dental	Vis de cicatrisation	Biobank + membrane de collagène	35Ncm	Fenêtre latérale	60
M.M.	F	56	RAS	1	17 (4,2x8)	Non	Biotech Dental	Vis de couverture	Membrane de collagène	35Ncm		60
G.F.	F	24	RAS	1	26 (4,5x9)	Non	Astra Tech	Vis de couverture	Cerabone granulate + membrane de collagène	35Ncm	Fenêtre latérale	30
C.A.	H	65	RAS	3	25, 26, 27 (4,2x10)	Non	Biotech Dental	Vis de couverture	Cerabone granulate + éponge de collagène	35Ncm	Fenêtre latérale	120
L.E.	F	40	RAS	1	26 (4,8x8)	Non	Straumann	Vis de couverture	Cerabone granulate + éponge de collagène	35Ncm	Ostéotomie crestale	60
C.J.	H	67	RAS	2	26, 27 (4,5x11)	Non	Astra Tech Osseospeed	26, 27 : vis de cicatrisation	Cerabone granulate + membrane de collagène	35Ncm	Fenêtre latérale	60
N.M.	F	71	RAS	2	26, 27 (4,5x9)	Non	Astra Tech Osseospeed	Vis de couverture	Non	35Ncm	Ostéotomie crestale	120
A.N.	F	48	Intolérante codéine	2	24, 25 (4,2x12)	Non	Biotech Dental	Vis de couverture	Cerabone granulate + membrane de collagène	35Ncm	Fenêtre latérale	60
M.O.	H	45	Hypothyroïdie	1	26 (4,6x12)	Non	Anthogyr Axiom BL PX	Vis de cicatrisation	Cerabone granulate	35Ncm	Fenêtre latérale	45
D.L.	H	43	Tabac : 10/jour	2	16, 26 (4,5x11)	Non	Astra Tech	16, 26 : vis de cicatrisation	BioOss + membrane de collagène	35Ncm	Fenêtre latérale	60
M.A.	H	60	Tabac : 2-3/semaine	2	26, 27 (4,5x11)	Non	Astra Tech Tx	26, 27 : vis de cicatrisation	BioOss + membrane de collagène	35Ncm	Fenêtre latérale	45
P.J.	F	77	RAS	1	25 (4x11)	Non	Astra Tech Tx	Vis de cicatrisation	BioOss + membrane de collagène	20Ncm	Fenêtre latérale	60
T.C.	F	54	RAS	8	14, 13, 11, 21, 23, 25, 27 (3,6x12), 17 (4,2x12)	Non	Biotech Dental	Vis de couverture	Cerabone granulate + membrane de collagène	35Ncm	27 : fenêtre latérale, 17 : ostéotomie crestale	120
C.G.	F	62	RAS	2	15 (4x12), 16 (5,2x10)	Non	Anthogyr Axiom PX	Vis de cicatrisation	BioOss + membrane de collagène	35Ncm	Fenêtre latérale	60
J.N.	F	60	RAS	3	16, 17 (4,2x10)	Implant 46 (4,2x10)	Biotech Dental	16, 17 : vis de couverture, 46 : vis de cicatrisation	Cerabone granulate	35Ncm	Fenêtre latérale	120

Tableau 6 : Recueil des données patients/technique chirurgicale/implant dans le groupe LLLT.

Patient	Sexe	Age	Antécédents médicaux majeurs	Nombre d'implants posés	Localisation et dimension des implants	Geste associé	Marque des implants	Vis de couverture ou vis de cicatrisation	ROG associée ? préciser	Force de serrage	Technique de soulèvement de sinus	Durée de la chirurgie (minutes)
P.C.	H	56	RAS	2	16 (4,6x8), 46 (4,6x10)	Extraction 16	Anthogyr Axiom PX	Vis de cicatrisation	Éponge de collagène	35Ncm	Ostéotomie crestale	60
M.F.	H	58	RAS	3	14 (3,4x12), 16 et 26(4,6x10)	Non	Anthogyr Axiom PX	Vis de couverture	Cerabone granulate + éponge de collagène	35Ncm	Fenêtre latérale	60
P.F.	H	36	RAS	4	16 (5x9), 37 (4,5x9), 47 (4,5x9), 26 (4,5x9)	Non	Astra Tech	Vis de couverture (26), vis de cicatrisation (16, 37, 47)	BioOss + membrane de collagène	35Ncm	Fenêtre latérale	90
O.N.	H	60	RAS	2	16 (4x10), 21 (4x12)	Non	Anthogyr	Vis de cicatrisation	BioOss + os autogène + membrane de collagène	35Ncm	Fenêtre latérale	60
G.I.	F	58	RAS	4	13, 14, 15 (3,4x10), 16 (4x10)	Non	Anthogyr Axiom PX	Vis de cicatrisation	Non	35Ncm	Ostéotomie crestale	60
I.G.	F	53	RAS	4	15 (4x11), 46 (4,5x9), 25 (4x11), 26 (5x9)	Non	Astratech TX	15, 46 : vis de cicatrisation, 25, 26 : vis de couverture	BioOss + membrane de collagène	35Ncm	Fenêtre latérale	60
T.I.	F	55	RAS	2	26 (4x12), 36 (4,6x6,5)	Non	Anthogyr Axiom PX	Vis de cicatrisation	BioOss + membrane	35Ncm	Fenêtre latérale	60
D.D.	H	68	RAS	3	16 (4,5x11), 23 (4x11), 26 (4x11)	Non	Astratech	Vis de cicatrisation	BioOss + membrane de collagène	35Ncm	Fenêtre latérale	60
B.R.	H	67	RAS	2	16, 26 (4,5x11)	Non	Astratech TX	Vis de cicatrisation	BioOss + membrane	35Ncm	Fenêtre latérale	60
A.P.	H	59	RAS	2	24 (3,4x14), 17 (4x12)	Non	Anthogyr Axiom PX	Vis de cicatrisation	Non	35Ncm	Ostéotomie crestale	60
A.M.	F	40	RAS	1	16 (4,6x10)	Non	Anthogyr Axiom PX	Vis de cicatrisation	BioOss + membrane de collagène	35Ncm	Fenêtre latérale	75
K.C.	H	58	RAS	2	15 (4x10), 37 (4,6x10)	Non	Anthogyr Axiom PX	Vis de cicatrisation	BioOss + membrane de collagène	35Ncm	Fenêtre latérale	30
T.P.	F	67	RAS	3	15, 16, 17 (4x10)	Non	Anthogyr Axiom PX	15 : vis de cicatrisation, 16, 17 : vis de couverture	BioOss + membrane de collagène	35Ncm	Fenêtre latérale	60
M.C.	F	80	Aspirine 100mg/j, bêta bloquant pour arythmie cardiaque	8	12, 22, 33, 43 (4x10), 15, 17, 25, 27 (4x12)	Non	Anthogyr Axiom PX	Mise en charge immédiate avec un bridge complet avec fausse gencive	Non	35Ncm	Ostéotomie crestale	120
B.V.	F	42	Allergie pénicilline	1	17 (4x8)	Non	Anthogyr Axiom PX	Vis de cicatrisation	Éponge de collagène	35Ncm	Ostéotomie crestale	60
F.M.	H	31	RAS	1	15 (4x8)	Extraction 15	Anthogyr Axiom PX	Vis de cicatrisation	BioOss +éponge de collagène	35Ncm	Ostéotomie crestale	60
S.S.	F	82	RAS	2	25 (4,6x10), 26 (5,2x8)	Non	Anthogyr Axiom PX	Vis de cicatrisation	BioOss + membrane de collagène	35Ncm	Fenêtre latérale	45
M.G.	H	75	Eliquis, Triatec, Cardensiell, Azilix	3	15, 16, 26 (4,6x10)	Extraction 27	Anthogyr Axiom REG	Vis de cicatrisation	BioOss + membrane de collagène	35Ncm	Fenêtre latérale	60
S.A.	H	69	RAS	7	13, 14, 16, 46, 35, 36, 13	Non	Anthogyr	Vis de cicatrisation	BioOss + membrane de collagène	35Ncm	Fenêtre latérale	45
P.O.	H	45	RAS	5	26 (5,2x10), 46, 36 (4,6x8), 47 (4x8), 37 (5,2x6,5)	Non	Anthogyr Axiom	Vis de cicatrisation	BioOss + membrane de collagène	35Ncm	Fenêtre latérale	60
G.O.	F	90	RAS	4	15, 25 (4,6x10), 14, 24 (3,'x10)	Non	Anthogyr Axiom REG	15, 25 (vis de couverture), 14, 24 (vis de cicatrisation)	BioOss + membrane de collagène	35Ncm	Fenêtre latérale	60
G.S.	F	50	RAS	8	16, 17, 26, 27, 36, 37, 46, 47	Non	Anthogyr Axiom PX	Vis de cicatrisation	BioOss + membrane de collagène	35Ncm	Fenêtre latérale	60

Tableau 7 : Recueil des données patients/technique chirurgicale/implant dans le groupe contrôle.

<b>Patients groupe</b>	<b>EVA</b>	<b>EVA</b>	<b>EVA</b>
<b>ATP 38</b>	<b>24h</b>	<b>48h</b>	<b>72h</b>
<b>C.F.</b>	4	4	3
<b>B.F.</b>	2	2	0
<b>B.S.</b>	2	1	0
<b>B.A.</b>	0	0	0
<b>A.D.</b>	3	2	2
<b>P.A.</b>	0	0	0
<b>L.B.</b>	0	0	0
<b>H.R.</b>	0	0	0
<b>M.J</b>	4	3	3
<b>C.Y.</b>	4	2	2
<b>M.M.</b>	2	1	1
<b>G.F.</b>	2	3	3
<b>C.A.</b>	1	0	0
<b>L.E.</b>	0	0	0
<b>C.J.</b>	1	1	1
<b>N.M.</b>	0	0	0
<b>A.N.</b>	1	1	1
<b>M.O.</b>	1	1	1
<b>D.L.</b>	3	3	3

<b>Patients groupe</b>	<b>EVA</b>	<b>EVA</b>	<b>EVA</b>
<b>contrôle</b>	<b>24h</b>	<b>48h</b>	<b>72h</b>
<b>P.C.</b>	6	6	4
<b>M.F.</b>	2	2	2
<b>P.F.</b>	6	2	0
<b>O.N.</b>	5	3	1
<b>G.I.</b>	5	4	3
<b>I.G.</b>	5	3	1
<b>T.I.</b>	0	0	0
<b>D.D.</b>	0	0	0
<b>B.R.</b>	2	1	1
<b>A.P.</b>	1	1	0
<b>A.M.</b>	3	5	1
<b>K.C.</b>	0	3	0
<b>T.P.</b>	7	3	0
<b>M.C.</b>	2	2	1
<b>B.V.</b>	1	1	1
<b>F.M.</b>	2	0	0
<b>S.S.</b>	3	0	0
<b>M.G.</b>	0	0	0
<b>S.A.</b>	2	1	0
<b>P.O.</b>	3	3	2
<b>G.O.</b>	8	6	7
<b>G.S.</b>	8	7	6

*Tableau 8 : Recueil des scores EVA à 24h, 48h et 72h chez les patients du groupe ATP38.*

*Tableau 9 : Recueil des scores EVA à 24h, 48h et 72h chez les patients du groupe contrôle.*

## Bibliographie :

1. Mei C-C, Lee F-Y, Yeh H-C. Assessment of pain perception following periodontal and implant surgeries. *J Clin Periodontol*. 2016 Dec 1;43(12):1151–9.
2. Douleur [Internet]. Inserm - La science pour la santé. [cited 2018 Oct 25]. Available from: <https://www.inserm.fr/information-en-sante/dossiers-information/douleur>
3. Reed and Van Nostran - 2014 - Assessing pain intensity with the visual analog sc.pdf [Internet]. [cited 2018 Nov 2]. Available from: <https://api-istex-fr.docelec.univ-lyon1.fr/document/4E5A7F9E7E068108F0909D202B07C890AA4CEF6E/fulltext/pdf?auth=ip,fede&sid=ebsco>
4. Guirimand F. Physiologie de la douleur: données récentes. 2003;24:7.
5. Apkarian et al. - 2005 - Human brain mechanisms of pain perception and regu.pdf [Internet]. [cited 2019 Apr 22]. Available from: <https://deepblue.lib.umich.edu/bitstream/handle/2027.42/90300/j.ejpain.2004.11.001.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
6. PubMed Central Full Text PDF [Internet]. [cited 2019 Apr 22]. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5969096/pdf/JCPE-45-578.pdf>
7. Pieretti et al. - 2016 - Gender differences in pain and its relief.pdf [Internet]. [cited 2019 Apr 22]. Available from: [http://old.iss.it/binary/publ/cont/ANN\\_16\\_02\\_09.pdf](http://old.iss.it/binary/publ/cont/ANN_16_02_09.pdf)
8. Beaudette JR, Fritz PC, Sullivan PJ, Piccini A, Ward WE. Investigation of factors that influence pain experienced and the use of pain medication following periodontal surgery. *J Clin Periodontol*. 2018 May;45(5):578–85.
9. Fretwurst T, Grunert S, Woelber JP, Nelson K, Semper-Hogg W. Vitamin D deficiency in early implant failure: two case reports. *Int J Implant Dent* [Internet]. 2016 Nov 25 [cited 2018 Nov 3];2. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5124022/>
10. Li X, Tang L, Lin YF, Xie GF. Role of vitamin C in wound healing after dental implant surgery in patients treated with bone grafts and patients with chronic periodontitis. *Clin Implant Dent Relat Res*. 2018 Oct 1;20(5):793–8.
11. Sol J-C. CHAPITRE 2 DOULEURS : BASES ANATOMIQUES, PHYSIOLOGIQUES ET PSYCHOLOGIQUES. :27.
12. How emotions influence pain perception in chronic pain - Body in Mind [Internet]. [cited 2018 Nov 3]. Available from: <https://bodyinmind.org/emotions-and-pain-perception/>
13. Pomares F. Caractérisation de la réponse cérébrale à la douleur et ses modulations. :162.
14. Fardal Ø, McCulloch CA. Impact of Anxiety on Pain Perception Associated With Periodontal and Implant Surgery in a Private Practice. *J Periodontol*. 2012 Sep 1;83(9):1079–85.
15. Atalay B, Ramazanoglu M, Tozan EN, Ozyuvaci H. Pain intensity and its objective determinants following implant surgery and sinus lifting: A 1-year prospective study. *Niger J Clin Pract*. 2017 Sep 1;20(9):1139.
16. PubMed Central Full Text PDF [Internet]. [cited 2018 Oct 22]. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5562125/pdf/ijmsv14p0721.pdf>
17. Wang F, Huang W, Zhang Z, Wang H, Monje A, Wu Y. Minimally invasive flapless vs. flapped approach for single implant placement: a 2-year randomized controlled clinical trial. *Clin Oral Implants Res*. 2017 Jun;28(6):757–64.
18. Morbidity following transcresal and lateral sinus floor elevation: A randomized trial - Farina - 2018 - Journal of Clinical Periodontology - Wiley Online Library [Internet]. [cited 2018 Oct 22]. Available from: <https://onlinelibrary-wiley-com.docelec.univ->

lyon1.fr/doi/full/10.1111/jcpe.12985

19. Tan WC, Krishnaswamy G, Ong MMA, Lang NP. Patient-reported outcome measures after routine periodontal and implant surgical procedures. *J Clin Periodontol*. 2014;41(6):618–24.
20. Dudala S. Oedème post-opératoire consécutif à l'avulsion des dents de sagesse incluses: quelles solutions? :299.
21. Silay E, Candirli C, Taskesen F, Coskuner I, Ceyhanli KT, Yildiz H. Could conscious sedation with midazolam for dental procedures be an alternative to general anesthesia? *Niger J Clin Pract*. 2013 Apr 1;16(2):211.
22. Info du patient - SFCO [Internet]. [cited 2019 Jun 2]. Available from: <https://societechirorale.com/fr/sfco/info-du-patient#.XPO92dMzRs>
23. Effets du tabac sur la maladie parodontale - EM|consulte [Internet]. [cited 2019 Jan 2]. Available from: <https://www.em-consulte.com/rmr/article/237461>
24. Jayaraman S. Interventions for replacing missing teeth: Antibiotics in dental implant placement to prevent complications: Evidence summary of Cochrane review. *J Indian Prosthodont Soc*. 2015;15(2):179–82.
25. Reco-Préscription-des-antibiotiques-en-pratique-buccodentaire\_Septembre2011.pdf.
26. Moslemi N, Shahnaz A, Bahador A, Torabi S, Jabbari S, Oskouei ZA. Effect of Postoperative Amoxicillin on Early Bacterial Colonization of Peri-Implant Sulcus: A Randomized Controlled Clinical Trial. *J Dent Tehran Iran*. 2016 Sep;13(5):309–17.
27. Paracétamol - EurekaSanté par VIDAL [Internet]. [cited 2019 Jan 2]. Available from: <https://eurekasante.vidal.fr/medicaments/bon-usage/paracetamol-aspirine-ains.html?pb=paracetamol>
28. Van der Weijden FA, Van der Sluijs E, Ciancio SG, Slot DE. Can Chemical Mouthwash Agents Achieve Plaque/Gingivitis Control? *Dent Clin North Am*. 2015 Oct 1;59(4):799–829.
29. [synthese\\_davis\\_bains\\_de\\_bouche.pdf](https://www.has-sante.fr/portail/upload/docs/application/pdf/2010-06/synthese_davis_bains_de_bouche.pdf) [Internet]. [cited 2019 Jan 2]. Available from: [https://www.has-sante.fr/portail/upload/docs/application/pdf/2010-06/synthese\\_davis\\_bains\\_de\\_bouche.pdf](https://www.has-sante.fr/portail/upload/docs/application/pdf/2010-06/synthese_davis_bains_de_bouche.pdf)
30. de Freitas LF, Hamblin MR. Proposed Mechanisms of Photobiomodulation or Low-Level Light Therapy. *IEEE J Sel Top Quantum Electron Publ IEEE Lasers Electro-Opt Soc* [Internet]. 2016 [cited 2018 Dec 6];22(3). Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5215870/>
31. Hamblin MR. Photobiomodulation or low-level laser therapy. *J Biophotonics*. 2016 Dec;9(11–12):1122–4.
32. Huang Y-Y, Sharma SK, Carroll J, Hamblin MR. Biphasic Dose Response in Low Level Light Therapy – An Update. *Dose-Response*. 2011 Sep 2;9(4):602–18.
33. Mécanismes d'action - Page 4 [Internet]. [cited 2019 Jun 8]. Available from: <https://meridiens.org/jmarcstephan/index.php/electroacupuncture-champs-magnetiques-et-laser/laser-de-faible-puissance-et-utilisation-en-acupuncture-principes-physiques-et-mecanismes-d-action?showall=&start=3>
34. Avcı P, Gupta A, Sadasivam M, Vecchio D, Pam Z, Pam N, et al. Low-level laser (light) therapy (LLLT) in skin: stimulating, healing, restoring. *Semin Cutan Med Surg*. 2013 Mar;32(1):41–52.
35. Poyton RO, Ball KA. Therapeutic Photobiomodulation: Nitric Oxide and a Novel Function of Mitochondrial Cytochrome C Oxidase. *Discov Med*. 2011 Feb 20;11(57):154–9.
36. Huang Y-Y, Nagata K, Tedford CE, Hamblin MR. Low-level laser therapy (810-nm) protects primary cortical neurons against excitotoxicity in vitro. *J Biophotonics*. 2014

Aug;7(8):656–64.

37. MS\_1985\_4\_192.pdf [Internet]. [cited 2019 Jan 31]. Available from: [http://www.ipubli.inserm.fr/bitstream/handle/10608/3331/MS\\_1985\\_4\\_192.pdf?sequence=1](http://www.ipubli.inserm.fr/bitstream/handle/10608/3331/MS_1985_4_192.pdf?sequence=1)
38. Hofmann et al. - NO and cGMP kinases.pdf [Internet]. [cited 2019 Apr 24]. Available from: <http://jcs.biologists.org/content/joces/113/10/1671.full.pdf>
39. Ristow M, Schmeisser K. Mitohormesis: Promoting Health and Lifespan by Increased Levels of Reactive Oxygen Species (ROS). Dose-Response. 2014 Jan 31;12(2):288–341.
40. Khuman J, Zhang J, Park J, Carroll JD, Donahue C, Whalen MJ. Low-Level Laser Light Therapy Improves Cognitive Deficits and Inhibits Microglial Activation after Controlled Cortical Impact in Mice. *J Neurotrauma*. 2012 Jan 20;29(2):408–17.
41. Poyton RO, Ball KA. Therapeutic Photobiomodulation: Nitric Oxide and a Novel Function of Mitochondrial Cytochrome C Oxidase. *Discov Med*. 2011 Feb 20;11(57):154–9.
42. Sperandio FF, Simões A, Corrêa L, Aranha ACC, Giudice FS, Hamblin MR, et al. Low-level laser irradiation promotes the proliferation and maturation of keratinocytes during epithelial wound repair. *J Biophotonics*. 2015 Oct;8(10):795–803.
43. Hoffman M, Monroe DM. Low intensity laser therapy speeds wound healing in hemophilia by enhancing platelet procoagulant activity. *Wound Repair Regen*. 2012;20(5):770–7.
44. Frozanfar A, Ramezani M, Rahpeyma A, Khajehahmadi S, Arbab HR. The Effects of Low Level Laser Therapy on the Expression of Collagen Type I Gene and Proliferation of Human Gingival Fibroblasts (Hgf3-Pi 53): in vitro Study. *Iran J Basic Med Sci*. 2013 Oct;16(10):1071–4.
45. FERNANDES AP, JUNQUEIRA M de A, MARQUES NCT, MACHADO MAAM, SANTOS CF, OLIVEIRA TM, et al. Effects of low-level laser therapy on stem cells from human exfoliated deciduous teeth. *J Appl Oral Sci*. 2016;24(4):332–7.
46. Ferraresi C, Kaippert B, Avci P, Huang Y-Y, de Sousa MVP, Bagnato VS, et al. Low-level laser (light) therapy increases mitochondrial membrane potential and ATP synthesis in C2C12 myotubes with a peak response at 3-6 hours. *Photochem Photobiol*. 2015 Mar;91(2):411–6.
47. Petrini M, Ferrante M, Trentini P, Perfetti G, Spoto G. Effect of pre-operative low-level laser therapy on pain, swelling, and trismus associated with third-molar surgery. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal*. 2017 Jul;22(4):e467–72.
48. Amid R, Kadkhodazadeh M, Ahsaie MG, Hakakzadeh A. Effect of Low Level Laser Therapy on Proliferation and Differentiation of the Cells Contributing in Bone Regeneration. *J Lasers Med Sci*. 2014;5(4):163–70.
49. Fujimoto K, Kiyosaki T, Mitsui N, Mayahara K, Omasa S, Suzuki N, et al. Low-intensity laser irradiation stimulates mineralization via increased BMPs in MC3T3-E1 cells. *Lasers Surg Med*. 2010;42(6):519–26.
50. Mikhail FF, El-Din M, Ibrahim T, Zekry K, Nemat A, Nasry S. Effect of Laser Therapy on the Osseointegration of Immediately Loaded Dental Implants in Patients under Vitamin C, Omega-3 and Calcium Therapy. *Open Access Maced J Med Sci*. 2018 Aug 15;6(8):1468–74.
51. Raiesian S, Khani M, Khiabani K, Hemmati E, Pouretzad M. Assessment of Low-Level Laser Therapy Effects After Extraction of Impacted Lower Third Molar Surgery. *J Lasers Med Sci*. 2017;8(1):42–5.
52. He WL, Yu FY, Li CJ, Pan J, Zhuang R, Duan PJ. A systematic review and meta-analysis on the efficacy of low-level laser therapy in the management of complication after

- mandibular third molar surgery. *Lasers Med Sci.* 2015 Aug 1;30(6):1779–88.
53. Aras MH, Güngörmüş M. Placebo-controlled randomized clinical trial of the effect two different low-level laser therapies (LLLT)—intraoral and extraoral—on trismus and facial swelling following surgical extraction of the lower third molar. *Lasers Med Sci.* 2010 Sep 1;25(5):641–5.
54. Effect of Low-level Laser Therapy on Postoperative Pain after Root Canal Retreatment: A Preliminary Placebo-controlled, Triple-blind, Randomized Clinical Trial - ScienceDirect [Internet]. [cited 2018 Oct 22]. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0099239917308154?via%3Dihub>
55. Nabi S, Amin K, Masoodi A, Farooq R, Purra AR, Ahangar FA. Effect of preoperative ibuprofen in controlling postendodontic pain with and without low-level laser therapy in single visit endodontics: A randomized clinical study. *Indian J Dent Res.* 2018 Jan 1;29(1):46.
56. Wu S, Zhou F, Wei Y, Chen WR, Chen Q, Xing D. Cancer Phototherapy via Selective Photoinactivation of Respiratory Chain Oxidase to Trigger a Fatal Superoxide Anion Burst. *Antioxid Redox Signal.* 2014 Feb 10;20(5):733–46.
57. Avci P, Nyame TT, Gupta GK, Sadasivam M, Hamblin MR. Low-Level Laser Therapy for Fat Layer Reduction: A Comprehensive Review. *Lasers Surg Med.* 2013 Aug;45(6):349–57.
58. Sperandio FF, Giudice FS, Corrêa L, Décio SP, Hamblin MR, de Sousa SCOM. Low-level laser therapy can produce increased aggressiveness of dysplastic and oral cancer cell lines by modulation of Akt/mTOR signaling pathway. *J Biophotonics.* 2013 Oct;6(10):839–47.
59. La photostimulation - ATP 38 - Cabinet d'Implantologie dentaire [Internet]. Docteur Alain CARRÉ. [cited 2019 Jun 8]. Available from: <https://www.dr-carre-alain.chirurgiens-dentistes.fr/la-photostimulation-atp-38/>
60. ATP 38 - Lien qualité [Internet]. [cited 2019 Jun 8]. Available from: <https://www.lienqualite.fr/atp38.php>
61. Cucherat - La lecture critique des essais thérapeutiques.pdf [Internet]. [cited 2019 May 19]. Available from: [http://www.chups.jussieu.fr/polys/certifopt/saule\\_coxib/theme/6lecturecritiquetap.pdf](http://www.chups.jussieu.fr/polys/certifopt/saule_coxib/theme/6lecturecritiquetap.pdf)
62. PubMed Central Full Text PDF [Internet]. [cited 2019 Jun 2]. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6378357/pdf/jlms-9-207.pdf>

**BANCAL Aurélie - La low level light therapy : étude d'un nouveau protocole dans la gestion de la douleur post-opératoire en chirurgie implantaire avec soulevé de sinus**

(Thèse : Chir. Dent. : Lyon : 2019.50)  
N°2019 LYO 1D 050

Résumé : Dans notre société actuelle, les exigences de bien-être tant per-opératoire que post-interventionnel, associées à une méfiance croissante envers les traitements médicamenteux aux effets indésirables non négligeables, nous imposent de rechercher des alternatives pour prendre en charge leurs suites opératoires. La photobiostimulation (LLLT) est une thérapeutique non pharmacologique consistant à appliquer un rayonnement lumineux de faible puissance à la surface du corps afin de stimuler le métabolisme cellulaire, la synthèse d'ADN et la traduction de l'ARNm. N'ayant aucun effet indésirable majeur ni de contre-indications absolues, ce traitement n'induit ni changement de structure tissulaire ni hausse de température et ne demande aucune administration de chromophore exogène.

La chirurgie implantaire avec soulevé de sinus est un geste relativement complexe à l'origine de suites opératoires plus lourdes qu'une simple pose d'implant. C'est au moyen d'une étude menée en cabinet dentaire que nous avons pu comparer l'apport de la LLLT par rapport à une prise en charge classique de la douleur post-opératoire du patient pour ce type de chirurgie. Il en résulte une douleur post-opératoire inférieure de manière statistiquement significative dans le groupe LLLT à 24h et 48h par rapport au groupe contrôle. Bien que ces résultats soient à pondérer du fait de la présence de biais dans notre étude, ceux-ci restent prometteurs et imposent de mener de nouveaux essais à plus grande échelle avec des protocoles plus rigoureux afin de renforcer la cohérence de nos observations.

Mots-clefs :

- Chirurgie implantaire
- Soulevé de sinus
- Douleur
- Photobiostimulation

Keywords :

- Implant surgery
- Sinus lift
- Pain
- Photobiostimulation

Jury :

Président. Monsieur le Professeur Olivier ROBIN

Assesseurs Monsieur le Docteur Bruno COMTE

Madame la Docteur Béatrice THIVICHON-PRINCE

Monsieur le Docteur Gilbert VIGUIE

Invité Monsieur le Docteur Marc BERDOUGO

Aurélie BANCAL, 12 rue Saint Jérôme  
69007, LYON

