



UNIVERSITE DE LILLE

FACULTE DE CHIRURGIE DENTAIRE

[Année de soutenance : 2026]

N°:

THESE POUR LE

DIPLOME D'ETAT DE DOCTEUR EN CHIRURGIE DENTAIRE

Présentée et soutenue publiquement le 8 Janvier 2026

Par WEISS Diane

Intérêt de la photobiomodulation dans la prise en charge
des effets secondaires des traitements oncologiques au
niveau de la sphère ORL

JURY

Président : Madame la Professeure Caroline Delfosse

Assesseurs : Monsieur le Docteur Laurent Nawrocki

Monsieur le Docteur Jérôme Vandomme

Madame le Docteur Julie Bemer

Président de l'Université :	Pr. R. BORDET
Directrice Générale des Services de l'Université :	A.V. CHIRIS FABRE
Doyen UFR3S :	Pr. D. LACROIX
Directrice des Services d'Appui UFR3S :	A. PACAUD
Vice-doyen département facultaire UFR3S-Odontologie :	Pr. C. DELFOSSE
Responsable des Services :	L. KORAÏCHI
Responsable de la Scolarité :	V MAURIAUCOURT

PERSONNEL ENSEIGNANT DE LA FACULTE

PROFESSEURS DES UNIVERSITES

K. AGOSSA	Parodontologie
P. BOITELLE	Prothèses
T. COLARD	Fonction-Dysfonction, Imagerie, Biomatériaux
C. DELFOSSE	Vice-doyen du département UFR3S-Odontologie Odontologie Pédiatrique Responsable du département d'Orthopédie dento-faciale
M. DEHURTEVENT	Co-responsable du département de Prothèses
B. LOUVET	Chirurgie orale (Professeur des universités associé)
T. MARQUILLIER	Odontologie Pédiatrique
L. ROBBERECHT	Responsable du département de Dentisterie Restauratrice Endodontie

MAITRES DE CONFERENCES DES UNIVERSITES

A. BLAIZOT	Prévention, Epidémiologie, Economie de la Santé, Odontologie Légale
F. BOSCHIN	Parodontologie
F CATHALA	Prévention, Epidémiologie, Economie de la Santé, Odontologie Légale (maître de conférences des Universités associé)
C. CATTEAU	Responsable du département de Prévention, Epidémiologie, Economie de la Santé, Odontologie Légale.
X. COUTEL	Biologie Orale
A. de BROUCKER	Fonction-Dysfonction, Imagerie, Biomatériaux
C. DENIS	Co-responsable du département de Prothèses
F. DESCAMP	Prothèses
M. DUBAR	Responsable du département de Parodontologie
A. GAMBIEZ	Dentisterie Restauratrice Endodontie
F. GRAUX	Prothèses
M. LINEZ	Dentisterie Restauratrice Endodontie
G. MAYER	Prothèses
L. NAWROCKI Lille	Responsable du département de Chirurgie Orale Chef du Service d'Odontologie A. Caumartin - CHU
C. OLEJNIK	Responsable du département de Biologie Orale
P. OLEKSIK	Dentisterie Restauratrice Endodontie (maître de conférences des Universités associé)
H. PERSOON	Dentisterie Restauratrice Endodontie (maître de conférences des Universités associé)
C. PRUVOST	Prévention, Epidémiologie, Economie de la Santé, Odontologie Légale (maître de conférences des Universités associé)
P. ROCHER	Fonction-Dysfonction, Imagerie, Biomatériaux
M. SAVIGNAT Dysfonction,	Responsable du département de Fonction- Imagerie, Biomatériaux
T. TRENTESAUX	Responsable du département d'Odontologie

Pédiatrique

J. VANDOMME Prothèses

R. WAKAM KOUAM Prothèses

PRATICIEN HOSPITALIER et UNIVERSITAIRE

M. BEDEZ Biologie Orale

Réglementation de présentation du mémoire de Thèse

Par délibération en date du 29 octobre 1998, le Conseil de la Faculté de Chirurgie Dentaire de l'Université de Lille a décidé que les opinions émises dans le contenu et les dédicaces des mémoires soutenus devant jury doivent être considérées comme propres à leurs auteurs, et qu'ainsi aucune approbation ni improbation ne leur est donnée.

Aux membres du jury...

Madame la Professeure Caroline DELFOSSE

Professeure des Universités – Praticien Hospitalier

Section Développement, Croissance et Prévention

Département Odontologie Pédiatrique

Docteur en Chirurgie Dentaire

Doctorat de l'Université de Lille 2 (mention Odontologie)

Habilitation à Diriger des Recherches (Université Clermont Auvergne)

Diplôme d'Etudes Approfondies Génie Biologie & Médical - option Biomatériaux

Maîtrise de Sciences Biologiques et Médicales

Diplôme d'Université « Sédation consciente pour les soins bucco-dentaires »

Diplôme d'Université « Gestion du stress et de l'anxiété »

Diplôme d'Université « Compétences cliniques en sédation pour les soins dentaires »

Diplôme Inter Universitaire « Pédagogie en sciences de la santé »

Formation Certifiante en Education Thérapeutique du Patient

Vice-doyen du Département facultaire UFR3S-Odontologie – Lille

Responsable du Département d'Orthopédie dento-faciale

Merci d'avoir accepté de présider ma soutenance et de m'avoir accordé un délai supplémentaire à la rédaction de ma thèse. Vous avez fait preuve d'une compréhension que je ne pouvais espérer. Votre implication au sein de la faculté est une source d'inspiration pour moi. Je vous adresse toute ma gratitude et mon respect.

Monsieur le Docteur Laurent NAWROCKI

Maître de Conférences des Universités – Praticien Hospitalier

Section 57 et sous-section 57-01 : Chirurgie Orale, Parodontologie, Biologie Orale

Département Chirurgie Orale

Docteur en Chirurgie Dentaire

Docteur en Odontologie

Certificat d'Etudes Supérieures d'Anatomie générale et Organogenèse

Certificat d'Etudes Supérieures d'Histologie et Cytologie générales

Certificat d'Etudes Supérieures de Biochimie générale

Maîtrise en Biologie Humaine

C.E.S. d'Odontologie chirurgicale

Attestation Universitaire d'Implantologie (Paris VII)

Chef du Service d'Odontologie Abel CAUMARTIN du CHU de Lille

Coordonnateur local odontologique du Diplôme d'Etudes Spécialisées de Chirurgie Orale

Responsable du département universitaire de Chirurgie Orale

Responsable de l'Unité Fonctionnelle de Chirurgie Orale - CHU de Lille

Membre du Conseil d'Administration et du Bureau de la Société Française de Chirurgie Orale

C'est un immense plaisir pour moi de vous compter parmi les membres de mon jury. J'ai eu la chance de vous côtoyer durant mes années en clinique à Lille, et vous suis énormément reconnaissante du temps que vous aurez pris à lire mon manuscrit et assister à ma thèse.

Monsieur le Docteur Jérôme VANDOMME

Maître de Conférences des Universités – Praticien Hospitalier

Section de Réhabilitation Orale

Département Prothèses

Docteur en Chirurgie Dentaire

Docteur en Biologie de l'Université de Lille2

Master II Biologie Santé

Master I des Sciences Biologiques et Médicales

Chargé de Mission Nouvelles Technologies

Merci d'avoir chaleureusement accepté de faire partie de mon jury. Vous êtes de ces professeurs toujours très à l'écoute, et votre intérêt profond pour votre profession est une source d'inspiration.

Madame le Docteur Julie BEMER

Praticien hospitalier - odontologiste des Hôpitaux

Docteur en Chirurgie Dentaire, spécialiste qualifiée en chirurgie orale

Ancienne interne en odontologie

Ancienne assistante hospitalo-universitaire

Ancien praticien des Centres de lutte contre le Cancer (Centre Alexis Vautrin, Nancy)

Master de Recherche ingénierie de la Santé et Science du médicament,

Spécialité bio-ingénierie médicaments ciblage

Diplôme d'Études spécialisées en Chirurgie Buccale

Cheffe du service d'odontologie du Groupe Hospitalier Havre

Professeur Associé Universitaire - Département d'Odontologie - UFR Santé de Rouen

Je vous remercie de m'avoir accueillie il y a 2 ans, les bras ouverts, à l'Hôpital Flaubert pour réaliser ma dernière année. Et particulièrement d'avoir accepté de m'accompagner comme vous l'avez fait à la rédaction de ma thèse et cela malgré un planning extrêmement chargé. Je vous remercie pour les compétences cliniques que vous m'avez apportées durant mon année à vos côtés et les connaissances scientifiques essentielles à la mise en œuvre d'un travail de thèse exigeant et rigoureux.

Abréviations

ORL : Oto-rhino-laryngologie

PBM : Photobiomodulation

LLLT : Low level light/laser therapy

LASER : Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation

NO : Oxyde Nitrique / Monoxyde d'azote

ATP : Adénoside tri phosphate

ROS : Reactive Oxygen Species

Ca²⁺ : Ion Calcium

TRPV : Transient Receptor Potential Vanilloïde

MMPs : Métalloprotéinase matricielle

OMS : Organisation Mondiale de la Santé

MASCC : Multinational Association for Supportive Care in Cancer

ISOO : International Society of Oral Oncology

ESMO : European Society for Medical Oncology

ADN : Acide désoxyribonucléique

DSRC : Dispositif Spécifique Régional du Cancer

CT : Chimiothérapie

RT : Radiothérapie

HSCT : Greffe de cellules souches hématopoïétiques

DMFT : decayed missing and filled permanent

INCA : institut national du Cancer

EVA : Échelle visuelle Analogique

TESS : Treatment Emergent Symptom Scale

UW-QOL : University of Washington Quality of Life Questionnaire

LCNC : Lésions cervicales non carieuses

RCMI/IMRT : Radiothérapie conformationnelle avec modulation d'intensité

Table des matières

Introduction	14
I. Le laser	15
1. Historique	15
2. Principes physiques	16
2.1 La lumière et l'atome	16
2.2 Caractéristiques du laser	17
2.3 Le processus d'absorption et d'émission stimulée	17
2.4 Notion d'inversion de population	18
3. Les éléments constitutifs d'un laser	19
II. Spécificités du Low Level Laser Therapy (LLLT) ou thérapie par photobiomodulation	20
1. Historique	20
2. Mécanisme d'action du Low Level laser Therapy	20
2.1 En intra-cellulaire	21
2.2 Au niveau de la membrane cellulaire	22
2.3 Au niveau de la matrice extra-cellulaire	22
3. Effets biologiques ciblés en odontologie	24
4. Les différents paramètres du Low Level Laser Therapy	25
4.1 La longueur d'onde	25
4.2 Le mode d'émission	25
4.3 La puissance de sortie	25
4.4 L'irradiance	26
4.5 La dose énergétique ou fluence recommandée	26
4.6 Le temps d'irradiation par point	27
III. Applications cliniques chez les patients atteints de cancer ORL	28
1. Population de patients concernés par les traitements oncologiques de la sphère ORL	28
2. Les traitements oncologiques de la sphère ORL	28
2.1 Les types de traitements	28
2.1.1 Chimiothérapie	28
2.1.2 Radiothérapie	28
2.2 Effets secondaires	29
2.2.1 Notion de soins de support	29
2.2.2 Effets secondaires intéressant la sphère orale	30
2.2.3 Les paramètres recommandés pour la gestion des effets secondaires	34
3. Effets thérapeutiques du Low Level Laser Therapy	39
3.1 Spécifiques aux mucites	39
3.2 Spécifiques à la xérostomie	41
3.3 Spécifiques à l'hypersensibilité dentinaire	43
3.4 Autres voies d'applications thérapeutiques en cours d'évaluation	44
IV. La thérapie par photobiomodulation au centre de radiothérapie du Havre	46
1. Présentation du centre de radiothérapie du Havre	46
2. Le dispositif utilisé : le laser	47
3. Le protocole utilisé	49
3.1 Documentation clinique et administrative	49
3.2 Déroulement d'une séance	50

V. Perspectives	52
Conclusion	54
Références bibliographiques	58
Annexes.....	63

Introduction

Les traitements oncologiques de cancers incluant la chimiothérapie et la radiothérapie de la sphère ORL ont des répercussions importantes sur la sphère buccale avec un retentissement possible sur la qualité de vie des patients pendant et après leurs traitements. Ceci explique l'importance majeure de définir les caractéristiques de ces effets indésirables pour ainsi étudier des thérapeutiques qui viseraient à les limiter.

Ainsi, depuis son introduction à la suite de travaux de recherches d'Albert Einstein, au début du 20ème siècle, le laser est utilisé en médecine.

Issue de cette technologie du laser, la photobiomodulation (PBM) existe depuis plus de 50 ans. Avant l'acceptation universelle du terme photobiomodulation en 2015, plus de 70 terminologies différentes étaient utilisées pour décrire ce traitement : la thérapie par laser de faible intensité ou basse énergie (LLLT ou low level laser/light therapy), le laser froid, et la photobiostimulation.

Tous s'accordent à définir qu'il s'agit d'une méthode thérapeutique utilisant le laser basse énergie, c'est-à-dire une source lumineuse de faible intensité (visible ou proche de l'infrarouge) dans l'objectif de stimuler les processus biologiques. (16)

Ainsi, depuis de nombreuses années, la multiplication des articles concernant le laser utilisé à faible puissance dans quasiment toutes les spécialités médicales (odontologie, médecine sportive, dermatologie, médecine esthétique, neurologie, psychiatrie, etc.) ne fait qu'accroître son champ d'application.

Ceci nous amène à penser qu'il a toute sa place dans les soins de supports oncologiques notamment quand nous soulignons son impact sur **l'inflammation**, la **réparation tissulaire** et la **douleur**.

Plus généralement, le terme laser fait référence à l'amplification de la lumière par émission stimulée ou excitée et à l'amplification de la distribution de la lumière excitée.

On parle de photobiostimulation dans le cas du Low level laser/light therapy (LLLT) car les lasers de faible intensité n'ont pas d'effet chauffant sur les tissus. En réalité, le débit de dose n'entraîne pas de changement macroscopique visible dans la structure des tissus ni d'augmentation immédiatement perceptible de leur température ce qui rend une augmentation de température possible mais insuffisamment importante donc négligeable.

Afin de préciser les principes thérapeutiques de la photobiomodulation, des rappels sur les principes physiques des lasers sont nécessaires.

I. Le laser

1. Historique

D'après de nombreux historiens, l'histoire du laser remonte à **Albert Einstein**. Dès **1917**, il fut le précurseur des travaux de recherches sur le laser, et le premier à évoquer l'existence du phénomène physique à l'origine du laser : **l'émission stimulée**.

En 1939, Valentin Fabrikant théorise l'utilisation de l'émission stimulée pour amplifier le rayonnement.

11 ans plus tard, Charles Townes, Nikolay Basov et Alexander Prokhorov développent la théorie quantique d'émission stimulée. Puis c'est en **1959**, que **Gordon Gould**, diplômé de l'université de Columbia, suggère que l'émission stimulée peut être utilisée pour amplifier la lumière. Il décrit un résonateur optique capable de créer un faisceau étroit de lumière cohérente et l'appelle **LASER**, acronyme de « Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation » (Amplification de la lumière par émission stimulée de rayonnement).

Mais ce n'est qu'en 1960, dans un laboratoire en Californie, que le premier laser vit le jour. **Théodore Mairman** créa le premier **oscillateur à rubis** émettant un faisceau lumineux d'un rouge profond dont la longueur d'onde est de **694,3 nm**. (15)(17)

2. Principes physiques

2.1 La lumière et l'atome

Un **atome** est constitué d'un noyau entouré d'**électrons** qui se déplacent sur des orbitales spécifiques. Le noyau, chargé positivement, est ainsi opposé aux électrons, chargés négativement.

Les électrons ne peuvent pas occuper n'importe quelle position autour du noyau ; ils se trouvent à des distances précises de celui-ci en fonction de leur orbitale. Cependant, ils peuvent changer leur distance en passant d'une orbitale à une autre. Ils modifient alors leur niveau d'énergie pour s'adapter à la nouvelle orbitale.

Pour se rapprocher du noyau, un électron doit libérer une partie de son énergie sous forme de photons, correspondant à l'excès d'énergie qu'il abandonne en s'approchant du noyau.

Ainsi, un **photon** est une forme d'énergie émise par la matière. C'est une particule d'énergie, qui, bien qu'elle soit sans masse, interagit avec la matière comme une onde. C'est pourquoi on parle également d'onde électromagnétique pour décrire un photon ou une particule de lumière.

La lumière dite blanche est donc une onde électromagnétique capable de se propager dans le vide comme dans la matière. Au sens strict, elle désigne un type de rayonnement électromagnétique visible pour l'œil humain.

Elle résulte de la superposition de multiples radiations monochromatiques dont les longueurs d'onde s'échelonnent approximativement de **380 nm (violet)** à **780 nm (rouge)**, couvrant ainsi l'ensemble du spectre visible.

2.2 Caractéristiques du laser

Le faisceau laser se distingue de la lumière ordinaire émise par les lampes classiques. Alors que la lumière classique se diffuse dans toutes les directions, le laser, est un dispositif qui amplifie et concentre la lumière en un **faisceau étroit et cohérent**, dans lequel ondes et photons se propagent de manière synchronisée, plutôt que de manière aléatoire (15).

La première caractéristique qui différencie le laser de la lumière ordinaire est donc sa **cohérence spatiale**. Le faisceau laser, lorsqu'il se propage, demeure parallèle et concentré et forme un mince trait lumineux lorsqu'il est stoppé par un obstacle.

Dans le spectre visible, la couleur du faisceau laser est unique et définie, ce qui permet de dire qu'il est **monochromatique**, une deuxième caractéristique que l'on nomme la **cohérence temporelle**.

Ces deux formes de cohérences décrivent un champ électromagnétique dans lequel les photons se trouvent dans un seul mode de champ, ou dans un nombre limité de modes. Un mode de champ est défini par des propriétés comme la fréquence, la direction de propagation et la polarisation. (15)

2.3 Le processus d'absorption et d'émission stimulée

Le terme « laser » signifie « amplification de la lumière par émission stimulée de rayonnement ». Son fonctionnement repose sur **deux interactions principales** entre les atomes et le rayonnement (15). Cependant, il est utile d'expliquer les trois processus d'**interaction résonnante atome-rayonnement** pour mieux comprendre ce concept.

En 1913, **Niels Bohr** a proposé la théorie que l'atome peut absorber ou émettre de la lumière en effectuant une transition quantique entre deux niveaux d'énergie. Cette idée repose sur deux processus d'interaction : l'**absorption et l'émission spontanée**. Bohr a démontré qu'un atome stable, dans son état d'énergie basse (E_1), peut absorber de l'énergie et passer à un niveau d'énergie supérieur instable (E_2). Ensuite, l'atome retrouve spontanément son état stable (E_1) en libérant l'énergie initialement absorbée (20).

Autrement dit, lors du processus d'absorption, l'atome passe de son état fondamental (E_1) à un état excité (E_2) en absorbant un photon, ce qui réduit l'intensité de l'onde incidente. Puis, dans le cadre de l'émission spontanée, l'atome excité retourne à son état fondamental en émettant un photon dans une direction aléatoire, sans nécessité de rayonnement incident pour déclencher cette émission (15).

En 1917, **Albert Einstein** a introduit un troisième processus : **l'émission stimulée**. Lorsqu'un atome excité par une première absorption d'énergie absorbe encore plus d'énergie, il atteint un niveau d'énergie très élevé (E_2) mais très instable, puis libère simultanément toute l'énergie en revenant à son état fondamental (E_1) (20). En d'autres termes, lorsqu'un photon rencontre un atome déjà excité, cela peut provoquer sa désexcitation, libérant ainsi un second photon identique au photon incident.

Par conséquent, on obtient deux photons (l'incident et l'émis) aux mêmes caractéristiques. Ce phénomène, comme évoqué, est une caractéristique fondamentale du faisceau laser.

Si les photons incidents appartiennent à un certain mode de rayonnement, le photon émis le conserve également. Ainsi, l'onde émise a la même direction et la même phase que l'onde incidente, entraînant une amplification de cette dernière (15).

2.4 Notion d'inversion de population

Un atome se trouve naturellement dans son état d'équilibre c'est-à-dire, son état fondamental de basse énergie (soit E_1) qui lui est permis par le phénomène d'émission spontanée.

Mais pour que le phénomène d'émission stimulée prédomine, avec un plus grand nombre d'atomes dans un haut niveau d'énergie, c'est à dire excités, qu'à l'état fondamental de basse énergie, il faut leur imposer un état hors d'équilibre en leur fournissant de l'énergie qui les portera à leur état excité : c'est ce qu'on appelle l'inversion de population.

Cette énergie leur est fournie via un **système de pompage**. (15)

3. Les éléments constitutifs d'un laser

Les trois éléments essentiels d'un laser sont :

- Un **milieu amplificateur**

Le milieu amplificateur est un matériau dans lequel l'émission stimulée peut avoir lieu. Ce milieu possède une gamme spécifique de fréquences dans lesquelles il peut amplifier la lumière.

- Un **système de pompage** (source d'énergie)

Le système de pompage sert à exciter le milieu amplificateur et à créer une inversion de population. C'est-à-dire un milieu où nous comptons plus d'atomes dans l'état excité que dans l'état fondamental.

- Une **cavité optique**

Formée de miroirs, elle renvoie la lumière dans le milieu amplificateur et impose au faisceau ses propriétés spatiales (direction, divergence) et temporelles (spectre de fréquences).

Un des miroirs est partiellement transparent : il laisse échapper une fraction de la lumière donnant ainsi le faisceau laser.

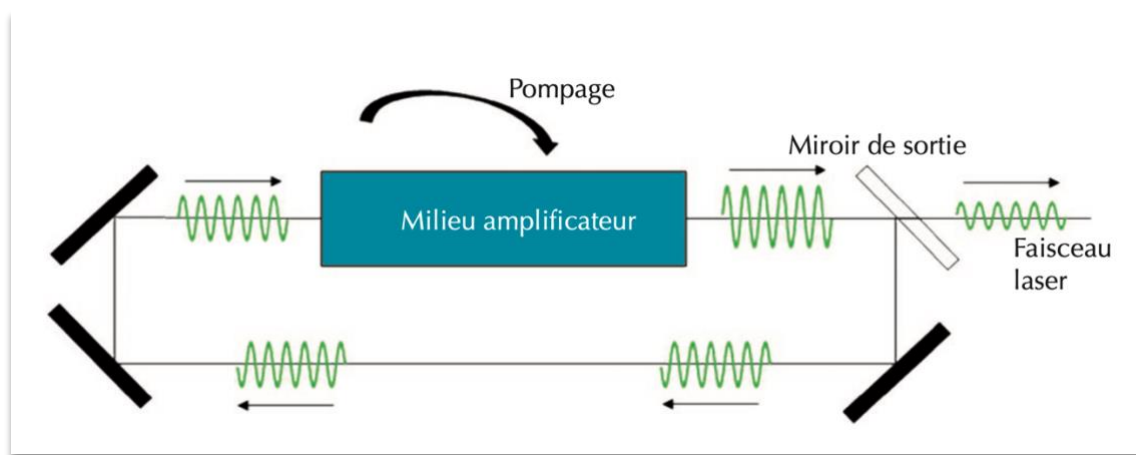


Figure 1: Schéma illustrant le principe de fonctionnement du laser (15)

La compréhension des propriétés physiques du laser permet d'introduire la photobiomodulation, application thérapeutiques spécifique reposant sur son utilisation à faible intensité.

II. Spécificités du Low Level Laser Therapy (LLLT) ou thérapie par photobiomodulation

1. Historique

En 1967, le Dr **Endre Mester**, de l'université médicale de Semmelweis à Budapest, a tenté de reproduire une expérience menée pour la première fois par **Paul McGuff** à Boston, aux États-Unis dont la finalité fut de tester le laser rubis récemment découvert pour tenter de guérir des tumeurs malignes implantées chez le rat.

Cependant, le laser à rubis sur mesure de Mester ne possédait qu'une très petite fraction de la puissance du laser de McGuff. Bien qu'il n'ait pu guérir aucune tumeur avec son faisceau laser de faible puissance, il a observé un taux plus élevé de croissance des poils et une meilleure cicatrisation des plaies causées par l'implantation des tumeurs.

C'est alors qu'il fit la **découverte fortuite** du **pouvoir biostimulant du laser de basse intensité**, constituant la première indication de l'utilisation de la lumière laser de faible intensité en médecine. (18)

Le laser HeNe de 1 milliwatt (mW) a été le premier laser de biostimulation disponible dans le commerce. Aujourd'hui, le laser LLLT le plus utilisé en dentisterie est le laser gallium-aluminium-arsénide (780 et 830 nm). (4)

2. Mécanisme d'action du Low Level Laser Therapy

Après de nombreuses années de recherche in vitro, les études animales et, plus récemment, les essais cliniques sur l'homme, ont fourni une quantité considérable d'informations sur les mécanismes associés à la photobiomodulation et sur son intérêt dans notre pratique clinique.

Le principe de fonctionnement est le transfert de l'énergie photonique incidente à une cible cellulaire, qui affecte ensuite le métabolisme des organites intracellulaires. On considère que l'une des principales cibles de cette forme de thérapie est la **mitochondrie**, qui réagit à l'absorption des longueurs d'onde de

la lumière rouge ou proche de l'infrarouge (IR) par une augmentation de l'activité de la chaîne respiratoire de transport d'électrons. (5)

L'effet biostimulant de l'irradiation laser entraîne des changements physiologiques, métaboliques et fonctionnels chez les micro-organismes vivants.

Il en résulte une **augmentation de la production d'ATP**, et de **monoxyde d'azote (NO)**, accompagnée d'effets complexes en aval sur l'expression des gènes, qui donnent lieu à de nombreux changements bénéfiques pour le **métabolisme cellulaire**. (5)

2.1 En intra-cellulaire

- Dans la mitochondrie

La **mitochondrie** est un organite cellulaire présent dans toutes les cellules eucaryotes (animales, végétales et fongiques) qui a pour fonction principale de produire de l'énergie sous forme d'adénosine triphosphate (ATP) par le processus de la **respiration cellulaire** : le glucose y achève son métabolisme via trois étapes que sont la glycolyse, le cycle de Krebs et le transport des électrons. L'ATP est la molécule qui constitue le réservoir énergétique de la cellule. (1)

La **cytochrome c oxydase** est l'enzyme terminale de cette chaîne respiratoire dans les cellules eucaryotes. Elle assure le **transfert des électrons** du cytochrome c à l'oxygène moléculaire.

Elle est également considérée comme le photo-accepteur et le transducteur de signaux photosensibles dans la région du visible et de l'infrarouge. (19) Car l'absorption des longueurs d'ondes de la lumière rouge ou proche de l'infrarouge par la mitochondrie par l'intermédiaire de ce principal photo-accepteur provoque alors une cascade biochimique avec :

- Une **activation directe du cytochrome c oxydase** et des **canaux ioniques de calcium (Ca^{2+})**,
- Une augmentation de la **production d'adénosine triphosphate (ATP)** et de **monoxyde d'azote (NO)**,

- Une courte **explosion d'espèces réactives de l'oxygène (ROS)** et une **modulation des niveaux de Ca^{2+}** . (16) (23) (24)

Ces molécules induisent, de manière dose-dépendante, une activation de facteurs de transcription.

- *Dans le noyau*

S'en suit l'**activation** dans le noyau cellulaire de **plusieurs gènes** et molécules effectives impliqués dans les voies de signalisation de la réplication cellulaire, une **augmentation de l'oxygénation** des tissus, la synthèse de protéines, la modulation des niveaux de cytokines, des facteurs de croissance et des médiateurs inflammatoires. (16)

2.2 Au niveau de la membrane cellulaire

On assiste à l'activation par la lumière des récepteurs photosensibles et transporteurs d'ions, comme les **opsines** et les **canaux ioniques** du potentiel récepteur transitoire de la famille des vaniliodés (Transient Receptor Potential VAnilloïde, TRPV).

L'**activation du TRPV** entraîne une perméabilisation non sélective de la membrane plasmique au **Ca^{2+}** , on assiste à une entrée de calcium intracellulaire qui modifie le potentiel de membrane et interagit avec des enzymes secondaires (ROS et cAM) jouant un rôle dans la diminution du stress oxydatif et dans l'activation des facteurs de transcription.

2.3 Au niveau de la matrice extra-cellulaire

On assiste à une augmentation de la synthèse des composants de la matrice. La LLLT active les **fibroblastes**, et ainsi la **production de collagène** de type I et II. (23)

L'**activation du TGF β 1** latent via un mécanisme rédox (ROS) augmente ainsi la sécrétion de protéines matricielles atténuant l'inflammation tout en favorisant la régénération tissulaire. (16)

La LLLT module l'**activité des macrophages** et des cellules immunitaires entraînant une diminution de la sécrétion de protéines pro-inflammatoires dans la matrice et l'augmentation de la sécrétion de cytokines réparatrices.

La sécrétion des métalloprotéinases dégradantes (MMPs) et de ses inhibiteurs est contrôlée, favorisant ainsi le remodelage de la matrice extra cellulaire. (23)

La **libération de monoxyde d'azote** (NO) à l'extérieur de la cellule agit comme puissant vasodilatateur, ce qui améliore la microvascularisation locale tant vasculaire que lymphatique, favorisant ainsi les processus de réparation locale.

Pour résumer cette partie, il nous a semblé pertinent de proposer un schéma illustrant les principaux mécanismes d'action cellulaire du LLLT.

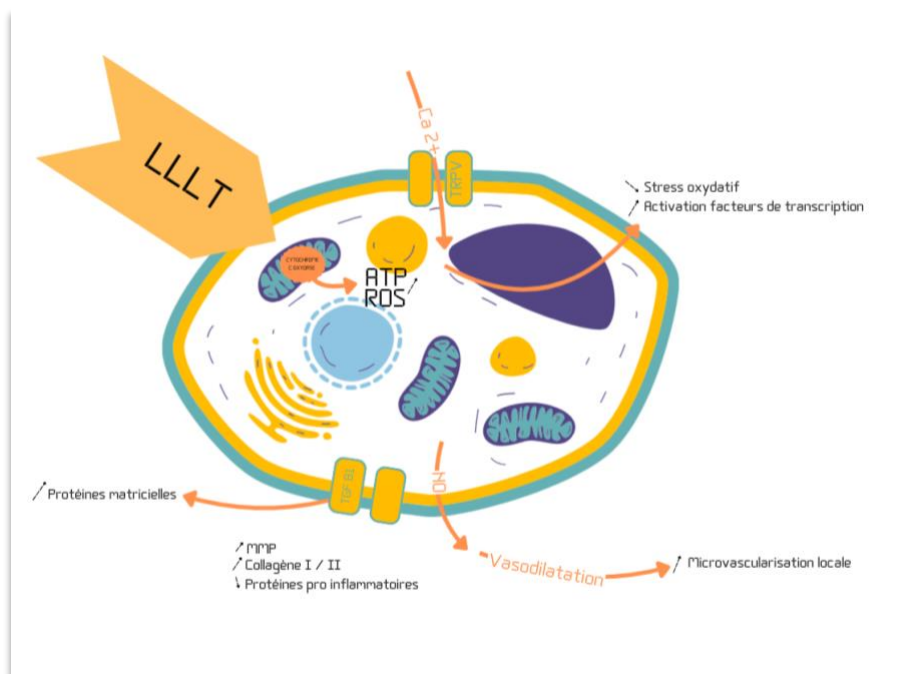


Figure 2 : Schéma personnel illustrant les mécanismes d'action cellulaire du Low Level Laser Therapy

3. Effets biologiques ciblés en odontologie

La production accrue d'ATP **stimule** le métabolisme intra cellulaire de réparation et prolifération. La modulation des radicaux libres (ROS) a un effet anti inflammatoire. L'activation des facteurs de transcription stimule les gènes de croissance et la synthèse prothétique de collagène, de facteurs de croissance et de cytokines réparatrices. Cela démontre son impact dans la **cicatrisation des plaies des muqueuses**, la **régénération osseuse** et la **réparation des lésions nerveuses**.

Au niveau membranaire, l'ouverture des canaux ioniques (Ca^{2+} notamment) entraine une cascade intracellulaire. Il est prouvé qu'en cas d'inflammation ou lésion, cette perméabilité augmentée aux ions provoque une modulation du gradient électrochimique, déstabilisé dans ce contexte, favorisant ainsi l'activation de voies de signalisation, inhibant la conduction nerveuse, et contribuant ainsi à un **effet analgésique** certain. (24)

Au niveau extra-cellulaire, la stimulation des fibroblastes qui synthétisent le collagène, et des ostéoblastes ainsi que la régulation des macrophages induisent une **meilleure cicatrisation**, une **réduction de l'inflammation** et une amélioration des **tissus de soutien**.

Ainsi, la compréhension des mécanismes d'action cellulaires et tissulaires de la photobiomodulation permet de justifier et d'optimiser le choix des paramètres dosimétriques qui conditionnent directement la profondeur de pénétration photonique, l'absorption par les chromophores intracellulaires (notamment la cytochrome c oxydase) et, par conséquent, la réponse biologique obtenue.

4. Les différents paramètres du Low Level Laser Therapy

Pour une efficacité optimale et reproductible de la thérapie par photobiomodulation, plusieurs paramètres sont à prendre en compte. (5)

4.1 La longueur d'onde

Sur les bases des recommandations « Multinational Association for Supportive Care in Cancer » (MASCC) et « International Society of Oral Oncology » (ISOO), les **longueurs d'onde** les plus utilisées sont de **630 à 660 nm**, dans le spectre de la lumière rouge visible.

Différentes longueurs d'onde sont décrites selon le champ d'application du laser de photobiomodulation. Nous les détaillerons dans une partie suivante.

Mais nous pouvons indiquer ici que la documentation stipule que des longueurs d'onde de l'ordre de 600 nm permettent une pénétration jusqu'à 5 millimètres dans les tissus superficiels, idéalement les muqueuses orales, la langue, les faces internes des joues ou le plancher buccal. (26)

Pour les tissus plus profonds comme les glandes salivaires ou muscles de la mâchoire, une longueur d'onde proche de **780 à 850 nm** peut être utilisée mais est moins courante en prévention des mucites, principale indication de la photobiomodulation que nous détaillerons dans une prochaine partie.

4.2 Le mode d'émission

Dans les protocoles de prévention, le **mode d'émission continue** semble le plus fréquent. Le mode pulsé peut être utilisé pour traiter des douleurs plus profondes sans qu'il ait d'effet prouvé sur la prévention des mucites. (25) (26)

4.3 La puissance de sortie

Elle correspond à la quantité d'énergie émise par le faisceau par unité de temps. Elle est généralement comprise entre **30 et 200 mW**.

4.4 L'irradiance

Aussi appelée densité de puissance, elle correspond à la puissance émise par unité de surface éclairée. A noter que plus le faisceau est concentré, plus l'irradiation augmente. La puissance de sortie du laser lui permet d'atteindre une irradiance de l'ordre de **10 à 150 mW/cm²** ce qui favorise l'activité mitochondriale sans risque d'effet thermique. En effet, des puissances trop élevées risqueraient d'induire une inhibition cellulaire alors que des puissances trop faibles seraient inefficaces. (25)

4.5 La dose énergétique ou fluence recommandée

Elle correspond à la quantité d'énergie (la puissance x le temps) délivrée par unité de surface en centimètre carré pendant toute l'exposition. Elle se situe entre 2 et 4 joules par cm². Des fluences supérieures à 10 joules par cm² peuvent inhiber la prolifération cellulaire. (25)

Une étude comparative brésilienne a inclus 60 patients atteints de cancer de la sphère ORL traités par radiothérapie. Elle visait à déterminer s'il existait une différence d'efficacité dans la prévention de la mucite selon deux niveaux d'énergie appliqués.

Un **groupe haute dose** a reçu une longueur d'onde à 660 nm avec une puissance de 15 mW, appliquée à une fluence de 3,8 J/cm² et un **groupe basse dose** avec la même longueur d'onde, mais une puissance réduite à 5 mW, et une fluence de 1,3 J/cm².

L'irradiation intra-orale a eu lieu 5 fois par semaine, pendant toute la durée de la radiothérapie.

Les résultats cliniques ont démontré :

- Un **délai moyen d'apparition de la mucite** plus long avec la dose plus élevée (21 jours), comparé à la dose plus faible (14 jours), et au groupe témoin (12 jours)
- Un **score maximal de douleur** réduit

- **L'incidence des mucites sévères (grade ≥ 3)** s'établissait à **13 %** dans le groupe haute dose, contre **33 %** pour la dose basse, et **47 %** pour le groupe témoin.

Ainsi, une fluence plus élevée (3,8 J/cm²) s'est avérée significativement plus efficace pour retarder l'apparition des lésions, limiter la douleur et réduire la sévérité des mucites comparativement à une fluence plus faible ou à l'absence de PBM. (28)

4.6 Le temps d'irradiation par point

Il est déterminé en fonction de la puissance de l'appareil et de la fluence souhaitée. Par exemple, à une puissance de 100mW et une fluence cible de 4J/cm² sur un spot de 1cm², le temps d'exposition sera de 40 secondes par point, répété sur différents points anatomiques de la cavité orale pour ainsi couvrir les zones à risques. (25) (26)

Les têtes des appareils utilisés en PBM offrent généralement un diamètre de spot compris entre 0,5 et 1,5 cm².

Les séances de photobiomodulation sont recommandées quotidiennement, à raison de 5 séances par semaine, 15 à 30 minutes avant la séance de radiothérapie et de chimiothérapie et cela tout au long du protocole. (26)

Les protocoles diffèrent selon le contexte (prévention chez les patients en radiothérapie ORL, traitement curatif chez les patients greffés, etc.), ce qui complique l'établissement d'un schéma standardisé universel.

Nous reviendrons sur ces paramètres efficaces après exposition des applications cliniques de la photobiomodulation au niveau de la sphère oro-faciale.

III. Applications cliniques chez les patients atteints de cancer ORL

1. Population de patients concernés par les traitements oncologiques de la sphère ORL

Les cancers de la sphère oro-faciale, autrement dit, les cancers des voies aérodigestives supérieures (cavité orale, rhino-pharynx, oropharynx, pharynx, larynx) représentent plus de **11 000 nouveaux cas** par an en France, avec plus de 3000 décès. (22)

2. Les traitements oncologiques de la sphère ORL

2.1 Les types de traitements

2.1.1 Chimiothérapie

Une substance anti tumorale est une drogue cytotoxique qui détruit les cellules cancéreuses. Elle a pour cible :

- Les **enzymes** nécessaires à la synthèse de l'ADN et donc la réplication cellulaire à n'importe quel moment du cycle ou lors d'une phase précise.
- Les **protéines** du cytoplasme.

La chimiothérapie peut être administrée à but curatif, visant à guérir le patient de la maladie cancéreuse ou à but palliatif, afin de prolonger la qualité de vie du patient. (22)

2.1.2 Radiothérapie

La radiothérapie est une **thérapeutique loco-régionale** utilisée en cancérologie pour induire l'apoptose des cellules cancéreuses, en association, ou non avec la chirurgie et la chimiothérapie.

Les objectifs sont curatifs, afin de traiter la tumeur, les résidus tumoraux post-chirurgicaux ou post-chimiothérapie, ou palliatifs. (22)

2.2 Effets secondaires

Les traitements engendrent de nombreux effets secondaires, affectant notamment les lignées hématopoïétiques et les muqueuses digestives, et provoquant des toxicités cardiaques, hépatiques, neurologiques et rénales. Cependant, leur description détaillée dépasse le cadre de cette thèse, ce qui nous amène à nous focaliser sur leurs conséquences au niveau de la sphère oro-faciale. (22)

2.2.1 Notion de soins de support

Par définition, d'après le Dispositif Régional Spécifique du Cancer (DSRC) en île de France (l'ONCORIF), les soins oncologiques de support se définissent comme :

« L'ensemble des soins et soutiens nécessaires aux personnes malades tout au long de la maladie, conjointement aux traitements onco-hématologiques. »

Leur objectif est de **diminuer les effets secondaires des traitements** ainsi que les effets de la maladie et d'assurer la **meilleure qualité de vie** possible aux patients et à leurs proches sur les plans physique, psychologique et social. (21)

Ils sont donc complémentaires aux traitements comme la chirurgie, la radiothérapie ou la chimiothérapie.

Les soins de support font partie intégrante du parcours de soins des patients atteints de cancer. Malgré les améliorations continues dans les traitements anticancéreux, les patients présentent toujours des effets secondaires aigus ou chroniques avec un effet négatif sur la qualité de vie, voire sur la survie. Ce qui explique pourquoi la communauté médicale oncologique est toujours à la recherche de nouvelles stratégies de soins de support qui peuvent prévenir ou traiter les toxicités des thérapies du cancer.

Le LLLT attire alors notre attention par ses effets cicatrisants, antalgiques et anti-inflammatoires dans le traitement de la mucite. Plusieurs sociétés savantes internationales (MASCC/ISOO et ESMO) recommandent cette technique dans la prévention des mucites radio ou chimio-induites en onco-hématologie. D'autres indications émergent et font actuellement l'objet d'études cliniques notamment l'ostéoradio(chimio)nécrose de la mâchoire, le trismus, la dysphagie, la xérostomie, la dysgueusie, et la douleur. (16) (26)

2.2.2 Effets secondaires intéressant la sphère orale

- La mucite buccale

La **mucite buccale** est une conséquence fréquente de la chimiothérapie et de la radiothérapie de la tête et du cou. (5) Elle n'est pas systématique mais est néanmoins un effet secondaire fréquent (22). Dans le cas de la radiothérapie, elle apparaît dès 25-30 Grays.

Quelques jours après le début du traitement, le patient se plaint de **douleurs** et les tissus buccaux apparaissent rouges et lisses. (5)

Les capacités de réparation tissulaire sont débordées par la cytotoxicité des drogues et des ulcérations apparaissent, touchant la muqueuse buccale, la muqueuse linguale, le palais mou, les faces internes des lèvres et le plancher buccal.

Cliniquement, cela se traduit par un érythème des muqueuses qui évolue rapidement vers des ulcérations plus ou moins étendues avec des douleurs associées. (5) (22)

Malheureusement, les douleurs associées sont intenses, ce qui entrave gravement les fonctions buccales, notamment l'élocution et l'alimentation. (5)

Il existe **5 grades de mucites** selon l'Organisation mondiale de la Santé (OMS), qui décrivent l'atteinte muqueuse associée ou non à une alimentation changée et la prise d'antalgique.

- 0 : pas de mucite
- 1 : érythème, douleurs légères à modérées
- 2 : érythème, ulcérations, alimentation solide possible, antalgiques de palier I ou II
- 3 : ulcérations étendues, alimentation molle ou liquide uniquement
- 4 : mucite sévère, alimentation orale impossible, antalgiques de palier III recommandés

La mucite apparaît dans les 8 à 15 jours suivant le début du traitement et disparaît à la fin de ce dernier. Mais la symptomatologie associée et sa possible surinfection peut nous amener à l'obligation d'interrompre les traitements.

Elle nous incite ainsi, pour la prévenir, à la mise en place de **mesures locales** pendant les traitements comme les bains de bouche au bicarbonate de sodium, la prescription d'anti inflammatoire et la motivation à l'hygiène. Mais ces stratégies pour limiter son apparition s'avèrent souvent imprévisibles.

- L'**ostéonécrose**

L'ostéonécrose est définie par la mort d'un segment de l'os causée par un déficit d'apport sanguin. Elle peut survenir comme effet indésirable tardif d'une radiothérapie, on parle alors d'**ostéoradionécrose**. Dans ce cas, la radiothérapie provoque une occlusion vasculaire entraînant la perte d'ostéocytes, ce qui peut entraîner une nécrose osseuse. Plus précisément, même si le mécanisme n'est pas tout à fait clair, la radiothérapie induit un processus fibro-atrophique, qui consiste en la formation de radicaux libres, un dysfonctionnement endothélial, une inflammation, une thrombose microvasculaire, une fibrose et un remodelage. Cela finit par entraîner une nécrose osseuse et tissulaire. (7)

Mais elle peut aussi apparaître à la suite de la prise de certains traitements médicamenteux anti-résorptifs tels que les **biphosphonates**, qui inhibent le remodelage osseux en induisant l'apoptose ostéoclastique et en inhibant l'activité ostéoclastique médiée par les ostéoblastes ; le **dénosumab** ; et le **bévacizumab**, anticorps qui bloque le facteur de croissance endothélial vasculaire. On parle alors d'ostéonécrose médicamenteuse de la mâchoire dont la physiopathologie diffère presque à l'opposé de celle de l'ostéoradionécrose. (7)(14)

Historiquement, la prévalence de l'ostéoradionécrose après radiothérapie pour un cancer ORL était estimée entre **10 et 15 %**. Grâce aux avancées technologiques, en particulier la radiothérapie conformationnelle avec modulation d'intensité, cette incidence est désormais réduite à **moins de 5 %**.

L'**ostéonécrose des maxillaires** représente malgré tout une complication sévère. Cette affection entraîne une exposition osseuse douloureuse, une altération de la qualité de vie, et est difficile à prendre en charge en raison de la faible capacité de régénération de l'os irradié ou fragilisé. (7)

La **prévention** repose principalement sur une **évaluation bucco-dentaire systématique** avant la radiothérapie, avec réalisation des soins nécessaires et/ou extraction des dents compromises. Après traitement, l'utilisation quotidienne de **gouttières fluorées** permet également de réduire le risque d'ostéoradionécrose. (14)

- La **xérostomie/hyposialie**

La toxicité la plus aiguë et la plus durable subie par les patients qui subissent une radiothérapie ou chimiothérapie contre le cancer est l'hypofonctionnement des glandes salivaires. Sa principale conséquence est l'**hyposialie**, correspondant à une diminution du débit salivaire induisant ainsi une **xérostomie**, c'est-à-dire la sécheresse de la bouche.

80 à 100% des patients souffrent, à des degrés différents, de xérostomie pendant le traitement.

La **dysgueusie** qui se définit par une altération du goût, est secondaire à la sécheresse des muqueuses et à la vulnérabilité aux ulcérations. (12)

- L'**hypersensibilité dentinaire cervicale**

L'**hypersensibilité dentinaire cervicale** (HD) se manifeste par une douleur aiguë et transitoire, liée à l'exposition de la dentine. Son mécanisme est principalement expliqué par la théorie hydrodynamique de Brännström, selon laquelle le mouvement du fluide dans les tubules dentinaires stimule les récepteurs pulpaire.

Les restaurations dentaires sont souvent utilisées pour protéger la dentine exposée et réduire la sensibilité, mais elles ne sont pas toujours efficaces : jusqu'à 30 % des lésions cervicales non carieuses restaurées présentent encore une sensibilité après quelques mois.

Selon la littérature, les lasers se sont ainsi imposés comme une alternative thérapeutique. Les lasers à haute énergie permettent de fondre et de recristalliser les tubules. Les lasers à diode de faible énergie réduisent la réponse neurophysiologique et sont souvent utilisés avant les restaurations composites pour diminuer la sensibilité sans compromettre l'adhésion de la résine. (31)

- Le **trismus** et la limitation de l'ouverture buccale

Le **trismus** est défini comme une restriction du mouvement de la mâchoire, comme une ouverture buccale inférieure à 40 ou 20 millimètres. Il peut être dû à une tumeur, une infection locale, une fibrose tissulaire, une douleur à l'ouverture de la bouche ou une contraction tonique des muscles de la mastication.

En oncologie, le trismus peut être causé par une **invasion tumorale** ou la **radiothérapie** des muscles masticateurs ou de l'articulation temporo-mandibulaire.

La prévalence pondérée du trismus est estimée à 25 % après une radiothérapie conventionnelle, à 5 % après une radiothérapie par modulation d'intensité (RCMI/IMRT) et à 31 % après une chimio et radiothérapie concomitante (CRT). Le risque de trismus augmente lorsque la dose cumulative de rayonnement est supérieure à 60 Gy. (7) Cependant, le facteur de risque le plus important est l'inclusion des **muscles ptérygoïdiens latéraux** dans le champ de radiothérapie à haute dose.

Le trismus se développe généralement 3 à 6 mois après la radiothérapie et devient souvent un problème permanent.

Comme l'ont démontré plusieurs études, la fibrose semble être un événement important dans le développement du trismus induit par la radiothérapie. D'autres facteurs favorisant le développement du trismus sont les tissus cicatriciels post-chirurgicaux, les lésions nerveuses ou une combinaison de ces facteurs.

L'hypomotilité mandibulaire entraîne finalement un raccourcissement musculaire et éventuellement un dysfonctionnement de l'articulation temporo-mandibulaire.

Il est important de préciser que le trismus et la douleur oro-faciale peuvent avoir de nombreuses **conséquences négatives** sur la santé générale des patients, comme une réduction de l'apport nutritionnel, des difficultés à parler, une santé bucco- dentaire compromise et une altération de la qualité de vie.

Ainsi, le trismus peut être écarté en évitant la radiothérapie des structures masticatoires. (7)

Sur la base des recherches sur les principaux mécanismes d'action de la photobiomodulation, plusieurs organisations internationales, telles que la **MASCC/ISOO** et la **WALT**, ont proposé des protocoles de référence visant à standardiser les paramètres d'irradiation selon ces indications cliniques. (7)(32)

2.2.3 Les paramètres recommandés pour la gestion des effets secondaires

L'indication la plus solidement validée de la photobiomodulation est la **prévention de la mucite orale**, complication fréquente et sévère de la chimiothérapie (CT), de la radiothérapie (RT) et des greffes de cellules souches hématopoïétiques (HSCT).

Chez les patients recevant une greffe de cellules souches hématopoïétiques, la mucite est l'une des complications les plus invalidantes du conditionnement. Les recommandations MASCC/ISOO préconisent l'utilisation de lasers rouges (**632,8–650 nm**, HeNe ou diodes), délivrés en **mode continu**, avec une **puissance de 40 à 100 mW**. L'**irradiance** varie selon l'appareil entre **30 et 1000 mW/cm²**, pour une **fluence thérapeutique de 1 à 2 J/cm²** par site.

Le traitement couvre l'ensemble de la cavité buccale, incluant muqueuses jugales, plancher, langue, palais et lèvres. L'application est quotidienne, débutant à la fin du conditionnement et poursuivie pendant **5 à 7 jours**, parfois jusqu'à deux jours après la greffe. Ces protocoles sont associés à une réduction significative de l'incidence et de la sévérité de la mucite. (26)(32)

Chez les patients atteints de cancers de la tête et du cou traités par radiothérapie seule, l'irradiation des muqueuses buccales entraîne presque toujours une mucite. Les paramètres validés incluent une longueur d'onde de **632,8 nm**, en **mode continu**, avec une **puissance de 100 mW**. Chaque site de 1 cm² est exposé environ 125 secondes, délivrant une fluence d'environ 3 J/cm². Une douzaine de points intra-oraux sont traités, correspondant aux zones exposées aux rayonnements. Le traitement est appliqué **5 jours par semaine**, pendant toute la durée de la radiothérapie (6 à 7 semaines). (26)(32)

La radiochimiothérapie concomitante entraîne presque toujours une mucite sévère. Les recommandations MASCC/ISOO suggèrent l'utilisation de diodes à **660 nm**, délivrant une fluence de **4 à 6 J/cm²**, avec un temps d'exposition court d'environ 10 secondes par site (spot de 0,04 à 0,24 cm²). Le nombre de sites est important (≈ 70) afin de couvrir l'ensemble des muqueuses irradiées. Le traitement est appliqué **5 jours par semaine** pendant toute la durée du protocole. Bien que très efficace, cette approche impose une vigilance particulière du fait d'une irradiance relativement élevée (417 à 625 mW/cm²) susceptible de générer un effet thermique. (32)

La revue de *Rodrigues et al* publiée en 2024, portant sur l'efficacité de la photobiomodulation, confirme ces recommandations et précise que des longueurs d'onde autour de 660 à 880 nm sont les plus fréquemment associées à des résultats positifs dans la prévention de la mucite.

Cependant, une grande hétérogénéité des protocoles, le peu d'études disponibles sur les données dosimétriques efficaces, et le manque de standardisation empêchent de définir un protocole optimal universel. (27)

Le groupe WALT a élargi ces recommandations et proposé une harmonisation des paramètres. Les longueurs d'onde recommandées s'étendent de **600 à 1000 nm**, incluant le rouge et le proche infrarouge. Les fluences efficaces se situent entre **2 et 6 J/cm²** (plage élargie de 0,1 à 12 J/cm² selon les indications), avec une irradiance de **5 à 150 mW/cm²**. Les temps d'exposition varient entre 30 et 60 secondes par site, avec une application quotidienne ou cinq jours par semaine, tout au long du traitement anticancéreux. (7)

Au-delà de la mucite, la photobiomodulation a montré un intérêt pour palier à plusieurs autres toxicités liées au cancer et à ses traitements.

La **radiodermite**, complication cutanée fréquente de la radiothérapie, peut être atténuée par des irradiations cutanées avec des longueurs d'onde comprises entre **630 et 904 nm** et une fluence de **2 à 4 J/cm²**, appliquées dès le début de la radiothérapie (7).

La **xérostomie** et l'**hyposialie** post-radiques peuvent bénéficier d'applications extra-orales sur les glandes salivaires (parotides, sous-maxillaires,

sublinguales), en utilisant le proche infrarouge (**808–904 nm**), avec une fluence de **2 à 4 J/cm²**, **2 à 3 fois par semaine** (7).

La **dysgueusie** peut être améliorée par des irradiations linguales au laser rouge (**630–660 nm**), délivrant une fluence de **2 à 3 J/cm²**, à raison de plusieurs séances hebdomadaires.

Le **trismus** post-radique est pris en charge par irradiation des muscles masticateurs, notamment le masséter et les ptérygoïdiens, dans le proche infrarouge (**808–830 nm**) et à des fluences de **4 à 6 J/cm²**.

La **fibrose tardive** des tissus irradiés peut être atténuée par des fluences de **4 à 8 J/cm²** en proche infrarouge, appliquées en cycles répétés.

La photobiomodulation est également indiquée dans le **lymphœdème cervical** post-curage ou post-radiothérapie, avec des fluences basses de **1 à 4 J/cm²**, et dans la **neuropathie périphérique induite par chimiothérapie**, par irradiation des trajets nerveux distaux des mains et des pieds avec des fluences de **4 à 6 J/cm²**. (7)

Concernant l'**hypersensibilité dentinaire**, différentes longueurs d'onde ont déjà été testées (630, 808 et 940 nm). Ces études ont montré des résultats encourageants, mais sans qu'une supériorité claire ne soit démontrée. Récemment, l'irradiation au laser bleu de 445 nm a souligné une sécurité thermique pour la pulpe, mais ses effets cliniques avant restauration composite restent peu étudiés. De plus, les travaux antérieurs présentent une forte hétérogénéité liée aux paramètres techniques utilisés. (31)

Concernant l'**ostéonécrose des maxillaires**, la photobiomodulation a été proposée comme **traitement adjuvant** dans sa prise en charge.

Dans le cas de l'**ostéoradionécrose**, plusieurs séries de cas et études pilotes ont montré que l'application de la photobiomodulation sur les muqueuses sous-jacentes aux zones atteintes et en regard des segments osseux concernés pouvait améliorer la symptomatologie. Les longueurs d'onde utilisées se situent généralement entre **660 et 830 nm** (rouge et proche infrarouge). Les fluences rapportées varient entre **3 et 6 J/cm²**, appliquées de manière intra-orale sur la muqueuse et extra-orale au niveau des zones osseuses sous-jacentes.

L'utilisation régulière de la photobiomodulation, en association avec les mesures conventionnelles (antibiotiques, soins locaux, chirurgie conservatrice, oxygénothérapie hyperbare), semble permettre une réduction de la douleur et une amélioration de la cicatrisation (7)(32).

Concernant l'**ostéonécrose médicamenteuse**, des études cliniques pilotes et des rapports de cas ont montré que la photobiomodulation pouvait réduire l'inflammation et accélérer la couverture muqueuse. Les protocoles utilisent également des longueurs d'onde comprises entre **630 et 830 nm**, avec des fluences de **2 à 4 J/cm² en intra-oral** et de **4 à 6 J/cm² en extra-oral**. L'association de la photobiomodulation à des débridements chirurgicaux et à une hygiène bucco-dentaire stricte améliore le confort des patients et favorise la cicatrisation. (26)(32)

Toutefois, contrairement à la mucite, pour laquelle la photobiomodulation bénéficie de recommandations internationales fortes (MASCC/ISOO, WALT), le niveau de preuve pour l'ostéonécrose demeure limité. Les recommandations actuelles reconnaissent un **potentiel thérapeutique intéressant**, mais considèrent la photobiomodulation uniquement comme un **adjuvant** dans une stratégie multimodale, et non comme un traitement standard à lui seul. (7)(32)

Des études randomisées contrôlées de plus grande ampleur sont nécessaires pour confirmer son efficacité et définir des paramètres optimaux adaptés à cette indication.

L'efficacité de la photobiomodulation repose ainsi sur le respect strict des paramètres, car cette thérapie obéit à une réponse biphasique : des doses trop faibles sont inefficaces, tandis que des doses trop fortes peuvent produire des effets inverses. Le **mode continu est privilégié**, en contact ou à faible distance de la muqueuse, avec un balayage systématique des zones à risque. Aussi, le **port de lunettes de protection** adaptées à la longueur d'onde utilisée est obligatoire.

Enfin, il est recommandé de ne **pas appliquer la photobiomodulation** directement **sur les zones tumorales actives**, par principe de précaution, même si les données actuelles ne suggèrent pas d'effet cancérigène.

En synthèse à la lecture de la littérature internationale, nous pouvons proposer un tableau récapitulatif des paramètres recommandés pour les indications les plus courantes.

Indications		Longueur d'onde	Puissance/ Mode	Dose efficace	Fréquence/Durée	Sources/ Recommandations
Prévention de la mucite	Avant chimio et radio ORL	632-660 nm (rouge) pour les tissus superficiels 780-830 nm (IR) pour les tissus plus profonds	40-100 mW Continu	1-6 J/point (2-4 J/cm ²)	5x/ semaine pendant toute la durée du traitement	MASCC/ISOO 2020 (32) Rodrigues et al (27)
	Avant chimio à haute dose avant HSCT	632-660 nm	40-100 mW	1-2 J/cm ²	Du début du conditionnement jusqu'à quelques jours après la greffe	MASCC/ISOO 2020 (32)
Xérostomie/Hyposialie post radiothérapie		808-904 nm	50-100 mW	4-6 J/point (2-4 J/cm ²)	2-3x/semaine	WALT 2022 (7)
Ostéonécrose des maxillaires		630-830 nm	100 mW	2-6 J/cm ²	2-3x/ semaine	Zadig et al (26)
Trismus post radiothérapie		808-830 nm	100 mW	4-6 J/cm ²	2-3x/ semaine pendant 4-6 semaines	WALT 2022 (7)

Tableau 1 : Proposition de tableau récapitulatif des principaux paramètres efficaces de la photobiomodulation pour les indications les plus citées dans la littérature

Au regard de ces paramètres, les études cliniques montrent que l'efficacité de la photobiomodulation se manifeste différemment selon les indications. Chaque combinaison de longueur d'onde, puissance, dose et fréquence d'application induit des effets biologiques spécifiques, à l'origine de bénéfices thérapeutiques rapportés dans la littérature.

3. Effets thérapeutiques du Low Level Laser Therapy

3.1 Spécifiques aux mucites

L'essai clinique randomisé de *De Carvalho e Silva et Mendes*, en double aveugle mené en 2022 vise à évaluer l'efficacité de la PBM dans la prise en charge de la xérostomie et la mucite orale résultant de la chimiothérapie et de la radiothérapie chez les patients atteints d'un cancer de la tête et du cou via :

- Un questionnaire de la qualité de vie (QoL) : échelle de Likert
- L'indice « decayed missing and filled permanent teeth » (DMFT)
- Tableaux parodontaux
- Gravité des lésions de la muqueuse buccale (Échelle de mucosité de l'OMS)

53 patients ont été inclus et répartis au hasard en 2 groupes. Un groupe photobiomodulation (PBM) a reçu 2 protocoles distincts avec 2 lasers de longueurs d'onde différentes :

- Une longueur d'onde de 808 nm en extra-oral
- Une longueur d'onde de 660 nm en intra-oral

Le groupe témoin s'est vu recevoir une irradiation fictive.

En concomitance, le groupe PBM et le groupe témoin se sont vu prescrire de la salive artificielle à base de xylitol à utiliser 3 fois par jour pendant la durée du traitement de radiothérapie ou de chimiothérapie.

Il a été observé chez le groupe recevant la PBM, une diminution de l'inflammation des tissus et une réduction de la douleur associée aux mucites avec un effet analgésique. Pour le groupe témoin, la diminution du débit salivaire semble favoriser l'apparition de mucite.

En ce qui concerne la fonction salivaire, l'activité des glandes salivaires est renforcée via l'action accrue de facteurs de croissance chez le groupe recevant la PBM, favorisant ainsi la synthèse du collagène et l'angiogénèse. On parle plutôt d'effet protecteur de la photobiomodulation qui empêche le développement à des niveaux élevés de xérostomie.

Dans le groupe témoin, nous constatons une augmentation de la consommation d'aliments liquides au détriment d'aliments plus solides, notamment d'eau ainsi qu'une diminution de la perception des goûts.

Ces changements alimentaires comportent des conséquences notamment sur la santé générale avec des apports nutritionnels moins variés, ce qui a nécessité pour certains patients une complémentation par sonde naso-gastrique.

Ainsi, cette étude nous a montré que la PBM est devenue une méthode à grand intérêt et constitue un mode de traitement pour les séquelles buccales des thérapies anti-cancéreuses qui induisent un dysfonctionnement des glandes salivaires qui accentue ainsi la susceptibilité de développer des mucites buccales. (12)

Dans un essai clinique randomisé mené par l'INCA au Brésil entre 2007 et 2010, 94 patients atteints de cancers de la sphère ORL ont reçu un traitement de radiothérapie de 66 Gy associée à une chimiothérapie de cisplatine.

La photobiomodulation a été appliquée, en prévention, 5 fois par semaine, à l'aide d'une diode InGaAlP émettant à 660 nm, avec une puissance de 100 mW et une fluence variant de 1 à 4 J/cm² selon les zones.

Les résultats ont montré

- Une **réduction significative** de l'incidence des mucites sévères (6,4 % dans le groupe PBM contre 40,5 % dans le groupe témoin)
- Une **diminution de la douleur** moyenne
- Une **amélioration de la qualité de vie** mesurée par le score EORTC QLQ-C30 (cf Annexe 1)
- Une **meilleure survie sans progression** à deux ans (61,7 % contre 40,4 %).

3.2 Spécifiques à la xérostomie

L'essai clinique randomisé contrôlé de *GC Louzeiro et al* publié en 2020, a été conduit pour évaluer l'effet de la photobiomodulation chez des patients atteints de cancers de la tête et du cou recevant une radiothérapie. L'objectif était de déterminer si la photobiomodulation pouvait préserver la fonction salivaire, réduire la xérostomie et améliorer la qualité de vie.

27 patients ont été initialement recrutés, mais seuls 21 ont été inclus dans l'analyse finale (10 dans le groupe PBM et 11 dans le groupe placebo).

Tous recevaient une radiothérapie d'au moins 50 Gy, parfois associée à une chimiothérapie. Le protocole de PBM utilisait deux types de laser diode :

- 660 nm (rouge, 10 J/cm², 0,28 J/point, 40 mW) appliqué intra-oralement sur les glandes salivaires mineures (lèvres, joues, palais, langue, plancher buccal).
- 810 nm (infrarouge, 25 J/cm², 0,7 J/point, 40 mW) appliqué extra-oralement sur les glandes salivaires majeures (parotides, sous-maxillaires, sublinguales).

Les séances de PBM étaient réalisées 3 fois par semaine pendant toute la durée de la radiothérapie. Dans le groupe placebo, l'embout laser était scellé, empêchant toute émission lumineuse.

Les patients ont été évalués à quatre moments clés : avant la radiothérapie (T1), après 15 séances (T2), en fin de traitement (T3) et 60 jours après la fin (T4).

Les différents paramètres étudiés ont été :

- Le **débit salivaire non stimulé** par le recueil passif de la salive pendant 15 minutes et **stimulé** en mastiquant un morceau de latex pour induire la salivation
- Le pH **salivaire** mesuré au pH-mètre dans la salive stimulée et non stimulée, qui permet d'évaluer la capacité tampon de la salive.
- La composition **salivaire** : en **protéines totales**, **électrolytes** (sodium, potassium, calcium, chlorures) et **enzymes** (amylase et catalase)

- La xérostomie subjective via :
 - **L'échelle Visuelle Analogique** (EVA / VAS) : 8 items, de 0 (aucun symptôme) à 10 (sécheresse maximale).
 - **TESS** (Treatment Emergent Symptom Scale) : fréquence et intensité de la sécheresse buccale (0 à 4).
- La **qualité de vie** via un questionnaire UW-QOL (University of Washington Quality of Life Questionnaire) regroupant 12 domaines dont la douleur, la mastication, la déglutition, la salive, le goût, et l'humeur (Cf Annexe 2) : Demandé avant (T1) et 60 jours après la radiothérapie (T4).

Au cours de l'étude, une diminution progressive et significative du débit salivaire, qu'il soit stimulé ou non stimulé, a été observée dans les deux groupes. À la fin de la radiothérapie (T3), plusieurs patients ne présentaient plus aucun flux salivaire mesurable. Cependant, aucune différence significative n'a été constatée entre le groupe recevant la photobiomodulation et le groupe placebo.

Concernant le pH salivaire, la seule différence notable est apparue pour la salive non stimulée, dont le pH est resté significativement plus élevé dans le groupe traité par photobiomodulation à T3, suggérant un effet protecteur sur la capacité tampon. En revanche, aucune différence n'a été observée pour le pH de la salive stimulée.

L'analyse de la composition salivaire a montré une augmentation significative de la concentration en chlorures à T3 et T4, dans les deux groupes, ce qui reflète un dysfonctionnement canalaire. Parallèlement, l'activité amylasique a fortement diminué à T3, traduisant une atteinte acineuse, avec une récupération partielle mais non significative à T4. Les concentrations en protéines totales, calcium, sodium, potassium ainsi que l'activité catalase n'ont montré aucune variation significative ni entre les groupes ni au cours du temps.

D'un point de vue clinique, les scores de xérostomie, évalués par les échelles VAS et TESS, se sont aggravés progressivement dès la quinzième séance de radiothérapie, sans différence entre les deux groupes. Enfin, la qualité de vie évaluée par le questionnaire UW-QOL s'est significativement dégradée entre le début du traitement (T1) et le suivi à deux mois (T4), en particulier dans les domaines liés à la mastication, la déglutition, la salive et le goût, et aucun bénéfice de la photobiomodulation n'a été mis en évidence.

Ainsi, selon ce protocole (660 et 810 nm, 3 fois/semaine pendant la RT), la thérapie par photobiomodulation **n'a pas permis de préserver le flux salivaire, de réduire la xérostomie ni d'améliorer la qualité de vie**. Le seul effet significatif observé est le **maintien d'un pH salivaire plus favorable** en fin de radiothérapie, ce qui pourrait aider à limiter l'acidification buccale et ses conséquences (caries, infections opportunistes).

Les auteurs concluent que la PBM pourrait avoir un **rôle protecteur partiel**, mais que ses bénéfices restent insuffisants sur les principaux paramètres cliniques. Ils insistent sur la nécessité de **nouvelles études avec des échantillons plus larges, un suivi à long terme et différents protocoles de laser** pour mieux évaluer son potentiel. (30)

3.3 Spécifiques à l'hypersensibilité dentinaire

Hegazy et al ont menés une étude randomisée contrôlée qui vise à évaluer l'efficacité de **trois longueurs d'onde** de laser à diode de faible puissance (445, 660 et 970 nm) appliquées avant une restauration composite dans le traitement des lésions cervicales non carieuses symptomatiques (NCCL ou LCNC).

9 patients présentant 36 lésions ont été inclus et répartis en quatre groupes :

- Contrôle (simulation laser)
- 445 nm
- 660 nm
- 970 nm

La sensibilité a été mesurée au moyen de l'échelle visuelle analogique (EVA) à différents temps de suivi (1 jour, 2 semaines, 1, 3 et 6 mois) ainsi que par test électrique pulpaire (EPT) à 3 et 6 mois. En parallèle, une étude in vitro a été réalisée sur des disques dentinaires afin d'analyser la topographie des tubules au microscope électronique à balayage (MEB).

Les résultats montrent une **diminution significative** de la sensibilité dans tous les groupes traités par laser par rapport au contrôle. La réduction était plus marquée pour la longueur d'onde de 660 nm, suivie de 970 nm, tandis que le 445 nm induisait une amélioration plus tardive et moins prononcée.

Les observations au microscope confirment ces résultats : les lasers 660 et 970 nm entraînent un rétrécissement significatif des tubules dentinaires sans provoquer de fusion, alors que le 445 nm ne montre qu'une réduction légère et non significative.

En conclusion, l'irradiation préalable au laser à diode, particulièrement à 660 et 970 nm, améliore la désensibilisation des lésions cervicales non carieuses symptomatiques avant restauration composite et modifie favorablement la structure tubulaire dentinaire. Cette approche apparaît prometteuse pour optimiser la prise en charge clinique de l'hypersensibilité dentinaire, tout en préservant les conditions d'adhésion des restaurations composites. (31)

3.4 Autres voies d'applications thérapeutiques en cours d'évaluation

Concernant le **trismus** et la **limitation de l'ouverture buccale**, une étude de cas a examiné l'utilisation de la photobiomodulation dans la prise en charge du trismus, deux mois après la radiothérapie. Lors de la dernière séance de photobiomodulation, l'ouverture buccale du patient est passée de 20 à 30 mm et la douleur a diminué, passant d'un score visuel analogique (EVA) de 9 à 1. Ces résultats positifs ont persisté jusqu'à un an après la dernière séance de photobiomodulation.

La principale justification d'un éventuel bénéfice clinique de la photobiomodulation dans la prise en charge du trismus est son potentiel à réduire la fibrose et à favoriser la régénération musculaire.

Mais en raison du nombre limité de données cliniques, aucune recommandation n'est possible concernant l'utilisation de la photobiomodulation pour la prise en charge du trismus. (7)

Concernant l'**ostéonécrose des maxillaires**, à ce jour, **aucune étude clinique** n'a encore confirmé l'efficacité ou la sécurité de la photobiomodulation dans la **prévention ou le traitement de l'ostéoradionécrose radio-induite**. Une étude in vivo, a démontré que la photobiomodulation appliquée sur l'os de rat avant et pendant la radiothérapie a eu un effet positif, et des résultats comparables ont été décrits dans une autre étude animale. (7)

Concernant l'**ostéonécrose liée aux biphosphonates**, plusieurs études ont mis en évidence un **effet bénéfique de la photobiomodulation**. (14)

Une revue a conclu que l'utilisation de la photobiomodulation pourrait présenter un avantage significatif par rapport à la thérapie classique, car le taux de réponse complet global était de 55 % pour les patients ayant subi une photobiomodulation, contre seulement 30% pour les patients recevant les soins classiques. (7)

Comme indiqué précédemment, la photobiomodulation stimule la synthèse prothétique de collagène donc la régénération osseuse. L'intérêt de la photobiomodulation résiderait alors dans sa capacité à stimuler la microcirculation, à favoriser l'angiogenèse, à stimuler la synthèse protéique de collagène à améliorer la cicatrisation muqueuse et à réduire la douleur, contribuant ainsi à une meilleure évolution clinique. (7)(14)

Nous avons exposé les principales applications cliniques de la photobiomodulation dans la gestion des effets secondaires des traitements oncologiques de la sphère oro-faciale, ainsi que les paramètres recommandés pour en optimiser l'efficacité et la sécurité d'emploi selon les indications.

Il apparaît ainsi intéressant de transposer ces connaissances théoriques dans la pratique clinique à travers un parcours de soins oncologiques en présentant sa mise en œuvre au sein d'un centre de radiothérapie et plus précisément le centre de radiothérapie Guillaume le Conquérant au Havre.

IV. La thérapie par photobiomodulation au centre de radiothérapie du Havre

1. Présentation du centre de radiothérapie du Havre

Situé au cœur du Havre, dans le quartier de l'Eure, le **Centre de Radiothérapie Guillaume Le Conquérant (CGLC)** constitue la structure de référence pour la prise en charge radiothérapeutique des patients atteints de cancer sur le territoire havrais. Il collabore étroitement avec la **Clinique des Ormeaux**, l'**Hôpital privé de l'Estuaire**, ainsi qu'avec le **Groupe Hospitalier du Havre**, et en particulier l'**Hôpital Jacques Monod**.

Le Centre mène une **activité de recherche clinique**, avec près d'une dizaine d'essais ouverts aux inclusions, et l'ensemble des praticiens sont membres actifs de la **Société Française de Radiothérapie Oncologique (SFRO)** et plusieurs **groupes coopérateurs nationaux** (notamment le GORTEC et l'ANOCEF).

Le CGLC dispose de **trois accélérateurs linéaires de particules**, dont un **TrueBeam** installé en 2021 et un **Halcyon** en 2023, permettant la délivrance de traitements de **radiothérapie conformationnelle 3D**, de **radiothérapie conformationnelle avec modulation d'intensité (RCMI/IMRT)**, ainsi que de **radiothérapie stéréotaxique**, avec ou sans asservissement respiratoire.

Le centre s'est doté en 2020 d'un **scanner de simulation de dernière génération**, garantissant la précision du repérage et du positionnement des patients.

Chaque année, le CGLC prend en charge plus de **1400 nouveaux patients** et réalise environ **1500 irradiations**, conformément aux recommandations nationales et internationales de bonne pratique. Le Centre est **titulaire d'une autorisation de traitement du cancer délivrée par l'ARS Normandie**, ainsi que des autorisations de **traitements en conditions stéréotaxiques intra et extra-crâniennes**, avec ou sans asservissement respiratoire, conformément aux exigences de l'ASN.

2. Le dispositif utilisé : le laser

Depuis l'été 2023, les patients peuvent bénéficier de séances de photobiomodulation.

Comme décrit sur son site internet, le centre est équipé de 2 appareils :

- Un ATP 38 LED
- Un stylet laser HILARIS TL 150 pour les lésions intrabuccales

L'**ATP 38** est un dispositif médical de **4^e génération** reposant sur la **technologie Low Level Light Therapy** décrite dans ce travail de thèse. L'ATP 38 émet des **lumières froides polychromatiques** à partir de **SCPC (Semi-Conducteurs Polychromatiques Collimatés)**.

Cependant, l'**ATP 38**, en tant que panneau LED extra-oral, **n'est pas l'outil recommandé pour traiter directement** la mucite intra-buccale. En effet, les **recommandations MASCC/ISOO** décrites précédemment qui guident la prise en charge de la mucite orale s'appuient sur des protocoles de **photobiomodulation intra-orale** (laser ou dispositifs intra-oraux) avec des paramètres précis qui visent à délivrer une dose contrôlée directement sur la muqueuse. Les panneaux externes ne délivrant pas la même dose ni le même profil de pénétration sur la muqueuse buccale. (26)

Le **laser HILARIS TL 150** est une **gamme de lasers thérapeutiques basse intensité (low-level laser / hémolaser)**. Le modèle « 150 » (TL 150) signifie que l'appareil délivre une **puissance de sortie de 150 milliwatts (mW)** et une longueur d'onde de 660 nm. Dans la gamme, il existe d'autres puissances pour d'autres usages : 50 mW, 100 mW, et 200 mW.



Figure 3 : Photographie personnelle présentant le dispositif HILARIS TL 150 dans sa mallette de rangement

Il est décrit par le fabricant comme un appareil de **thérapie « hémolaser »** mais son usage n'est pas limité à cela : grâce aux applicateurs optiques, il peut servir à des irradiations de tissus, zones superficielles ou localisées correspondant ainsi à la thérapie par photobiomodulation.

En pratique, cela pourrait correspondre à des traitements de plaies, inflammation, cicatrisation, douleur, et dans notre intérêt pour la **prévention ou prise en charge de mucite**, xérostomie, inflammation orale, selon les protocoles et la zone traitée.

Plus précisément, le laser fonctionne sur batterie (ou accus rechargeables) avec adaptateurs **interchangeables**. Les applicateurs intra-oraux sont stérilisables et réutilisables.

Il y a un **minuteur intégré**, permettant à son manipulateur de choisir parmi l'une de 6 durées de traitement possibles. Ainsi, une simple pression déclenche le laser et permet une **irradiation de surface sans pertes**.

3. Le protocole utilisé

3.1 Documentation clinique et administrative

Les séances de photobiomodulation au centre de radiothérapie Guillaume Le Conquérant du Havre sont mises en œuvre sous prescription médicale. Dans le cas de la prévention des mucites radio-induites, l'ordre médical est de réaliser 2 à 3 séances par semaine durant la radiothérapie.

Si le stade de mucite de grade II est établi, la phase curative induit un passage à 5 séances par semaine.

Ensuite, une fiche administrative décrit le patient concerné par la mise en place du traitement. Celle-ci contient :

- Ses **informations d'identification**
 - Nom, prénom, date de naissance, photo du patient
 - Numéro d'assurance, coordonnées
 - Oncologue référent : Dr Laurent MARTIN ici
 - État : nouveau patient ou non
- Le **diagnostic** : un code et une description du diagnostic
- Un **contact d'urgence**
- Les **informations relatives aux séances** : décrites sur un schéma avec les zones de traitement de la bouche et les temps associés d'application du laser
- Le **volume cible des RT associé** : soit la zone concernée par la radiothérapie

Souvent, il est indiqué en complément la position du patient (allongée ou assise).

Durant chaque séance, une grille de traçabilité accolée à la fiche administrative est remplie par le personnel médical. Sous forme de tableau, elle comprend :

- La **date** : de la séance de photobiomodulation
- Le **numéro de séance** : permettant un suivi cumulé
- L'identification du **manipulateur**
- La **technique utilisée** : Stylet, ATP etc. (type d'embout / interface)
- Le grade de la **mucite** selon l'échelle OMS 0 à 4
- Le grade de la **radiodermite** selon l'échelle CTCAE
- La **douleur ressentie** selon l'échelle EVA de 0 à 10

- Le **nombre de séances de radiothérapie**
- Les **observations cliniques**

Cette grille permet d'évaluer l'efficacité du traitement au fil des séances.

Dernièrement, une fiche de recueil du consentement vient compléter la documentation du patient. Elle précise le nom du docteur qui a donné les informations détaillées sur le déroulement des séances de photobiomodulation. Elle est complétée par une **déclaration sur l'honneur** de l'acceptation ou non qu'un manipulateur d'électroradiologie réalise les séances et de la prise de photographies permettant d'apprécier l'évolution des mucites et dermites qui seront intégrées au dossier patient.

Elle se termine par le nom, le prénom, la date de naissance et signature du patient ainsi que le nom, le prénom et la qualification du professionnel ayant recueilli le consentement.

3.2 Déroulement d'une séance

Chaque séance, d'une durée de 5 à 10 minutes, suit un protocole standardisé afin d'assurer la reproductibilité et la sécurité du soin.

Après l'identification du patient et la vérification de sa prescription médicale, le praticien, ici un manipulateur en radiologie, évalue les effets secondaires du jour selon les outils validés et définis précédemment dans la grille de traçabilité (grades OMS pour la mucite, CTCAE pour la dermatite, EVA pour la douleur).

Cette étape permet d'adapter le plan de traitement à l'évolution clinique. Le patient est ensuite installé en position assise ou allongée, et les protections oculaires spécifiques sont mises en place pour le patient et le soignant. Le dispositif de photobiomodulation est paramétré selon les recommandations du fabricant et du service : longueur d'onde, fluence, puissance et temps d'irradiation par zone.

L'application se fait de manière non invasive, par balayage lent, contrôlé et indolore, sur les muqueuses buccales à risque, définies sur le schéma par le médecin oncologue référent (palais, langue, face interne des joues). Le temps d'irradiation pour chaque zone, varie généralement entre une à trois minutes par

site. En fin de séance, le professionnel retire les protections oculaires, vérifie le confort du patient et délivre les conseils d'hygiène buccale et de gestion des symptômes (hydratation, alimentation non irritante, soins topiques).

Au centre de radiothérapie du Havre, il est délivré au patient une solution de bain de bouche à la composition variable. Plus généralement, il s'agit d'une solution associant du **bicarbonate**, de la **xylocaïne**, et un **anti-inflammatoire** (Solumedrol). Si une mycose est associée, une prescription de bain de bouche à la Fungizone peut être indiquée. Si une xérostomie est associée, un bain de bouche au coca cola est généralement conseillé par le Docteur Martin ayant remarqué son efficacité à stimuler les glandes salivaires endommagées par les traitements de radiothérapie.

Nous pouvons ainsi proposer, sous forme de tableau, une synthèse de cette partie décrivant l'utilisation d'un stylet laser dans le traitement des mucites radio-induite au centre de radiothérapie au Havre.

Tableau 2 : Proposition de tableau récapitulatif des paramètres utilisés pour la thérapie par photobiomodulation par le stylet laser HILARIS au centre de radiothérapie du Havre

Paramètres	Plage utilisée
Longueur d'onde (λ)	660 nm
Mode d'émission	Continu
Fluence (dose énergétique)	5J/cm ²
Puissance	150 mW
Temps d'irradiation par point	1 à 2 minutes
Zones traitées	Palais, langue, joue
Fréquence d'application	3x/ semaine en prévention 5x/ semaine en curatif
Durée totale du traitement	Tout au long de la radiothérapie

Pour finir, la disponibilité très récente de ce dispositif au centre de radiothérapie et le peu de patients bénéficiant de cette thérapeutique ne nous a pas permis de mener une étude pilote montrant les effets thérapeutiques de la photobiomodulation sur un nombre de patients traités au Havre. Mais ce travail de thèse pourra apporter des perspectives de recherche pour appuyer son niveau de preuve clinique.

V. Perspectives

À la lecture de la littérature, à l'analyse du protocole utilisé et de la prise en charge des patients au Centre de radiothérapie du Havre, il serait intéressant de proposer l'élaboration d'une étude clinique sur la population havraise qui pourrait faire l'objet d'un autre travail de thèse ou mémoire visant à évaluer l'efficacité de la photobiomodulation sur la mucite orale induite par la chimiothérapie et la radiothérapie chez les patients atteints de cancer de la sphère ORL.

Cette étude pourrait porter sur un essai contrôlé randomisé comparant 2 groupes :

- Groupe A : un recevant des soins standards de prévention orale : hygiène buccale, conseils et traitement des symptômes
- Groupe B : un recevant ces mêmes soins standards associés à une thérapie par photobiomodulation prophylactique selon un protocole décrit et défini

L'objectif serait en premier lieu de montrer une réduction de l'incidence de la mucite orale pendant les traitements oncologiques chez les patients du groupe B versus le groupe A contrôle.

Mais aussi de détecter des différences dans :

- La sévérité de la mucite
- L'échelle de douleur rapportée par le patient
- La consommation d'antalgiques
- La qualité de vie : via le score EORTC QLQ-C30 ou le questionnaire UW-QOL par exemple

Il serait nécessaire de prendre en compte une population avec des critères d'inclusion : un âge supérieur à 18 ans, le traitement par radiothérapie et chimiothérapie concomitante en traitement d'un cancer de la tête et du cou, et la signature d'un consentement à la participation à cette étude.

Le principal critère d'exclusion pourrait être la présence d'une lésion tumorale intra-buccale détectée qui contre-indique l'utilisation de la photobiomodulation dans ce cas, comme décrit précédemment dans les recommandations.

Les évaluations seraient réalisées avant le traitement, chaque semaine durant le traitement et sur les semaines qui suivent.

La sécurité de l'étude devra être évaluée tout au long de sa réalisation avec déclaration des évènements indésirables.

Le but serait ainsi de confirmer l'intérêt clinique de la photobiomodulation et valider sa faisabilité dans un service de radiothérapie local.

Conclusion

Les recherches odontologiques comme oncologiques, ont démontré que la photobiomodulation induit des effets biologiques tissulaires qui se traduisent par des bénéfices cliniques concrets pour les patients, notamment dans la **prévention** et le **traitement** des mucites radio ou chimio-induites, et la **réduction** de la xérostomie. Ces résultats ont conduit la Multinational Association of Supportive Care in Cancer (MASCC) et l'International Society of Oral Oncology (ISOO) à intégrer la photobiomodulation dans leurs recommandations internationales pour la prise en charge des mucites orales liées aux traitements anticancéreux. Ces recommandations feront d'ailleurs l'objet d'une mise à jour en début d'année 2026.

Dans le contexte spécifique de la radiothérapie des cancers de la sphère oro-faciale, la photobiomodulation s'impose comme une approche complémentaire non invasive, sans effet indésirable notable, et ayant surtout un fort impact sur la **qualité de vie des patients**. En réduisant la sévérité et la durée des mucites, elle permet de maintenir la continuité du traitement, de limiter le recours aux antalgiques majeurs et d'améliorer la nutrition.

Le Centre de Radiothérapie Guillaume Le Conquérant du Havre s'inscrit pleinement dans cette dynamique innovante. Grâce à un équipement moderne combinant un **stylet intra-buccal** pour la prévention des mucites et un dispositif **ATP38** pour la gestion des radiodermites, le centre a su intégrer la photobiomodulation dans un protocole et sa mise en œuvre quotidienne illustre la faisabilité et la pertinence clinique de la technique dans un environnement hospitalier.

Toutefois, malgré les données encourageantes de la littérature, certaines limites persistent. Les **protocoles** restent **hétérogènes**, les paramètres d'irradiation ne sont pas encore parfaitement standardisés, et les mécanismes biologiques impliqués continuent d'être explorés. Dans cette perspective, la poursuite d'études cliniques contrôlées apparaît essentielle pour consolider les niveaux de preuve et optimiser les protocoles.

De plus, les informations encore invasives sur le coût des lasers, le manque d'études significatives et l'absence de cotation CCAM dans la nomenclature positionnent la photobiomodulation comme une thérapie future.

Mais elle constitue une **thérapie de support prometteuse**, au croisement de la physique, de la biologie et de la clinique. Et son développement continu, soutenu par la recherche et la formation des équipes soignantes, permettra, à terme, de l'intégrer à la prise en charge des traitements oncologiques. Elle incarne l'évolution vers une médecine plus préventive et respectueuse du confort du patient.

Tables des figures

Figure 1: Schéma illustrant le principe de fonctionnement du laser (15)	19
Figure 2 : Schéma personnel illustrant les mécanismes d'action cellulaire du Low Level Laser Therapy.....	23
Figure 3 : Photographie personnelle présentant le dispositif HILARIS TL 150 dans sa mallette de rangement.....	48

Tables des tableaux

Tableau 1 : Proposition de tableau récapitulatif des principaux paramètres efficaces de la photobiomodulation pour les indications les plus citées dans la littérature.....	38
Tableau 2 : Proposition de tableau récapitulatif des paramètres utilisés pour la thérapie par photobiomodulation par le stylet laser HILARIS au centre de radiothérapie du Havre.....	51

Références bibliographiques

1. Tsai SR, Hamblin MR. Biological effects and medical applications of infrared radiation. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology* [Internet]. 2017 May 1 [cited 2024 Apr 28];170:197–207.
2. Redman MG, Harris K, Phillips BS. Low-level laser therapy for oral mucositis in children with cancer. *Arch Dis Child*. 2022 Feb;107(2):128–33.
3. Legouté F, Bensadoun RJ, Seegers V, Pointreau Y, Caron D, Lang P, et al. Low-level laser therapy in treatment of chemoradiotherapy-induced mucositis in head and neck cancer: results of a randomised, triple blind, multicentre phase III trial. *Radiat Oncol*. 2019 May 22;14(1):83.
4. Rathod A, Jaiswal P, Bajaj P, Kale B, Masurkar D. Implementation of Low-Level Laser Therapy in Dentistry: A Review. *Cureus* [Internet]. [cited 2024 Apr 29];14(9):e28799.
5. Cronshaw M, Parker S, Anagnostaki E, Mylona V, Lynch E, Grootveld M. Photobiomodulation and Oral Mucositis: A Systematic Review. *Dent J (Basel)*. 2020 Aug 5;8(3):87.
6. Aires-Fernandes M, Amantino CF, do Amaral SR, Primo FL. Tissue Engineering and Photodynamic Therapy: A New Frontier of Science for Clinical Application -An Up-To-Date Review. *Front Bioeng Biotechnol*. 2022;10:837693.
7. Robijns J, Nair RG, Lodewijckx J, Arany P, Barasch A, Bjordal JM, et al. Photobiomodulation therapy in management of cancer therapy-induced side effects: WALT position paper 2022. *Front Oncol*. 2022;12:927685.
8. Adnan A, Yaroslavsky AN, Carroll JD, Selting W, Juliano AF, London WB, et al. The Path to an Evidence-Based Treatment Protocol for Extraoral Photobiomodulation Therapy for the Prevention of Oral Mucositis. *Front Oral Health*. 2021;2:689386.
9. Jabłoński P, Musiał M, Wiench R, Stefanik N, Olchowcy C, Matys J, et al. Photobiomodulation Therapy in the Treatment of Oral Mucositis-A Case Report. *Medicina (Kaunas)*. 2022 Apr 29;58(5):618.

10. Zecha JAEM, Raber-Durlacher JE, Nair RG, Epstein JB, Sonis ST, Elad S, et al. Low level laser therapy/photobiomodulation in the management of side effects of chemoradiation therapy in head and neck cancer: part 1: mechanisms of action, dosimetric, and safety considerations. *Support Care Cancer*. 2016 Jun;24(6):2781–92.
11. Gobbo M, Rico V, Marta GN, Caini S, Ryan Wolf J, van den Hurk C, et al. Photobiomodulation therapy for the prevention of acute radiation dermatitis: a systematic review and meta-analysis. *Support Care Cancer*. 2023 Mar 23;31(4):227.
12. De Carvalho E Silva RM, Mendes FM, Degasperi GR, Pinheiro SL. Photobiomodulation for the management of xerostomia and oral mucositis in patients with cancer: a randomized clinical trial. *Lasers Med Sci*. 2023 Apr 15;38(1):101.
13. Potrich AR, Só BB, Schuch LF, Wagner VP, Silveira FM, de Abreu Alves F, et al. Impact of photobiomodulation for prevention of oral mucositis on the quality of life of patients with head and neck cancer: a systematic review. *Lasers Med Sci*. 2023 Dec 7;39(1):1.
14. Klausner G, Bensadoun RJ, Champion A, Benzaquen D, Canova CH, Claren A, et al. État de l'art de la photobiomodulation dans la prise en charge des effets secondaires de la radiothérapie : indications et niveaux de preuve. *Cancer/Radiothérapie [Internet]*. 2021 Oct 1 [cited 2024 Apr 29];25(6):584–92.
15. Schwob C, Julien L. Le laser : principe de fonctionnement. *Reflets phys*. 1 oct 2010 ;(21):12-6.
16. Billard-Sandu DC. La thérapie par photobiomodulation : place dans les soins de support oncologiques. 2022
17. Historique de la technologie laser | Traitement des matières par laser fr-us [Internet]. [cited 2024 Oct 14]. Available from: <https://www.ulsinc.com/fr/savoir/historique-des-lasers>

18. Mester E, Ludany G, Selyei M, Szende B, Total GJ. The stimulating effect of low power laser rays On biological systems. Laser Rev. 1968; 1:3.

19. Karu TI. Multiple roles of cytochrome c oxidase in mammalian cells under action of red and IR-A radiation. IUBMB Life [Internet]. 2010 [cited 2024 Oct 29];62(8):607–10. Available from: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/iub.359>

20. Missika GR JL Girard,A Para,B Lamouret,P. Utilisation des lasers en endodontie [Internet]. [cited 2024 Nov 5]. Available from: <https://www.editionscdp.fr/boutique/livres/G10853/utilisation-des-lasers-en-endodontie.html>

21. Borgiès L. 3ème séminaire de Soins de Support en Oncologie : le replay est disponible ! - ONCORIF [Internet]. 2021

22. Chirurgie orale - 2e édition - Référentiel Internat [Internet]. [cité 9 déc 2024].

23. Chen CH, Hung SW, Pang JHS, Tsai WC, Lin MS, Yu TY, et al. Effects of Low-Level Laser Therapy on Matrix Metalloproteinase and Collagen Expression of Tendon Cells. Rehabilitation Practice and Science

24. De Freitas LF, Hamblin MR. Proposed Mechanisms of Photobiomodulation or Low-Level Light Therapy. IEEE J Sel Top Quantum Electron [Internet]. 2016 [cité 20 mai 2025];22(3):7000417

25. Hanna R, Dalvi S, Benedicenti S, Amaroli A, Sălăgean T, Pop ID, et al. Photobiomodulation Therapy in Oral Mucositis and Potentially Malignant Oral Lesions: A Therapy Towards the Future. Cancers [Internet]. juill 2020 [cité 19 juill 2025];12(7):1949.

26. Zadik Y, Arany PR, Fregnani ER, Bossi P, Antunes HS, Bensadoun RJ, et al. Systematic review of photobiomodulation for the management of oral

mucositis in cancer patients and clinical practice guidelines. *Support Care Cancer*. oct 2019;27(10):3969-83.

27. Rodrigues I, Machado V, Lopes LB, Trancoso P, Azul AM, Mendes JJ, et al. Photobiomodulation therapy on chemo- and radiotherapy induced oral conditions: an umbrella review. *BMC Oral Health* [Internet]. 18 sept 2024 [cité 30 juill 2025];24(1):1106.

28. Carvalho P a. G, Jaguar GC, Pellizzon AC, Prado JD, Lopes RN, Alves FA. Evaluation of low-level laser therapy in the prevention and treatment of radiation-induced mucositis: a double-blind randomized study in head and neck cancer patients. *Oral Oncol*. déc 2011;47(12):1176-81.

29. Lairedj K, Klausner G, Robijns J, Arany PR, Bensadoun RJ. Photobiomodulation dans la prévention et la prise en charge des effets secondaires des traitements anticancéreux : bases, bilan et perspectives. *Bulletin du Cancer* [Internet]. 1 mars 2024 [cité 24 août 2025];111(3):314-26.

30. Louzeiro GC, Cherubini K, de Figueiredo MAZ, Salum FG. Effect of photobiomodulation on salivary flow and composition, xerostomia and quality of life of patients during head and neck radiotherapy in short term follow-up: A randomized controlled clinical trial. *J Photochem Photobiol B*. août 2020;209:111933.

31. Hegazy RA, Mahmoud EM, Holiel AA. Effect of low-level diode laser on dentin topography and symptomatic noncarious cervical lesions prior to composite restorations: A split-mouth randomized controlled trial. *J Evid Based Dent Pract*. 2024;24(2):101969. doi:10.1016/j.jebdp.2024.101969.

32. Elad S, Cheng KKF, Lalla RV, et al. MASCC/ISOO clinical practice guidelines for the management of mucositis secondary to cancer therapy. *Cancer*. 2020;126(19):4423-4431.

Annexes

Annexe 1.....	40
Questionnaire EORTC QLQ-C30 version 3	



EORTC QLQ-C30 (version 3)

Nous nous intéressons à vous et à votre santé. Répondez vous-même à toutes les questions en entourant le chiffre qui correspond le mieux à votre situation. Il n'y a pas de "bonne" ou de "mauvaise" réponse. Ces informations sont strictement confidentielles.

Merci de préciser:

Vos initiales:

Date de naissance (jour/mois/année):

La date d'aujourd'hui (jour/mois/année):

31									

	Pas du tout	Un peu	Assez	Beaucoup
1. Avez-vous des difficultés à faire certains efforts physiques pénibles comme porter un sac à provision chargé ou une valise?	1	2	3	4
2. Avez-vous des difficultés à faire une longue promenade?	1	2	3	4
3. Avez-vous des difficultés à faire un petit tour dehors?	1	2	3	4
4. Etes-vous obligé(e) de rester au lit ou dans un fauteuil pendant la journée?	1	2	3	4
5. Avez-vous besoin d'aide pour manger, vous habiller, faire votre toilette ou aller aux toilettes?	1	2	3	4

Au cours de la semaine passée:

	Pas du tout	Un peu	Assez	Beaucoup
6. Avez-vous été gêné(e) pour faire votre travail ou vos activités de tous les jours?	1	2	3	4
7. Avez-vous été gêné(e) dans vos activités de loisirs?	1	2	3	4
8. Avez-vous eu le souffle court?	1	2	3	4
9. Avez-vous ressenti de la douleur?	1	2	3	4
10. Avez-vous eu besoin de repos?	1	2	3	4
11. Avez-vous eu des difficultés pour dormir?	1	2	3	4
12. Vous êtes-vous senti(e) faible?	1	2	3	4
13. Avez-vous manqué d'appétit?	1	2	3	4
14. Avez-vous eu des nausées (mal au coeur)?	1	2	3	4
15. Avez-vous vomi?	1	2	3	4

Passez à la page suivante S.V.P.

Au cours de la semaine passée:

	Pas du tout	Un peu	Assez	Beaucoup
16. Avez-vous été constipé(e)?	1	2	3	4
17. Avez-vous eu de la diarrhée?	1	2	3	4
18. Etiez-vous fatigué(e)?	1	2	3	4
19. Des douleurs ont-elles perturbé vos activités quotidiennes?	1	2	3	4
20. Avez-vous eu des difficultés à vous concentrer sur certaines choses, par exemple, pour lire le journal ou regarder la télévision?	1	2	3	4
21. Vous êtes-vous senti(e) tendu(e)?	1	2	3	4
22. Vous êtes-vous fait du souci?	1	2	3	4
23. Vous êtes-vous senti(e) irritable?	1	2	3	4
24. Vous êtes-vous senti(e) déprimé(e)?	1	2	3	4
25. Avez-vous eu des difficultés pour vous souvenir de certaines choses?	1	2	3	4
26. Votre état physique ou votre traitement médical vous ont-ils gêné(e) dans votre vie <u>familiale</u> ?	1	2	3	4
27. Votre état physique ou votre traitement médical vous ont-ils gêné(e) dans vos activités <u>sociales</u> (par exemple, sortir avec des amis, aller au cinéma...)?	1	2	3	4
28. Votre état physique ou votre traitement médical vous ont-ils causé des problèmes financiers?	1	2	3	4

Pour les questions suivantes, veuillez répondre en entourant le chiffre entre 1 et 7 qui s'applique le mieux à votre situation

29. Comment évalueriez-vous votre état de santé au cours de la semaine passée?

1 2 3 4 5 6 7

Très mauvais

Excellent

30. Comment évalueriez-vous l'ensemble de votre qualité de vie au cours de la semaine passée?

1 2 3 4 5 6 7

Très mauvais

Excellent

Nom: _____

Questionnaire du patient

Ce questionnaire porte sur votre santé et votre qualité de vie **au cours des sept derniers jours**. S'il vous plaît répondez à toutes les questions en cochant une case pour chaque question.

1. **Douleur.** (Cocher une case: ☑)

- ☐ Je n'ai pas de douleur.
- ☐ Il y a une petite douleur qui ne nécessite pas de médication.
- ☐ J'ai une douleur modérée qui requiert une médication régulière (ex. paracétamol).
- ☐ J'ai une douleur sévère qui est contrôlée seulement par prescription médicale (ex. morphine).
- ☐ J'ai une douleur sévère qui n'est pas contrôlée par médication.

2. **Apparence.** (Cocher une case: ☑)

- ☐ Il n'y a pas de changement de mon apparence.
- ☐ Le changement de mon apparence est mineur.
- ☐ Mon apparence me dérange mais je demeure actif(ve).
- ☐ Je me sens défiguré(e) de manière significative et je limite mes activités à cause de mon apparence.
- ☐ Je ne peux pas côtoyer les gens à cause de mon apparence.

3. **Activité.** (Cocher une case: ☑)

- ☐ Je suis aussi actif(ve) que je l'ai toujours été.
- ☐ Il y a des moments où je n'arrive pas à maintenir mon rythme habituel, mais pas souvent.
- ☐ Je suis souvent fatigué(e) et je dois ralentir mes activités bien que je puisse continuer à sortir.
- ☐ Je ne sors pas parce que je n'en ai pas la force.
- ☐ Je reste habituellement au lit ou dans mon fauteuil et je ne quitte pas la maison.

4. **Loisir.** (Cocher une case: ☑)

- ☐ Il n'y a pas de limitations pour des activités récréatives à la maison ou à l'extérieur.
- ☐ Il y a certaines choses que je ne peux pas faire mais je sors et apprécie toujours la vie.
- ☐ Très souvent je souhaiterais sortir davantage, mais ça ne me dit rien.
- ☐ Il y a des limitations importantes à ce que je peux faire, la plupart du temps je reste à la maison et regarde la TV.
- ☐ Je ne peux rien faire d'agréable.

5. **Déglutition.** (Cocher une case: ☑)

- ☐ Je peux avaler normalement comme d'habitude.
- ☐ Je ne peux pas avaler certains aliments solides.
- ☐ Je peux avaler seulement les aliments liquides
- ☐ Je ne peux pas avaler parce que "ça prend le mauvais chemin" et je m'étouffe.

6. **Mastication.** (Cocher une case: ☑)

- ☐ Je peux mastiquer / mâcher comme d'habitude.
- ☐ Je peux manger les aliments mous mais pas mâcher certains aliments.
- ☐ Je ne peux même pas mâcher les aliments mous.

7. **Parole.** (Cocher une case: ☒)

- ☐ Mon élocution est normale, comme d'habitude.
- ☐ J'ai de la difficulté à dire certains mots mais je peux être compris au téléphone.
- ☐ Seuls ma famille et mes amis peuvent me comprendre.
- ☐ On ne me comprend pas.

8. **Épaule.** (Cocher une case: ☒)

- ☐ Je n'ai pas problème avec mon épaule.
- ☐ Mon épaule est raide mais ça n'affecte pas mes activités ni ma force.
- ☐ La douleur ou la faiblesse de mon épaule m'a forcé à changer mon travail / mes loisirs.
- ☐ Je ne peux pas travailler ou faire mes loisirs à cause des problèmes avec mon épaule.

9. **Goût.** (Cocher une case: ☒)

- ☐ Je peux apprécier le goût des aliments normalement.
- ☐ Je peux apprécier le goût de la plupart des aliments normalement.
- ☐ Je peux apprécier le goût de certains aliments.
- ☐ Je n'apprécie le goût d'aucun aliment.

10. **Salive.** (Cocher une case: ☒)

- ☐ Ma salive a une consistance normale.
- ☐ J'ai moins de salive que normalement mais c'est suffisant.
- ☐ J'ai trop peu de salive.
- ☐ Je n'ai pas de salive.

11. **Humeur.** (Cocher une case: ☒)

- ☐ Mon humeur est excellente et n'est pas affectée par mon cancer.
- ☐ En général mon humeur est bonne et affectée seulement occasionnellement par mon cancer.
- ☐ Je suis ni de bonne humeur ni déprimé(e) par rapport à mon cancer.
- ☐ Je suis quelque peu déprimé(e) par rapport à mon cancer.
- ☐ Je suis extrêmement déprimé(e) par rapport à mon cancer.

12. **Anxiété.** (Cocher une case: ☒)

- ☐ Je ne suis pas anxieux(se) par rapport à mon cancer.
- ☐ Je suis un peu anxieux(se) par rapport à mon cancer.
- ☐ Je suis anxieux(se) par rapport à mon cancer.
- ☐ Je suis très anxieux(se) par rapport à mon cancer.

13. Quels problèmes ont été les plus importants pour vous **au cours des sept derniers jours** ?

Cocher ☒ un maximum de trois cases:

- | | | |
|------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------------|
| ☐ Douleur | ☐ Déglutition | ☐ Goût |
| ☐ Apparence | ☐ Mastication | ☐ Salive |
| ☐ Activité | ☐ Parole | ☐ Humeur |
| ☐ Loisirs | ☐ Épaule | ☐ Anxiété |
-

QUESTIONS GÉNÉRALES

14. Comparé avec le mois précédant le développement de votre cancer, comment évalueriez-vous votre qualité de vie reliée à votre santé?

(Cocher une case: ☒)

- ☐ Bien meilleure
- ☐ Quelque peu meilleure
- ☐ À peu près semblable
- ☐ Pire
- ☐ Bien pire

15. En général, diriez-vous que votre qualité de vie reliée à votre santé au cours des sept derniers jours a été : (Cocher une case: ☒)

- ☐ Excellente
- ☐ Très bonne
- ☐ Bonne
- ☐ Moyenne
- ☐ Faible
- ☐ Très faible

16. La qualité de la vie globale inclue non seulement la santé physique et mentale, mais également beaucoup d'autres facteurs tels que la famille, les amis, la spiritualité, ou les activités de loisirs personnels qui sont importantes pour votre épanouissement. En considérant dans votre vie tout ce qui contribue à votre bien-être personnel, évaluez votre **qualité de la vie globale** au cours des sept derniers jours. (Cocher une case: ☒)

- ☐ Excellente
- ☐ Très bonne
- ☐ Bonne
- ☐ Moyenne
- ☐ Faible
- ☐ Très faible

17. S'il-vous plaît décrire tout autre problème (médical ou non médical) que est important pour votre qualité de la vie et qui n'a pas été adéquatement abordé par nos questions (vous pouvez joindre des feuilles additionnelles si nécessaire).

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Thèse d'exercice : Chir. Dent. : Lille : Année 2026 –

Titre de la thèse en français / **Diane WEISS**. - p. (71) : ill. (3) ; réf. (32).

Domaines : pathologie bucco-dentaire ; chirurgie buccale ; imagerie et radiologie

Mots clés Libres : laser, mucites, photobiomodulation, oncologie, effets secondaires, soins de support

Résumé de la thèse en français

La photobiomodulation, ou laser de faible intensité constitue une approche thérapeutique non invasive utilisée en soin de support oncologique. Son intérêt repose sur ses effets biologiques anti-inflammatoires, antalgiques et cicatrisants, liés à une action mitochondriale favorisant la production d'ATP et la régulation des médiateurs cellulaires. Dans le contexte des cancers de la sphère ORL, la photobiomodulation apparaît particulièrement pertinente pour la **prévention et la prise en charge des effets secondaires** induits par la chimiothérapie et la radiothérapie. Les données de la littérature soulignent une efficacité démontrée dans la **réduction de l'incidence, de la sévérité et de la douleur des mucites orales**, avec un impact positif sur la qualité de vie des patients, soutenue par les recommandations internationales. Des bénéfices sont également rapportés pour la **xérostomie**, le **trismus**, l'**hypersensibilité dentinaire** et certaines formes d'**ostéonécrose des maxillaires**, bien que ces indications nécessitent encore une standardisation des protocoles. La photobiomodulation s'inscrit ainsi comme un soin de support prometteur dans la prise en charge globale des patients atteints de cancers de la sphère ORL.

JURY :

Président : Madame la Professeure Caroline Delfosse

Assesseurs : Monsieur le Docteur Laurent Nawrocki

Monsieur le Docteur Jérôme Vandomme

Madame le Docteur Julie Bemer