



Intégration de l'ozonothérapie dans la gestion de cas complexes à diagnostic défavorable. Rétrospective d'expérimentation clinique

Sylvain Riquet

► To cite this version:

Sylvain Riquet. Intégration de l'ozonothérapie dans la gestion de cas complexes à diagnostic défavorable. Rétrospective d'expérimentation clinique. Sciences du Vivant [q-bio]. 2022. dumas-03577159

HAL Id: dumas-03577159

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-03577159v1>

Submitted on 16 Feb 2022

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Thèse pour l'obtention du
DIPLOME d'ETAT de DOCTEUR en CHIRURGIE DENTAIRE

Présentée et soutenue publiquement par

Sylvain RIQUET

Né le 26 juillet 1991 aux Abymes en Guadeloupe
Le douze janvier deux-mille vingt deux

**Intégration de l'ozonothérapie dans la gestion de cas
complexes à diagnostic défavorable
Rétrospective d'expérimentation clinique**

Directeur de Thèse
Dr Yves DELBOS

Membres du Jury

Président	M ^{me} Marie-José BOILEAU	Professeur des Universités
Directeur	M. Yves DELBOS	Maître de Conférences des Universités
Assesseur	M ^{lle} Elsa GAROT	Maître de Conférences des Universités
Rapporteur	M. Pierre-Adrien DECAUP	Assistant Hospitalo-Universitaire

UNIVERSITE DE BORDEAUX

MAJ
01/09/
2021

Président

M. TUNON DE LARA Manuel

**Directeur de Collège des Sciences de la
Santé**

M. PELLEGRIN Jean-Luc

COLLEGE DES SCIENCES DE LA SANTE

UNITE DE FORMATION ET DE RECHERCHE DES SCIENCES ODONTOLOGIQUES

Directrice

Mme BERTRAND Caroline

58-01

Directeur Adjoint à la Pédagogie

Mr DELBOS Yves

56-01

Directeur Adjoint – Chargé de la Recherche

M. CATROS Sylvain

57-01

**Directeur Adjoint – Chargé des
Relations Internationales**

M.SEDARAT Cyril

57-01

ENSEIGNANTS DE L'UFR

PROFESSEURS DES UNIVERSITES

M
me

Caroline

BERTRAND

Prothèse dentaire

58-01

M
me

Marie-José

BOILEAU

Orthopédie dento-faciale

56-01

M	Sylvain	CATROS	Chirurgie orale	57-01
M	Raphaël	DEVILLARD	Dentisterie restauratrice et endodontie	58-01
M me	Véronique	DUPUIS	Prothèse dentaire	58-01
M.	Bruno	ELLA NGUEMA	Sciences anatomiques et physiologiques - Biomatériaux	58-01
M.	Jean- Christophe	FRICAIN	Chirurgie buccale – Pathologie et thérapeutique	57-01

MAITRES DE CONFERENCES DES UNIVERSITES

M me	Elise	ARRIVÉ	Prévention épidémiologie – Economie de la santé – Odontologie légale	56-02
M me	Audrey	AUSSEL	Sciences anatomiques et physiologiques	58-01
M me	Cécile	BADET	Biologie Orale	57-01
M.	Etienne	BARDINET	Orthopédie dento-faciale	56-01
M.	Michel	BARTALA	Prothèse dentaire	58-01
M.	Cédric	BAZERT	Orthopédie dento-faciale	56-01
M.	Christophe	BOU	Prévention épidémiologie – Economie de la santé – Odontologie légale	56-02
M me	Sylvie	BRUNET	Chirurgie buccale – Pathologie et thérapeutique	57-01
M.	Jacques	COLAT PARROS	Sciences anatomiques et physiologiques	58-01
M,	Jean-	COUTANT	Sciences anatomiques et physiologiques	58-01

	Christophe			
M.	François	DARQUE	Orthopédie dento-faciale	56-01
M.	François	DE BRONDEAU	Orthopédie dento-faciale	56-01
M.	Yves	DELBOS	Odontologie pédiatrique	56-01
M,	Emmanuel	D'INCAU	Prothèse dentaire	58-01
M me	Mathilde	FENELON	Chirurgie Orale	57-01
M me	Elsa	GAROT	Odontologie pédiatrique	56-01
M.	Dominique	GILLET	Dentisterie restauratrice et endodontie	58-01
M me	Olivia	KEROUREDAN	Dentisterie restauratrice et endodontie	58-01
M.	Jean-François	LASSERRE	Prothèse dentaire	58-01
M.	Yves	LAUVERJAT	Parodontologie	57-01
M me	Javotte	NANCY	Odontologie pédiatrique	56-01
M.	Adrien	NAVEAU	Prothèse dentaire	58-01
M.	Philippe	POISSON	Prévention épidémiologie – Economie de la santé – Odontologie légale	56-02
M.	Patrick	ROUAS	Odontologie pédiatrique	56-01
M.	Johan	SAMOT	Biologie Orale	57-01

Mme	Maud	SAMPEUR	Orthopédie dento-faciale	56-01
M.	Cyril	SEDARAT	Parodontologie	57-01
Mme	Noémie	THEBAUD	Biologie Orale	57-01
M.	Eric	VACHEY	Dentisterie restauratrice et endodontie	58-01

AUTRES ENSEIGNANTS

M.	Cédric	FALLA	Prévention épidémiologie – Economie de la santé – Odontologie légale	56-02
M.	François	ROUZÉ L'ALZIT	Prothèse dentaire	58-01

ASSISTANTS

M.	Bastien	BERCAULT	Chirurgie Orale	57-01
M.	Baptiste	BERGES	Prothèse dentaire	58-01
Mme	Mathilde	BOUDEAU	Odontologie conservatrice – Endodontie	58-01
Mme	Virginie	CHUY	Prévention épidémiologie – Economie de la santé – Odontologie légale	56-02
M	Pierre-Hadrien	DECAUP	Prothèse dentaire	58-01
Mme	Laura	DONNET	Biologie Orale	57-01
Mme	Julia	ESTIVALS	Odontologie pédiatrique	56-01
Mme	Laurie	FUCHS	Odontologie pédiatrique	56-01
Mr	Pierre-André	GUILLAUD	Parodontologie	57-01

Mme	Jane	GOURGUES	Prévention épidémiologie – Economie de la santé – Odontologie légale	56-02
Mr	Louis	HUAULT	Sciences anatomiques et physiologiques	58-01
Mme	Mathilde	JACQUEMONT	Parodontologie	57-01
Mme	Clémence	JAECK	Prothèse dentaire	58-01
Mr	Aymeric	JOUBERT DU CELLIER	Dentisterie restauratrice et endodontie	58-01
Mr	Jean-Baptiste	IRIBARREN	Dentisterie restauratrice et endodontie	58-01
Mme	Claudine	KHOURY	Prévention épidémiologie – Economie de la santé – Odontologie légale	56-02
Mme	Camille	LACAULE	Orthopédie dento-faciale	56-01
M.	Antoine	LAFITTE	Orthopédie dento-faciale	56-01
Mme	Léa	MASSE	Prothèse dentaire	58-01
Mme	Aude	MENARD	Prothèse dentaire	58-01
M	Florian	PILEU	Prothèse dentaire	58-01
Mme	Rawen	SMIRANI	Parodontologie	57-01
Mme	Florianne	VILLAT	Dentisterie restauratrice et endodontie	5801
M.	Clément	VACHEY	Odontologie conservatrice – Endodontie	58-01
M	Paul	VITIELLO	Prothèse dentaire	58-01
Mme	Sophia	ZIANE	Odontologie conservatrice – Endodontie	58-01

A notre Présidente de thèse

Madame le Professeur Marie-José BOILEAU

Professeur des Universités – Praticien Hospitalier

Sous-section Orthopédie dento-faciale 56-01

Merci de nous avoir fait l'honneur d'accepter de présider cette thèse.

Votre bienveillance et votre disponibilité furent particulièrement appréciés, que ce soit en cours d'ODF ou lors des vacations du mercredi après-midi à Pellegrin.

Veuillez y trouver l'expression de mes plus profonds respects.

A notre Directeur de thèse

Monsieur le Docteur Yves DELBOS

Directeur Adjoint à la Pédagogie

Maître de Conférences des Universités – Praticien Hospitalier

Sous-section Odontologie Pédiatrique – 56-01

*Vous m'avez fait l'immense honneur de me diriger lors de la rédaction de cette thèse.
Je vous remercie pour votre encadrement et vos précieux conseils qui ont rendu cette
soutenance possible.*

Vous cotoyer le mercredi à Pellegrin fut un réel plaisir.

Qu'il me soit permis d'exprimer mes respects les plus profonds.

A notre Rapporteur de thèse

Monsieur le Docteur Pierre-Adrien DECAUP

Assistant Hospitalo-Universitaire

Sous-section Prothèse 58-01

Merci pour votre disponibilité et votre rigueur qui ont permis de finaliser la rédaction de cette thèse. Vos retours constructifs ont permis cette soutenance.

Qu'il me soit permis d'exprimer mes profonds respects.

A notre Assesseur

Madame le Docteur Elsa GAROT

Maître de Conférences des Universités – Praticien Hospitalier

Sous-section Odontologie Pédiatrique 56-01

Merci de me faire l'honneur d'accepter de siéger dans ce jury. Merci également pour l'implication et les conseils qui ont été inestimables lors de la rédaction de cette thèse. Se cotoyer les mercredis à Pellegrin fut un réel plaisir. Qu'il me soit permis d'exprimer mes profonds respects.

Table des matières

Introduction	13
1. Présentation de l’ozone	15
1.1. Définition	15
1.1.1. Applications	16
1.1.2. Caractéristiques physico-chimiques	16
1.1.3. Bref historique	17
1.1.4 Déclaration de Madrid	18
1.2. L’OZONOTHERAPIE EN ODONTOLOGIE	18
1.2.1. Principes d’action	18
1.2.1.1. Biorégulateur d’oxydoréduction	19
1.2.1.2. Effet antalgique	19
1.2.1.3. Oxygénation des tissus	19
1.2.1.4. Intérêt en odontologie	19
1.2.2. Toxicité	21
1.2.2.1. Modélisation	21
1.2.2.2. Unités de mesure	22
1.2.3. Formes d’application	22
1.2.3.1 Ozone gazeux	22
1.2.3.2. Eau ozonée	23
1.2.3.3. Huile ozonée	24
2. CAS CLINIQUE ORIGINAL	22
2.1. CONTEXTE	25
2.1.1. Présentation du cas	25
2.1.2. Notion de gradient thérapeutique	26
2.2. MATERIELS ET METHODES	28
2.2.1. Présentation du J-500	24
2.2.2. Champs d’application	26
2.2.3. Séquence clinique	27
2.3. Résultats	34
2.3.1 Retour d’utilisation du J-500	34
3. DISCUSSION	36
3.1. INTERET DE L’OZONOTHERAPIE DANS LE TRAITEMENT DES MIH	36
3.1.1. Gestion des aspects cliniques	36
3.1.2. La question des restaurations	37
3.2. CAS ANNEXES	37
3.2.1. Cas annexe 1	37
3.2.2. Cas annexe 2	42
4. CONCLUSION	47

Introduction

Pour le grand public, l'ozone est associé le plus souvent aux questions écologiques. Pourtant cette molécule dérivée d'oxygène présente des applications en biomédical connues et utilisées depuis plusieurs décennies. L'odontologie ne fait pas exception, et de multiples générateurs sont disponibles sur le marché depuis quelques années. Cependant l'utilisation de l'ozone en dentisterie ne semble pas très répandue.

Ayant eu l'opportunité d'obtenir un générateur d'ozone, nous avons décidé de tester en situation clinique ses potentialités et limites afin de nous faire notre propre avis.

Après être revenus sur les caractéristiques de l'ozone et ses champs d'application, nous présenterons quelques cas cliniques traités en intégrant l'ozone dans le protocole de soins.

1. Présentation de l'ozone

1.1. Définition

L'ozone de formule chimique O_3 est également appelé oxygène triatomique ou trioxygène. C'est à l'état naturel un gaz retrouvé dans l'atmosphère aux hautes altitudes (entre 15 et 20 km).

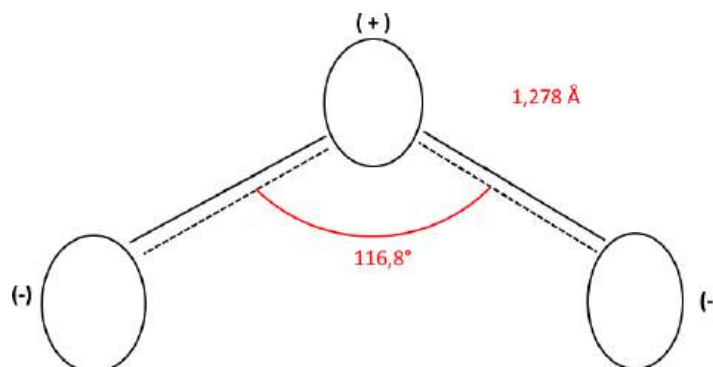
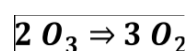


Figure 1 : Molécule d'ozone

Assez instable, il est obtenu par interaction des molécules d'oxygène de l'atmosphère avec les rayonnements ultraviolets émis entre autres par le soleil. Ce phénomène est à l'origine de la formation de la couche d'ozone, ayant un effet protecteur pour la planète.



1.1.1. Applications

Artificiellement, il peut être émis lors de certains processus industriels par altération des molécules d'oxygène avoisinantes par différentes interactions (lasers, rayonnement u.v., réaction chimique, haute tension électrique,...)

Son utilisation principale concerne l'assainissement des eaux; mais son fort pouvoir oxydant sert aussi dans divers processus intermédiaires ou finaux de fabrication industrielle (textile, pharmacie, électronique,...) (1).

Étant très difficilement stockable à cause de sa dégradation rapide en oxygène, il doit pour être utilisé être fabriqué sur place par un générateur dédié.

1.1.2. Caractéristiques physico-chimiques

Il présente les caractéristiques physiques suivantes: (2)

Etat physique	Gaz
Masse moléculaire	48
Densité	1,354 g/mL à -112°C 1,614 g/mL à -195,4°C
Solubilité dans l'eau	0,57 g/L à 20°C 1,06 g/L à 0°C
Densité de vapeur	1,66
Tension de vapeur	Sans objet
Point de fusion	-192,5°C
Point d'ébullition	-111,3°C

Taux d'évaporation	Sans objet
Facteur de conversion (ppm → mg/mm³)	1,963
Concentration à saturation	Sans objet

Figure 2 : Caractéristiques physico-chimiques

1.1.3. Bref historique

Histoire médicale en quelques dates (3)

1785: Découverte fortuite de l'ozone par le physicien néerlandais Martinus Van Marum (1750-1837) en percevant une odeur particulière qui se dégageait à proximité des machines électrostatiques

1840 : Le chimiste allemand Christian Friedrich Schönbein (1799-1868) synthétise l'ozone pour la première fois.

1873 : Découverte de la capacité de l'ozone à éliminer les micro-organismes.

1885: Publication du premier manuel sur les applications médicales de l'ozone par la Florida Medical Association, écrit par le Dr Kenworth.

1896 : Nikola Tesla (1856-1943) brevète son premier générateur d'ozone ; et en 1900 il fonde "Tesla Ozone Co.", fabricant de générateurs à usage médical. Il a été le premier à ozoner l'huile d'olive.

1932 : En Suisse, un dentiste, le Dr Fish, publie le premier livre concernant les applications de l'ozone en dentisterie pour traiter les caries, et a breveté le premier appareil spécifiquement pour cette application, le Cytozon.

En 1935, Edwin Payr (autrichien-allemand) montre l'effet cicatrisant de l'ozone.

1.1.4. Déclaration de Madrid

La Déclaration de Madrid est aujourd'hui le seul document de référence concernant l'utilisation médicale de l'ozone (4).

Il s'agit du premier document faisant consensus au sujet de l'ozonothérapie, en réussissant à associer à la fois des chercheurs en ozonothérapie et des praticiens libéraux. Ce document, "résultat de nombreuses années de pratique expérimentale et clinique", comprend entre autres une annexe consacrée exclusivement à l'ozonothérapie à usage dentaire.

Elle a été rédigée par l'AEPROMO (Association Espagnole des Professionnels Médicaux en Ozonothérapie). Le document a été soumis pour validation auprès de tous les participants au congrès international et également aux présidents des différentes associations scientifiques participantes. La version finale a été adoptée le 4 juin 2010 lors du deuxième congrès international de l'AEPROMO à l'Académie royale nationale de médecine de Madrid.

La déclaration a été signée par 26 associations nationales et internationales d'ozonothérapie en Afrique, en Amérique, en Asie et en Europe. Elle a été traduite en onze langues.

1.2. L'ozonothérapie en odontologie

1.2.1. Principes d'action

L'utilisation de l'ozone en médecine repose sur l'influence du fort caractère oxydatif de la molécule d'ozone sur le fonctionnement cellulaire, combiné à la notion de dose hormétique (5, 6).

Par hormèse on entend la capacité pour des êtres vivants à être stimulés positivement par des toxines ou stress lorsque l'exposition est faible, alors que les effets deviennent néfastes quand l'exposition est plus importante (7)

A faible dose donc, il a été prouvé que l'ozone permet d'influer sur les processus protecteurs comme le complexe NF- κ B/I κ B (agissant sur le déclenchement de l'apoptose) ou encore le complexe Nrf2/Keap1 (concernant le stress oxydatif cellulaire) (5, 8, 9).

Des doses trop importantes auront au contraire un effet délétère, allant de l'apoptose à l'induction de cancers en cas d'intoxication chronique si l'exposition est trop importante (10-13).

1.2.1.1. Biorégulateur d'oxydoréduction

A faible dose, l'ozone infiltré par voie systémique réagit avec les biomolécules pour générer des seconds médiateurs (comme le peroxyde d'hydrogène par exemple). Cela va engendrer un signal de transduction à travers la réduction des résidus -SH. La réponse cellulaire va dépendre de la façon dont les processus de transduction nucléaire (comme Nrf2 et NFκB) seront modulés ; on peut avoir une synthèse protéique à travers la régulation de la voie anti-oxydante Nrf2 , ou alors une immuno-modulation par NFκB (5,6,8, 14-18).

1.2.1.2. Effet antalgique

L'injection locale d'ozone a une influence sur la perception de la douleur grâce aux interactions moléculaires suivantes :

- Oxydation directe des médiateurs ou des récepteurs de la douleur (19)
- Inhibition des récepteurs purinergiques P2X3 et P2X7 (20)
- Modulation des voies de la caspase (21)
- Inhibition de l'autophagie tissulaire (à travers l'inhibition de LC3B et Beclin1) et de l'apoptose (grâce à l'inactivation de Caspase 3, la phosphodiesterase 2A et les signaux NFκB) (22)
- Activation de la 5'-adénosine monophosphate (AMP)-Protéine kinase activée (AMPK) (23)

1.2.1.3. Oxygénation des tissus

L'ozone administré par voie systémique est très utile dans la gestion des syndromes hypoxiques et ischémiques. Il permet de corriger les paramètres hémostatiques et hémorheologiques en augmentant le flux sanguin et la libération d'O₂ contenu dans l'hémoglobine vers les tissus (24- 26). Les mécanismes impliqués, au moins en partie, augmentent la voie de la 2,3 diphosphoglycerate (DPG) (26).

1.2.1.4. Intérêt en odontologie

Tous ces mécanismes moléculaires trouvent leur utilité en odontologie, par exemple en cariologie (inflammation/ cicatrisation pulpaire) ou en chirurgie orale (cicatrisation). Il faut cependant noter que l'ozonothérapie dentaire se pratique uniquement par voie locale, et donc les effets de biorégulation d'oxydoréduction et d'oxygénation des tissus sont beaucoup plus limités.

L'influence de la flore microbienne sur la symptomatologie dentaire est bien connue, que ce soit en cariologie, parodontologie, dermatologie buccale ou encore en endodontie. Et ici l'utilisation locale de l'ozone se justifie complètement car c'est l'un des plus puissants bactéricide, virucide et fongicide connu (28-33).

En effet l'ozone a pour effet de provoquer une lyse de la paroi cytoplasmique ainsi qu'une modification du milieu intérieur des cellules pénétrées. C'est un double avantage dans le domaine médical car le caractère antioxydant des cellules humaines les rend naturellement résistantes à ce phénomène (34).

Une étude de 2018 a répertorié 142 articles traitant des champs d'application de l'ozone en odontologie (35). Il s'agissait de recueillir tous les articles disponibles sur les bases de données PubMed, ISCO3, Cochrane et Ovid Medline jusqu'en novembre 2017 avec les mots-clés "ozone in dentistry". Puis de les trier initialement selon les protocoles présentés en "Matériels et Méthodes", le but de l'article étant de comparer les similitudes et différences entre les protocoles de recherche et cliniques. En affinant les critères de tri on peut voir apparaître les différents domaines d'application étudiés ainsi que les résultats, qui ont été catégorisés en G/S (bons et significatifs), G/NS (bons mais non significatifs) et NS (non significatifs) selon l'efficacité clinique décrite par les articles concernés.

Domaine d'application	Nombre d'études menées	Nombre d'études avec un résultat significatif	Ratio en % des résultats positifs	Ratio en % des résultats positifs (total)
Caries	48	34	71%	76%
Compatibilité avec les matériaux de restauration	36	31	86%	
Endodontie	34	23	68%	
Chirurgie	27	24	89%	
Parodontologie	16	12	75%	
Lésions des tissus mous	8	7	88%	
Cytotoxicité	5	4	80%	
Troubles de l'ATM	5	5	100%	
Eclaircissements	4	2	50%	

Circuits d'eau des fauteuils dentaires	4	4	100%	
	142	107		

Figure 3 : Echantillonnage des articles traitant de l'ozone en odontologie (35)

1.2.2. Toxicité

L'ozone ne doit pas être inhalé. Cette voie est strictement interdite en cas d'administration systémique (4). Concernant l'utilisation en odontologie, les doses faibles utilisées pour les soins ne représentent à priori pas de danger pour l'organisme. L'utilisation du champ opératoire quand c'est possible est souhaitable, ainsi qu'une aspiration efficace pour récupérer les éventuelles fuites au niveau de l'interface d'application. La détection olfactive d'une odeur d'ozone doit signifier l'arrêt de toute intervention.

1.2.2.1. Modélisation

Le paramètre Ct est initialement utilisé dans le domaine de décontamination de l'eau.

Variante de la loi de Chick-Watson, il permet de modéliser la cinétique d'élimination d'une espèce micro-organique donnée par un désinfectant donné, le tout en fonction d'un temps d'exposition donné (36). Il est calculé par la formule suivante:

$$\ln(N/N_0) = kCT$$

N_0 représente la quantité de micro-organismes à t_0

k est le coefficient de létalité du désinfectant

CT est le produit de la concentration de désinfectant par le temps d'exposition

Même si la formule ne semble pas forcément adaptée à une application biologique elle permet de mettre en évidence le fait que le taux d'élimination d'un micro-organisme donné est directement lié à la manière dont le désinfectant est administré (temps et concentration, à travers le CT)

Cela aura une influence sur la manière dont l'ozone sera appliqué, qui doit être connue et maîtrisée par l'administrateur pour être efficace.

Une autre donnée importante à connaître concerne la quantité d'ozone appliquée dans la zone soignée. Cette estimation est rendue possible par la formule:

Dose totale d'ozone (mg)= débit d' O_2 (mL/min) X concentration d' O_3 (μ g/NmL) X temps (min) /1000

Peu importe la forme d'ozone dispensée (gaz, huile ou eau ozonée) la dose totale dispensée doit être en adéquation avec la gravité du cas clinique, de manière à toujours se situer en fenêtre

thérapeutique et éviter les effets néfastes.

1.2.2.2. Unités de mesure

L'unité de mesure qui a été adoptée pour l'ozone est le $\mu\text{g}/\text{NmL}$.

La plupart des études initiales concernant l'ozonothérapie dentaire ont été menées en utilisant le Healozone (Curozone) qui est capable de produire environ $4 \mu\text{g}/\text{NmL}$ d'ozone gazeux à un débit d'environ 600 mL/min, et un temps d'application modulable entre 30 s et 2 minutes. Les appareils actuels arrivent à faire beaucoup mieux en termes de débit d' O_3 ; et une étude a montré que beaucoup de praticiens seraient à l'aise avec une concentration proche de $90 \mu\text{g}/\text{NmL}$ (35).

Concernant l'eau ozonée on sait qu'elle est considérée comme plus bio-compatible et moins irritante vis-à-vis des cellules épithéliales que la forme gazeuse, même si on n'a pas rapporté d'évènements indésirables en rapport avec une utilisation odontologique de l'ozone.

Une eau ozonée de concentration comprise entre 4 et $20 \mu\text{g}/\text{mL}$ peut être utilisée sans effets indésirables associés (35).

Une étude concernant l'irrigation des surfaces osseuses avec des solutions salines ozonées a montré un effet positif dans la stimulation de la régénération osseuse chez l'animal. Les solutions salines utilisées étaient à une concentration comprise entre 10 et $40 \mu\text{g}/\text{mL}$ (36).

1.2.3. Formes d'application

Actuellement trois formes d'application d'ozone existent: gazeuse, liquide et l'huile ozonée.

1.2.3.1 Ozone gazeux

La forme la plus répandue et historiquement la plus ancienne est la forme gazeuse.

En odontologie, les générateurs d'ozone fonctionnent à partir de l'oxygène contenu dans l'air ambiant entourant l'appareil. Certains dispositifs utilisent de l'oxygène médical, mais ils sont généralement réservés à un usage non-dentaire.

Le mécanisme privilégié pour la production d'ozone dentaire est l'effet corona par arc électrique (37). Le principe est d'ioniser un milieu (air ambiant ou O_2 pur) entre une anode et une cathode en utilisant une différence de potentiel suffisamment importante pour générer un arc électrique, l'arc corona. C'est le passage de cet arc à travers l'oxygène qui va provoquer l'émission d'ozone.

Par convention, les mélanges gazeux utilisés en odontologie contiennent jusqu'à 5% d'ozone en volume.

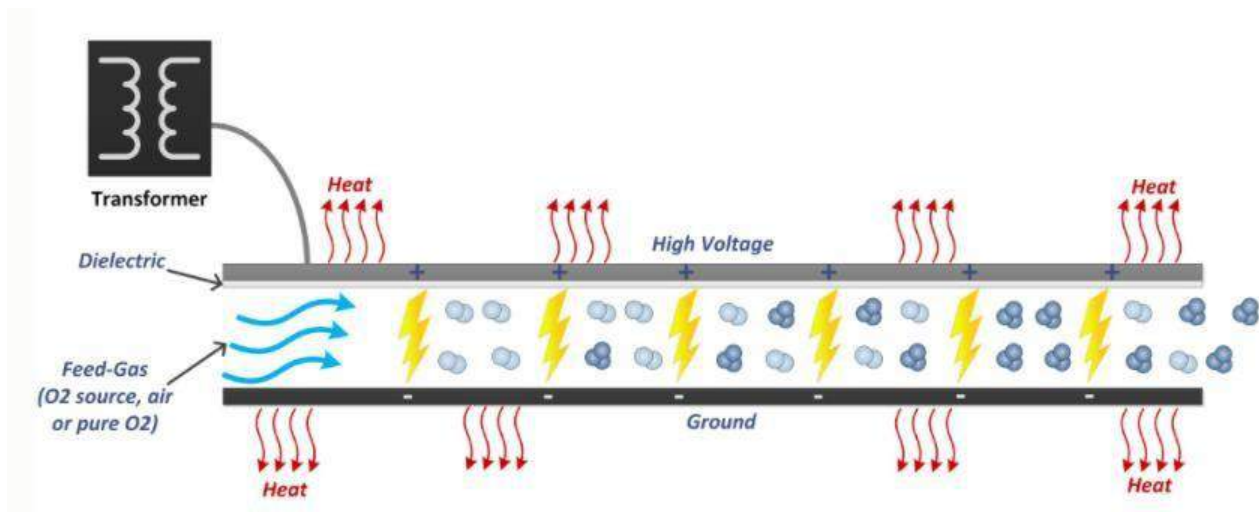


Figure 4 : Production d’ozone par effet Corona (37)

Tous les générateurs d’ozone sont considérés comme des dispositifs médicaux de classe IIB et répondent à la législation européenne en vigueur les concernant (38).

Malgré la diversité des modèles disponibles, basiquement un générateur d’ozone est constitué des éléments suivants:

- le générateur disposant d’un écran de contrôle digital
- un cordon d’alimentation
- une pièce à main sur laquelle on peut monter les différents embouts applicateurs

Aujourd’hui la grande majorité des modèles disponibles fonctionne en système fermé afin de limiter les possibilités de fuite de gaz, et donc d’inhalation, qui représentent le risque majeur lié à leur utilisation.

1.2.3.2. Eau ozonée

Produite également par des générateurs, l’eau ozonée est également plus instable car le mécanisme de décomposition de l’ozone en oxygène est grandement facilité.

En fonction de comment il est produit et dissous dans l’eau, on peut avoir des concentrations jusqu’à saturation équivalentes à 20-25% du même volume d’ozone gazeux (39).

On sait de plus que la température de l’eau utilisée joue un rôle important. Une eau à basse température (entre 2 et 3°) permet une meilleure solubilité de l’ozone qu’une à température ambiante; mais elle sera 3 fois moins réactive et pas forcément adaptée à une administration chez un patient souffrant d’hypersensibilités au froid (40).

La forme aqueuse reste la forme de choix pour les décontaminations de surface ou les bains de bouche péri-interventionnels par exemple.

1.2.3.3. Huile ozonée

Conserver l'ozone dissous dans un corps gras permet de ralentir jusqu'à plusieurs années le processus de décomposition en oxygène. C'est le seul moyen connu actuellement permettant de stocker l'O₃.

L'autre avantage découlant du précédent est que sous cette forme l'application n'est pas limitée au cabinet. Le patient peut donc, en suivant les recommandations d'application du praticien, compléter les traitements commencés au fauteuil.

Les corps gras sont catégorisés entre autres selon leur indice de peroxyde, qui va être le critère principal permettant de choisir l'huile ozonée la plus adaptée à l'effet désiré **(41)**.

On va faire également attention à la présence éventuelle d'adjuvants non cités pouvant être à l'origine d'effets indésirables.

On trouve donc dans le commerce l'ozone sous cette forme d'onguent, à appliquer localement sur des zones précises selon l'effet recherché: cicatrisation de sites opératoires, gestion de lésions dermatologiques (candidoses, aphtes,)

En endodontie des seringues d'huile ozonée existent également sur le marché. Elles sont proposées en alternative à la chlorhexidine en raison de la moindre toxicité de l'ozone.

2. CAS CLINIQUE ORIGINAL (42)

2.1. Contexte

L'hypominéralisation molaire-incisive (MIH) est une pathologie d'étiologie multifactorielle présentant une prévalence entre 2,8% et 40,2% selon les zones géographiques et les méthodes de recueil (43). On estime qu'elle touche actuellement un enfant sur six dans le monde (44). Cette pathologie présente des symptômes caractéristiques, parmi lesquels on peut citer:

- Une hyperesthésie, variable, entraînant également une résistance à l'action anesthésique des molécules les plus courantes (45, 46). Les techniques transcorticales (QuickSleeper©) ont cependant démontré de bons résultats (47).
- Un défaut structurel de l'émail du patient, entraînant un développement plus rapide des lésions carieuses ; les techniques de collage conventionnelles sont également reconnues comme étant beaucoup moins efficaces sur une dent atteinte de MIH (48, 49)
- Les dents touchées présentent des taches blanches à brunâtres en fonction de la sévérité (50)
- Seules les premières molaires et incisives centrales sont concernées, ce qui constitue un élément clé du diagnostic positif

L'une des grandes difficultés de prise en charge des MIH est justement que ces symptômes sont compliqués à gérer. Les sensibilités liées aux pertes de substance, causées par mécanisme carieux et/ou défaut structurel, et difficilement anesthésiables à cause de la maladie, rendent très difficiles un curetage efficace permettant un collage dans de bonnes conditions, sachant que ce dernier est beaucoup moins performant sur les patients atteints de MIH (48).

L'ozone propose des capacités qui semblent intéressantes à intégrer dans le traitement des MIH.

Nous avons donc décidé de tester ces théories à travers la gestion d'un cas d'atteinte sévère traité au sein du service d'odontologie du CHU Pellegrin à Bordeaux.

Les images servant d'illustrations ci-après (cas annexes inclus) sont issues de collaborations avec les Drs Elsa GAROT, Léa MASSE et Sarah KARCHAGWIE. Nous profitons de l'occasion pour les remercier pour leur contribution à ce travail.

2.1.1. Présentation du cas

Une patiente de 11 ans sans antécédents particuliers, se présente pour sensibilités dentaires inconstantes au niveau de la 26. L'examen clinique révèle une volumineuse restauration en ciment verre ionomère infiltrée, ainsi qu'une coloration brunâtre de la dentine sous-jacente à l'infiltration. La présence de lésions similaires sur les autres molaires définitives, ainsi que des taches blanches sur les incisives centrales oriente le diagnostic vers une MIH.

Son EVA est évaluée à 3 ou 4 lors des moments actifs de la sensibilité.



Figure 5 : Situation clinique initiale

L'objectif majeur de la prise en charge des MIH est de maintenir les dents atteintes le plus longtemps possible sur l'arcade, la restauration par couronne (coiffe pédiatrique puis couronne traditionnelle à l'âge adulte) étant la meilleure solution thérapeutique à long terme dans les cas sévères présentant des pertes de substance importantes (51).

2.1.2. Notion de gradient thérapeutique

Afin de préserver au maximum la vitalité et donc le pronostic de conservation des dents atteintes de MIH, il sera nécessaire de répondre de manière suffisante et adaptée aux problématiques biologiques, esthétiques et fonctionnelles en fonction de la gravité de l'atteinte et de l'âge dentaire. La notion de gradient thérapeutique est donc primordiale dans la prise en charge de la pathologie.

	Age dentaire		
	Début de denture mixte	Fin de denture mixte	Denture permanente

Degré de sévérité	MIH légère	Prévention Adhésif + sealant pour les restaurations Restauration composite Microabrasion, NaClO + sealant en antérieur
	MIH sévère	Prévention et contrôle des symptômes Adhésif + sealant en postérieur Restauration verre ionomère Restauration composite Coiffes pédiatriques Extractions orthodontiques Restauration coulée

Figure 6 : Prise en charge des MIH en fonction du gradient thérapeutique (52)

Prendre en charge les MIH nécessite d'abord un diagnostic le plus précoce possible; secondairement on essaie d'agir sur les symptômes en passant par une phase de reminéralisation ainsi que le traitement des caries. Enfin on se concentre sur la restauration des tissus perdus (53).

Dans le cas de la patiente, le gradient thérapeutique a orienté le choix de reconstitution vers un onlay céramique (52).

2.2. Matériels et méthodes

2.2.1 Présentation du J-500

Le J-500 est le générateur d'ozone gazeux dont nous avons fait l'acquisition afin de réaliser la rédaction de cette thèse. Il est constitué :

- du générateur d'ozone en lui-même
- d'un câble d'alimentation
- une pièce à main
- une pédale de déclenchement
- une caissette stérilisable contenant les embouts adaptables sur la pièce à main



Figure 7 : L'unité principale du J500

Figure 8 : Cupules en silicone





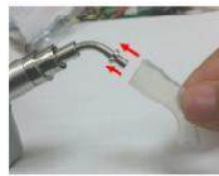
Figure 9 : La pièce à main et les embouts

Parmi les embouts on trouve deux pièces destinées à un usage endodontique ou parodontal, de 10 et 15 mm, ainsi que deux cupules en silicone faisant lien entre la surface à traiter et la pièce à main. Ces cupules assurent également l'étanchéité au niveau de la pièce à main et doivent être correctement positionnés avant toute utilisation.

MISE EN PLACE DE L'EMBOUT



ETAPE 1: Enfoncez l'embout dans la pièce à main



ETAPE 2: Mettre en place la gaine d'aspiration en silicone

Figure 10 : Mise en place de l'embout

Toujours selon la notice livrée avec l'appareil, le J500 permet de travailler à des concentrations comprises entre 10 et 100µg/mL.

L'écran de contrôle numérique permet de paramétrer la durée de fonctionnement de l'appareil, entre 10 et 300 s.

Il possède un système d'aspiration interne qui peut être désactivé.

Tous les petits éléments (embout à air, endodontiques, et cupules d'adaptation en silicone) sont stérilisables.

2.2.2. Champs d'application

Le fabricant du J500 fournit également une fiche présentant les différents champs d'application de l'appareil, avec les programmes d'exposition à l'ozone correspondants à l'effet recherché.

Diagnostic	Temps (seconde)	Fréquence de traitement
Traitement de poche gingivale	60-120	1 à 2 fois par semaine / 3 jours de pause entre deux séance
Traitement Parodontaux	60-120	1 à 2 fois par semaine / 3 jours de pause entre deux séance
Chirurgies	60	1 fois par semaine / 3 jours de pause entre deux séance
Traitement des nécroses gingivales	120	1 fois par semaine / 3 jours de pause entre deux séance
Traitements pré-coronaires	60-180	2 fois par semaine
Désinfection des cavités	90-180	1
Hémostase d'hémorragie canalaire	300	2
Désinfection de canal radiculaire	30-60	1
Désinfection de racine	30	1
Traitement des candidoses	120	2 fois par semaine
Traitement de l'herpès	120	2 fois par semaine
Traitement des aphtes	30-60	2 fois par semaine
Traitement des stomatites	60	2
Traitement des caries	30-60	1
Désinfection préopératoire	600	1
Désinfection postopératoire	180-600	1
Traitement d'inflammation	60	2 fois par semaine
Hémostase de suintement hémorragique	60-300	1
Suivi d'extraction	60-120	2

Figure 11 : Applications possibles du J500

2.2.3. Séquence clinique

Le protocole est celui de réalisation classique d'un onlay céramique (54). Cela passe d'abord la mise en place du champ opératoire, la dépose de l'ancienne obturation en CVI, ainsi que le curetage de la carie sous-jacente, à minima pour limiter les risques d'effraction pulpaire.

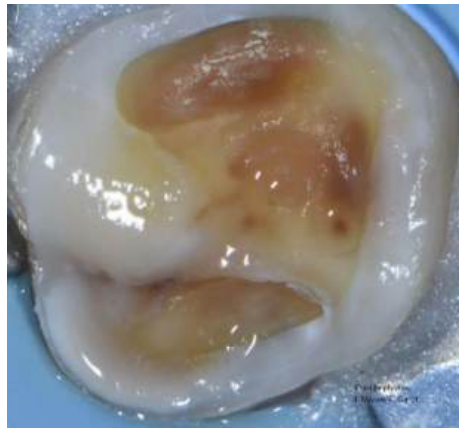


Figure 12 : Situation clinique après dépose et curetage carieux

Avant de réaliser l'IDS et de terminer la préparation, l'ozone est appliqué pendant une minute sur la dent humidifiée à l'eau. La patiente décrit une sensation de "souffle dans la dent".

Les contre-dépouilles ont ensuite été comblées avec un composite fluide microchargé (Grandio© SO Heavy Flow, Voco), après mordantage et application d'adhésif (Futurabond© M+, Voco). Cette couche résineuse a été ensuite infiltrée avec de l'Icon® (DMG, Pred) afin d'en augmenter à la fois la résistance mécanique et la capacité de liaison à la restauration sus-jacente.



Figure 13 : Application d'ozone avec le J500

L'empreinte a ensuite été réalisée et envoyée au laboratoire de prothèse.

Le jour de la pose, l'occlusion et les points de contacts ont été vérifiés sans puis avec champ opératoire.

Enfin, les étapes de la silanisation de l'intrados prothétique, le mordantage et le collage de la pièce prothétique ont clôturé le protocole. L'assemblage a été réalisé en utilisant du Futurabond© M+ et du Bifix© QM, tous deux de la marque Voco.



Figure 14 : Etat dentaire après infiltration d'Icon©



Figure 15: Overlay en vitrocéramique renforcée au disilicate de lithium

Crédits photos:
L. Masse/ E.Garot

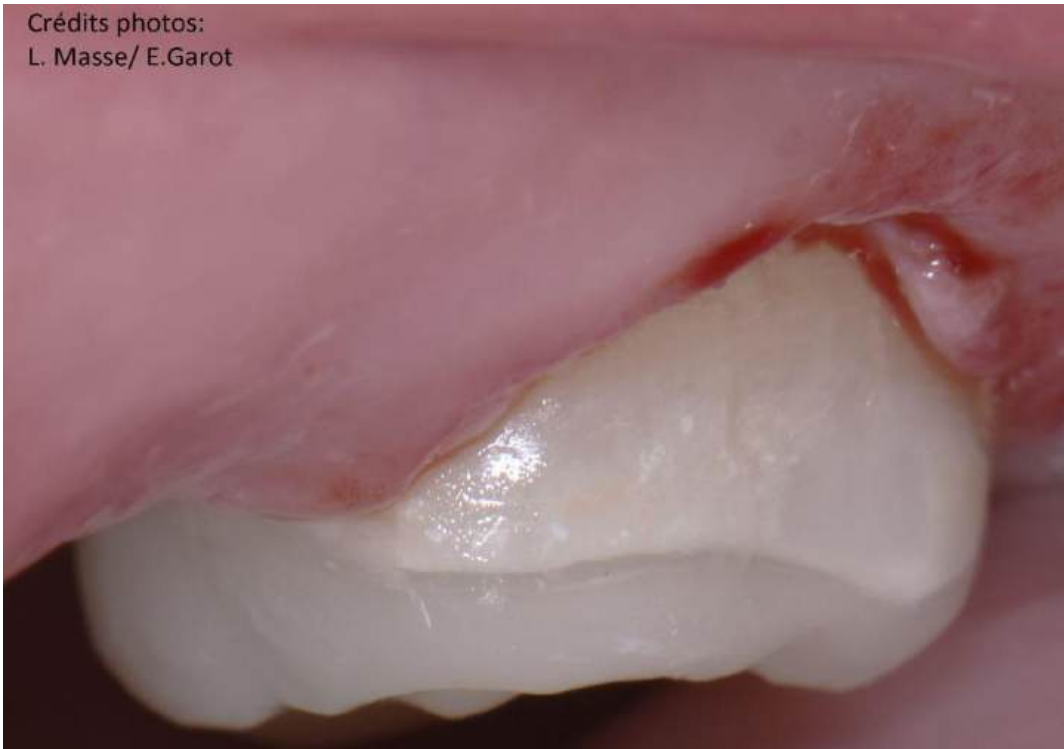


Figure 16 : Situation en bouche juste après la pose

2.3. Résultats

Il est intéressant de noter que le jour de la pose, soit une semaine après l'IDS et l'application d'ozone, l'EVA était devenue nulle. La patiente est toujours suivie dans le cadre d'une prise en charge orthodontique, mais il n'y a pas eu de réintervention sur sa 26 avec un recul d'un an.



Figure 17: Situation endobuccale 5 mois après la pose

2.3.1 Retour d'utilisation du J-500

Avec le recul sur les cas traités (qui ne sont pas tous présentés dans cette thèse), nous pouvons nous faire un avis sur le J500.

Parmi ses qualités, il y a son gabarit qui le rend facilement insérable sur un plan de travail. Il est également facile à installer (il ne nécessite qu'une prise secteur pour fonctionner), et à utiliser.

La multitude d'applications possibles grâce aux embouts, tous stérilisables, est également un avantage; le dispositif semble même abordable au vu de toutes les possibilités d'utilisation proposées.

Le fait que le seul paramètre réglable soit la durée de fonctionnement du générateur est le principal défaut du système, de notre expérience d'utilisation. Pouvoir calibrer depuis l'écran de contrôle la quantité d'ozone qui sera débitée lors de l'activation du générateur aurait été une manière d'avoir une estimation plus précise de la quantité d'ozone délivrée, qui permettrait d'optimiser les applications. Même si la notice fournit les durées d'application correspondant aux effets recherchés. Les cupules en silicone souple assurant l'interface entre la zone d'application et la pièce à main posent parfois souci également. Leur design générique ne garantit pas une adaptation optimale pour toutes les dents, ce qui peut être à l'origine de fuites détectées olfactivement. De manière globale il

sera difficile d'effectuer des applications d'ozone sur les dents non cuspidées. Cet écueil ne concerne pas uniquement le J500, parmi tous les générateurs d'ozone dentaire proposant cette fonctionnalité aucun ne semble encore avoir trouvé le moyen optimal de garantir une adaptation parfaite du dispositif quelle que soit la dent.

Il nous semble pourtant que ce serait l'une des étapes clés permettant de crédibiliser l'intégration de l'ozone dans les protocoles de soins en garantissant la reproductibilité de la mise en œuvre.

Enfin nous avons pu remarquer que l'ozone gazeux n'était pas compatible avec les champs opératoires en latex: en effet en cas de fuite le gaz va réagir avec les liaisons carbone-carbone du plastique qui sera dissous. Il ne s'agit pas d'un véritable défaut juste d'un constat après expérimentation.

3. Discussion

3.1. Intérêt de l'ozonothérapie dans le traitement des MIH

3.1.1. Gestion des aspects cliniques

Nous n'avons trouvé qu'un seul article consacré spécifiquement à l'intérêt de l'ozone dans la prise en charge des MIH (49). Les réflexions nous ayant amené à envisager son utilisation dans le cas présenté viennent principalement de l'association entre les problématiques cliniques caractérisant la MIH et les potentialités offertes par l'utilisation de l'ozone, qui sont beaucoup plus référencées. Il est connu par exemple que le pronostic des molaires atteintes de MIH dépend de deux facteurs principaux: l'existence de sensibilités aux stimuli thermiques et la présence ou non d'atteinte pulpaire (49).

La présence d'hypersensibilités va entraîner des manœuvres d'évitement lors du brossage et en diminuer l'efficacité; il en résultera une aggravation de la maladie par la favorisation de l'apparition de caries (55, 56).

La présence d'atteinte pulpaire, souvent associée à des pertes de substance d'origine carieuse ou non, sera également déterminante. En effet, la réalisation de pulpectomie chez des molaires immatures complexifie la prise en charge en y rajoutant des techniques d'apexification, nécessaires à un pronostic de conservation favorable (57).

C'est pourquoi la préservation de la vitalité pulpaire est un objectif central de la prise en charge des MIH.

Une étude de 2013 incluant 120 patients atteints de MIH a montré un effet potentialisateur de l'efficacité des gels de CPP-APP (Tooth Mousse©) quand il était associé à l'application d'ozone (58). L'intérêt de l'ozone dans la gestion des sensibilités dentaires semble donc justifié même dans les cas de MIH.

Nous avons déjà développé les bénéfices de l'ozone sur les mécanismes d'inflammation pulpaire. Une étude récente a montré que son utilisation en complément d'obturations avec des matériaux relarguant du fluor comme le CVI permet d'obtenir une meilleure cicatrisation même dans les cas de caries profondes (59).

Si ces résultats pouvaient être extrapolés aux dents atteintes de MIH, cela ouvrirait de nouvelles perspectives thérapeutiques en permettant de conserver la vitalité pulpaire dans des cas où il aurait fallu envisager la pulpectomie.

Une étude de 2019 a également montré que le pouvoir bactéricide de l'ozone fonctionnait même en cas d'éviction partielle, qui est un des concepts préconisés dans la prise en charge des MIH (60).

Parmi les avantages particulièrement utiles dans le cadre des MIH, l'application d'ozone ne nécessite pas d'anesthésie préalable si le patient ne présente pas de signes d'hyperhémie pulpaire (61). En effet l'anxiété des patients, qui représente l'un des freins principaux à la prise en charge de la pathologie, est liée à l'appréhension de la douleur; et la possibilité de pouvoir s'affranchir des techniques d'anesthésie inconstantes dans le cas des MIH représente un avantage à ne pas négliger.

3.1.2. La question des restaurations

La phase restaurative dans la gestion des MIH sera fonction de la sévérité de l'atteinte et de la dent concernée. Avec des doléances majoritairement esthétiques dans les secteurs antérieurs et plutôt fonctionnelles en postérieur.

Concernant les incisives les techniques directes par érosion infiltration (Icon©) donnent de bons résultats en plus d'être très conservateurs (62). Pour les molaires les techniques directes ou indirectes peuvent être indiquées.

Les études sont concordantes concernant l'absence de nocivité sur le collage suite à l'application d'ozone (63-66). Le gaz est également compatible avec tous les matériaux de restauration dentaires existants.

La désinfection ne semble pas faire consensus en odontologie restauratrice au vu de l'évaluation de son efficacité immédiate, même si certaines études ont montré que le risque de réinfiltration au niveau des berges des restaurations est plus élevé en raison des interactions biochimiques entre le métabolisme des bactéries cariogènes et les matériaux de restauration (67, 68).

On peut donc supposer que contrairement à un collage sur dents saines, dans le cas des dents MIH éliminer totalement les bactéries peut présenter un bénéfice qui peut s'avérer décisif sur le pronostic des restaurations collées, surtout quand on sait que le collage est d'emblée moins efficace sur les dents atteintes de MIH. Cette hypothèse a été testée dans le cas présenté, cependant le manque de publications à ce propos empêche de pouvoir conclure à ce sujet.

3.2. Cas annexes

Les deux cas suivants ont été pris en charge en intégrant le J500 dans les protocoles de soins.

L'objectif était toujours de tester au fauteuil la réalité des bénéfices et potentialités que sont censées offrir l'utilisation du générateur d'ozone, à partir des données théoriques que nous avons pu recueillir.

Merci à Sarah K. pour l'iconographie des cas présentés.

3.2.1. Cas annexe 1

Un patient de 17 ans, se présente suite à une altercation sur la voie publique. Un choc au niveau du visage a causé l'expulsion de 11 et 12. 41 et 42 ont également été fortement luxées.

Le traitement d'urgence a consisté en des pulpotomies de 11 et 12 ainsi qu'une obturation provisoire à l'hydroxyde de calcium avant réimplantation, ainsi que le repositionnement des dents luxées et la mise en place de contentions. Le CMI a également été réalisé (69).



Figure 18 : Vue vestibulaire après pose des contentions



Figure 19 : Vue occlusale maxillaire



Figure 20 : Vue du secteur mandibulaire

Après 2 contrôles à un mois d'intervalle la situation a évolué défavorablement. 41 et 42 présentent des signes de nécrose pulpaire. Mais surtout parodontalement il n'y a pas de signes d'amélioration. Les dents présentent toujours une mobilité entre 2 et 3. On devine les pertes osseuses d'après les importantes récessions gingivales, qui sont confirmées par les clichés radiographiques.



Figure 21 : Situation à 8 semaines



Figure 22 : Récessions des incisives mandibulaires

On décide donc d'essayer l'ozone. Le but ici est de compléter les thérapeutiques parodontales traditionnelles grâce au gaz, afin d'espérer une stabilisation de la résorption osseuse permettant d'améliorer le pronostic.

Certains auteurs ont déjà montré les bénéfices de l'insufflation d'ozone sur l'élimination des bactéries parodontopathogènes **(70)**.

Il est donc prévu de faire un surfaçage radiculaire au PMax© le même jour que les traitements endodontiques finaux sur 11,12, 41 et 42. Ce surfaçage a été complété par la décontamination des poches parodontales à l'ozone pendant 1 minute 30 en mésial et distal de toutes les dents concernées. L'ozone a également été injecté dans les canaux pendant une minute juste avant l'obturation endodontique finale.



Figure 23 : Insufflation d'ozone au niveau des poches parodontales mandibulaires



Figure 24 : Insufflation d'ozone avant obturation endodontique finale

La réévaluation 8 semaines après est cependant décevante. Les mobilités sont toujours présentes et l'inflammation ne diminue pas non plus. L'extraction des dents maxillaires a été programmée.

Avec un peu de recul au vu de l'importance du volume osseux perdu au moment de la prise en charge, le pronostic était très défavorable. Le fait que malgré les séances de motivation répétées l'hygiène du patient n'a jamais pu être satisfaisante a dû jouer également, ainsi que les antécédents parodontaux des parents (qu'on a appris par la suite). Un déclenchement plus précoce de la prise en charge appliquée aurait sûrement eu des résultats plus encourageants. Des études ont montré par exemple que l'eau ozonée permettait un bon nettoyage des dents expulsées sans léser les cellules parodontales, ce qui améliore le pronostic à la réimplantation (71, 72). Cela n'a pas pu être appliqué dans ce cas, que ce soit en termes de temporalité ou de moyens.

Et il faut rajouter que la gestion des rendez-vous a été particulièrement compliquée en raison de la crise sanitaire liée au CoVid-19 et n'a pas permis d'organiser la prise en charge de manière optimisée, ce qui a également grandement joué dans l'évolution défavorable du cas.

3.2.2. Cas annexe 2

Une patiente de 15 ans est atteinte d'amélogenèse imparfaite. Les lésions généralisées avec l'émail poreux avec la dentine apparaissant et les dents en forme de gouttes ont permis de poser le diagnostic positif (73). Le défaut de structure a des conséquences esthétiques et fonctionnelles, avec des sensibilités variables selon les cas et des difficultés à tenir dans le temps les restaurations (74-76).



Figure 25: Situation clinique initiale. Vue occlusale secteur 1

Un peu comme pour les MIH le but de l'application d'ozone va être d'agir sur les sensibilités tout en améliorant les capacités de collage.

Ici le besoin de restaurer rapidement un calage postérieur fonctionnel a orienté vers un traitement par overlays provisoires par technique directe pour les secteurs postérieurs.

Une nouvelle dimension verticale compensant les pertes liées à la maladie a été estimée en bouche en enregistrée. Cela a permis de réaliser un wax-up préfigurant le projet final et à partir duquel a été moulée une gouttière permettant de réaliser les overlays par technique directe. L'avantage ici est que la résine fluide par négatif sur la gouttière va combler les espaces correspondant aux tissus dentaires perdus, ainsi il n'y a pas de délabrement supplémentaire lié à la préparation de prothèse fixée. L'émail non soutenu est cependant éliminé (77, 78).

L'ozone a été appliqué avant les étapes de collage des overlays provisoires.



Figure 26 : Application d'ozone sur 16

Crédits photos:
Sarah K.



Crédits photos:
Sarah K.



Figure 27 : Mordançage et application d'adhésif



Figure 28: Moulage des overlays à l'aide de la gouttière thermoformée



Figure 29 : Situation finale juste après pose. Vue vestibulaire secteur 1



Figure 30 : Situation finale après réglages occlusaux. Vue occlusale maxillaire

Concernant cette patiente l'EVA initiale de 3 n'a pas pu être réévaluée depuis, la réalisation du cas étant toujours en cours et n'ayant pas eu l'occasion de revoir la patiente depuis.

4. CONCLUSION

Le potentiel odontologique de l'utilisation de l'ozone semble être admis aujourd'hui. Qu'il s'agisse de décontamination bactérienne ou de la stimulation des processus de cicatrisation cellulaire, le gaz répond à des problématiques importantes de l'exercice dentaire.

Le vrai souci vient de la reproductibilité des résultats. Même si d'importants progrès ont été faits ces dernières années concernant les générateurs d'ozone, en termes de débit, de sécurité ou d'ergonomie par exemple, le générateur parfait n'existe pas encore et certains points sont améliorables, pour parler que du J500 que nous avons testé.

La rédaction de protocoles consensuels clairs et éprouvés cliniquement à grande échelle permettrait de rassurer les praticiens vis à vis de l'intégration plus sereine du gaz dans leurs protocoles de soin ; seulement ces derniers nécessitent des données plus précises concernant les limites exactes de l'utilisation en situation clinique de l'ozone.

Notre retour d'utilisation du générateur J-500 acquis pour les besoins de rédaction de cette thèse va dans ce sens.

Beaucoup de chemin reste donc à parcourir afin de permettre une intégration de l'O₃ dans les protocoles de soin odontologiques; on peut néanmoins relever le travail d'associations comme l'AEPRIMO, qui montre bien l'intérêt croissant de la profession en faveur de son utilisation à grande échelle comme élément de l'arsenal thérapeutique du praticien.

5. Bibliographie

1. BeCloud.com, “Oxydation et désinfection par l’ozone – applications de l’ozone”. <https://www.suezwaterhandbook.fr/procedes-et-technologies/oxydation-desinfection/oxydation-et-desinfection-par-l-ozone/applications>
2. “Propriétés et structure de l’ozone”. <https://www.lenntech.fr/ozone/ozone-proprietes.htm>
3. AEPRIMO, “Ozonotherapy History”. <https://aepromo.org/en/ozonotherapy-history/>
4. AEPRIMO, “Madrid Declaration on Ozone Therapy (2nd Edition)”. <https://aepromo.org/en/madrid-declaration-on-ozone-therapy-2nd-edition/7>
5. Re L, Martinez-Sanchez G, Bordicchia M, et al. “Is ozone pre-conditioning effect linked to Nrf2/EpRE activation pathway in vivo? A preliminary result”. European Journal of Pharmacology. 2014
6. Delgado-Roche L, Riera-Romo M, Mesta F, et al. “Medical ozone promotes Nrf2 phosphorylation reducing oxidative stress and pro-inflammatory cytokines in multiple sclerosis patients”. European Journal of Pharmacology. 2017
7. Calabrese E., “Hormesis and bone marrow stem cells: Enhancing cell proliferation, differentiation and resilience to inflammatory stress”. Chemico-Biological Interactions, [Volume 351](#), 5 January 2022, 109730
8. Pecorelli A, Bocci V, Acquaviva A, et al. “NRF2 activation is involved in ozonated human serum upregulation of HO-1 in endothelial cells”. Toxicology and Applied Pharmacology. 2013
9. Delgado-Roche L, Riera-Romo M, Mesta F, Hernández-Matos Y, Barrios JM, Martínez-Sánchez G. “Medical Ozone Promotes Nrf2 Phosphorylation Reducing Oxidative Stress and Proinflammatory Cytokines in Multiple Sclerosis Patients”. Revista Española de Ozonoterapia. 2018
10. Bocci VA, Zanardi I, Travagli V. “Ozone acting on human blood yields a hormetic doseresponse relationship”. Journal of Translational Medicine. May 2011

11. Viebahn-Hänsler R, Fernández OSL, Fahmy Z. “Ozone in Medicine: The Low- Dose Ozone Concept. Guidelines and Treatment Strategies”. Ozone Science & Engineering. 2012

12. Bocci V. "Is it true that ozone is always toxic? The end of a dogma". Toxicology and Applied Pharmacology. 2006
13. Menéndez s, González R, Ledea O. "Ozono, aspectos básicos y aplicaciones clínicas". La Habana: CENIC; 2008.
14. Siniscalco D, Trotta MC, Brigida AL, et al. "Intraperitoneal Administration of Oxygen/Ozone to Rats Reduces the Pancreatic Damage Induced by Streptozotocin". Biology (Basel). 2018
15. Meng W, Xu Y, Li D, et al. "Ozone protects rat heart against ischemia-reperfusion injury: A role for oxidative preconditioning in attenuating mitochondrial injury". Biomedicine & Pharmacotherapy. Apr 2017
16. Simonetti V. "Anti-Inflammatory Effects of Ozone in Human Melanoma Cells and Its Modulation of Tumour Microenvironment". International Journal of Advanced Research. 2018
17. Huth KC, Saugel B, Jakob FM, et al. "Effect of aqueous ozone on the NF-kappaB system". Journal of Dental Research. May 2007
18. Yu G, Liu X, Chen Z, et al. "Ozone therapy could attenuate tubulointerstitial injury in adenine-induced CKD rats by mediating Nrf2 and NF-κB". Iranian Journal of Basic Medical Sciences. Oct 2016
19. Lamberto R, Gregorio M, Nabil M. "Clinical evidence of ozone interaction with pain mediators". Saudi Medical Journal 2011
20. Yu M, Zhao Y, Zhang X. "Gardenoside combined with ozone inhibits the expression of P2X3 and P2X7 purine receptors in rats with sciatic nerve injury". Molecular Medicine Reports. Jun 2018
21. Fuccio C, Luongo C, Capodanno P, et al. "A single subcutaneous injection of ozone prevents allodynia and decreases the over-expression of pro-inflammatory caspases in the orbitofrontal cortex of neuropathic mice". European Journal of Pharmacology. Jan 28 2009
22. Wu M-Y, Xing C-Y, Wang J-N, Li Y, Lin X-W, Fu Z-J. "Therapeutic dosage of ozone inhibits autophagy and apoptosis of nerve roots in a chemically induced radiculoneuritis rat model". European Review for Medical and Pharmacological Sciences. Mar 2018

23. Lu L, Pan C, Chen L, et al. "AMPK activation by peri-sciatic nerve administration of ozone attenuates CCI-induced neuropathic pain in rats". Journal of Molecular Cell Biology. Apr 01, 2017

24. Coppola L, Giunta R, Verrazzo G, et al. "Influence of ozone on haemoglobin oxygen affinity in type-2 diabetic patients with peripheral vascular disease: in vitro studies". Diabete and Metabolism. Oct 1995

25. Verrazzo G, Coppola L, Luongo C, et al. "Hyperbaric oxygen, oxygen-ozone therapy, and rheologic parameters of blood in patients with peripheral occlusive arterial disease". Undersea and Hyperbaric Medicine : journal of the Undersea and Hyperbaric Medicine Society, Inc. Mar 1995

26. Mehraban F, Seyedarabi A, Seraj Z, et al. "Molecular insights into the effect of ozone on human hemoglobin in autohemotherapy: Highlighting the importance of the presence of blood antioxidants during ozonation". International Journal of Biological Macromolecules. Nov 2018

27. Colombo R, D'Angelo F, Arzini A, Abbritti F, Boccalon L. "Arterial occlusive disease: Pharmacological therapy and ozone therapy". Gazzetta Medica Italiana Archivio per le Scienze Mediche. 2000

28. « Ozone (FT 43). Généralités - Fiche toxicologique - INRS ». https://www.inrs.fr/publications/bdd/fichetox/fiche.html?refINRS=FICHETOX_43

29. « Comparaison entre l'ozone et d'autres désinfectants ». <https://www.lenntech.fr/bibliotheque/ozone/comparaison/ozone/ozone-comparaison-desinfectants.htm>

30. "I N E R I S - Fiche de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques OZONE"
<https://substances.ineris.fr › getDocument>

31. « Ozone - Définition et Explications ». <https://www.techno-science.net/glossaire-definition/Ozone.html>

32. Universalis, « OXYGÈNE ». <https://www.universalis.fr/encyclopedie/oxygene/4-l-ozone/>

33. « ozonation ».

https://www.emse.fr/~brodhag/TRAITEME/fich10_3.htm

34. Seidler V, Linetskiy I, Hubáľková H, Stanková H, Smucler R, Mazánek J. “Ozone and its usage in general medicine and dentistry. A review article”. Prague Medical Report. 2008.
35. Sabbah, F. “Ozone therapy in Dentistry - Where we are and where we are going to?” Revista Española de Ozonoterapia. 2018
36. “Facteurs qui ont une influence sur la désinfection de l’eau “. <https://www.lenntech.fr/desinfection/facteurs-desinfection-eau.htm>
37. “Production d’Ozone à partir de la décharge corona “. <http://cypxwnx.cluster028.hosting.ovh.net/index.php/production-dozone-a-partir-de-la-decharge-corona/>
38. “RÈGLEMENT (UE) 2017/ 745 DU PARLEMENT EUROPÉEN ET DU CONSEIL - du 5 avril 2017 - relatif aux dispositifs médicaux, modifiant la directive 2001/ 83/ CE, le règlement (CE) no 178/ 2002 et le règlement (CE) no 1223/ 2009 et abrogeant les directives du Conseil 90/ 385/ CEE et 93/ 42/ CEE”. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/PDF/?uri=CELEX:32017R0745>
39. Viebahn-Hänsler, R.. “The use of ozone in Medicine”. Odrei Publishers, Iffezheim, Germany, 2007
40. Longlais G, Reckhow DA, Brink DR “Ozone in Water Treatment-Application and engineering-Cooperative research report”. Lewis Publishers, Boca Raton Florida. 1991
41. Martinez-Sanchez.. “Physico-chemical characterization of ozonized oil. Peroxide value”. International Scientific Committee of Ozone Therapy SOP: Analytical Laboratories 2016, Spain [https://isco3.org/officialdocs/]
42. Garot E., Masse L. “Overlay et MIH, aux frontières du réel”. L’Information Dentaire. Publié le 04.03.2021. Paru dans L’Information Dentaire n°9 - 10 mars 2021
43. Ghanim et al., “Molar Incisor Hypomineralisation (MIH) Training Manual for Clinical Field Surveys and Practice”. European Archives of Paediatric Dentistry. 2017
44. Hubbard M., “Molar Hypomineralization - What is the US experience?”. Journal of American Dental Association. 2018

45. Fagrell TG, Lingström P, Olsson S, Steiniger F, Norén JG. “Bacterial invasion of dentinal tubules beneath apparently intact but hypomineralized enamel in molar teeth with molar incisor hypomineralisation”. International Journal of Paediatric Dentistry. 2008

46. Lygidakis NA, Wong F, Jälevik B, Vierrou AM, Alaluusua S, Espelid I. “Best Clinical Practice Guidance for clinicians dealing with children presenting with Molar-Incisor-Hypomineralisation (MIH): An EAPD Policy Document”. European Archives of Paediatric Dentistry. 2010

47. Laumailé M, Borowski M, Dehaynin E, Delfosse C, Trentesaux T. “Apport de l’anesthésie intraosseuse pour les patients atteints de MIH”. Le Fil dentaire. 2014

48. William V, Burrow MF, Palamara JE, et al. “Microshear bond strength of resin composite to teeth affected by molar hypomineralisation using 2 adhesive systems”. Pediatr Dent. 2006

49. Beretta et al., “State-of-the-Art on MIH. Part. 2 MIH Clinical Management Using Ozone”. European Journal of Paediatric Dentistry, 2020

50. Weerheijim K.L. “Molar Incisor Hypomineralization (MIH) : Clinical Presentation, Aetiology and Management”. Dental Update, 2004

51. Lygidakis NA, Wong F, Jälevik B, Vierrou AM, Alaluusua S, Espelid I. “Best Clinical Practice Guidance for clinicians dealing with children presenting with Molar-Incisor-Hypomineralisation (MIH): An EAPD Policy Document”. European Archives of Paediatric Dentistry, 2010

52. Jung S, Huckert M, Clauss F, Manière M-C. “Traitements conservateurs des dents atteintes d’Hypominéralisations Molaires-Incisives (MIH)”. Réalités Cliniques, 2012

53. Rouas P, Bandon D, Vaysse F. “Les hypominéralisations molaires-incisives : diagnostic et prise en charge adaptée”. Information Dentaire, 2010

54. Etienne O, Anckenmann L. “Restaurations esthétiques en céramique collée”. Editions CdP. 2017. Chapitre 10 : RECC postérieures périphériques

55. Alfahad S., “The Impact of Tooth Brushing on Teeth affected by Molar Incisor Hypomineralisation (MIH)”. July 2021 Conference: UCL

56. Bekes et al., “Efficacy of desensitizing products containing 8% arginine and calcium

carbonate for hypersensitivity relief in MIH-affected molars”. Clinical Oral Investigations, 2017

57. Gatón et al., “Minimally interventive restorative care of teeth with Molar-Incisor Hypomineralization and open apex - a 24-month longitudinal study”. International Journal of Paediatric Dentistry . October 2019

58. Özgül et al., “Clinical Evaluation of Desensitizing Treatment for Incisor Teeth Affected by Molar-Incisor Hypomineralization”. Journal of Clinical Pediatric Dentistry, Winter 2013

59. Al-Omiri et al., “Treatment of symptomatic, deep, almost cariously exposed lesions using ozone”. Scientific Reports, 2021

60. Krunić et al., “Clinical antibacterial effectiveness and biocompatibility of gaseous ozone after incomplete caries removal”. Clinical Oral Investigations, 2019

61. Anamika et al., “Role of Ozone in Dentistry - An Update”. Indian Journal of Contemporary Dentistry, January 2013

62. MARQUILLIER et al., “Icon® et lésions antérieures du MIH”. June 2016
Conference: Congrès de la Société Française d'Odontologie Pédiatrique. Nancy, France

63. Borba et al., “Influence of ozonated water application on resin composite adhesive resistance”. International journal of development research, November 2019

64. Magni et al., “Effect of ozone gas application on the mechanical properties of dental adhesives bonded to dentin”. Dental materials: official publication of the Academy of Dental Materials, October 2008

65. Marchesi et al., “Effect of Ozone Application on the Immediate Shear Bond Strength and Microleakage of Dental Sealants”. Pediatric Dentistry, Jul-Aug 2012

66. Alkan et al., “Effects of Ozone and Prophylactic Antimicrobial Applications on Shear Bond Strength of Orthodontic Brackets”. Turkish Journal of Orthodontics, December 2017

67. Huang et al., “Esterase from a Cariogenic Bacterium Hydrolyzes Dental Resins”. Acta Biomaterialia 71.March 2018

68. Maher Bourbia, Yoav Finer, “Biochemical Stability and Interactions of Dental Resin Composites and Adhesives with Host and Bacteria in the Oral Cavity: A Review”. Journal of Canadian Dental Association. 2018 Jan.

69. Les directives de l’Association Internationale de la Traumatologie Dentaire pour la prise en charge des blessures traumatiques dentaires
https://www.iadt-dentaltrauma.org/images/French_IADT_Guidelines_FULL2020.pdf

70. Dimitrios, I. and J.M. Brian, “Ozone and its use in periodontal treatment”. Open Journal of Stomatology, 2013

71. Ebensberger, Pohl, et Filippi, “PCNA-Expression of Cementoblasts and Fibroblasts on the Root Surface after Extraoral Rinsing for Decontamination”. Dental Traumatology, 2002.

72. Huth et al., “Effect of Ozone on Oral Cells Compared with Established Antimicrobials”. European Journal of Oral Sciences, October 2006

73. Crawford PJ, Aldred M, Bloch-Zupan A. “Amelogenesis imperfecta”. Orphanet Journal of Rare Diseases, 2007

74. Sapir S, Shapira J. “Clinical solutions for developmental defects of enamel and dentin in children”. Pediatric Dentistry. 2007.

75. Saroğlu I, Aras S, Oztas D. “Effect of deproteinization on composite bond strength in hypocalcified amelogenesis imperfecta”. Oral Diseases, 2006

76. Venezie RD, Vadiakas G, Christensen JR, Wright JT. “Enamel pretreatment with sodium hypochlorite to enhance bonding in hypocalcified amelogenesis imperfecta: case report and SEM analysis”. Pediatric Dentistry. 1994

77. Sabatini C, Guzmán-Armstrong S. “A conservative treatment for amelogenesis imperfecta with direct resin composite restorations: a case report”. Journal of Esthetic and Restorative Dentistry, 2009

78. Sockalingam S. “Dental rehabilitation of amelogenesis imperfecta using thermoformed templates”. Journal of Indian Society of Pedodontics and Preventive Dentistry. 2011

Liste des figures

Figure 1	page 13
Figure 2	page 15
Figure 3	page 19
Figure 4	page 21
Figure 5	page 22
Figure 6	page 25
Figure 7	page 26
Figure 8	page 26
Figure 9	page 27
Figure 10.....	page 27
Figure 11.....	page 28
Figure 12.....	page 29
Figure 13.....	page 29
Figure 14.....	page 30
Figure 15.....	page 30
Figure 16.....	page 31
Figure 17.....	page 32
Figure 18.....	page 36
Figure 19.....	page 36
Figure 20.....	page 37
Figure 21.....	page 37
Figure 22.....	page 38
Figure 23.....	page 38
Figure 24.....	page 39
Figure 25.....	page 40
Figure 26.....	page 41
Figure 27.....	page 42
Figure 28.....	page 43
Figure 29.....	page 43
Figure 30.....	page 44

Odontologie pédiatrique

Intégration de l'ozonothérapie dans la gestion de cas complexes à diagnostic défavorable
Rétrospective d'expérimentation clinique

Résumé *(en français - 10 lignes max)*

Bien que peu répandue en France, l'ozonothérapie peut être très utile en odontologie de par la stimulation des processus de cicatrisation cellulaire ou encore sa capacité de décontamination bactérienne. Cette technologie pourrait trouver un intérêt dans la restauration des dents atteintes de MIH, souvent hypersensibles, et où l'adhésion des biomatériaux est perturbée par les altérations cellulaires. Nous rapportons ici un cas traité avec le générateur J-500 acquis auprès de la société Biowell.

Mots-clés *(en français - 2 lignes max)*

Ozonothérapie inlay MIH

Summary *(en anglais - 10 lignes max)*

Not widely used in France, ozonotherapy can be useful in dentistry through the stimulation of cellular healing processes or its capacity in terms of bacterial decontamination. It could find interest into the restoration of teeth affected by MIH, which are hypersensitive and with altered adhesion for dental materials. This thesis is about a case treated using ozone generator J-500 that we have acquired from Biowell society.

Key-words *(en anglais - 2 lignes max)*

Ozonotherapy

Inlays

MIH

Université de Bordeaux – Collège des Sciences de la Santé
UFR des Sciences Odontologiques
146, rue Leo Saignat 33076 BORDEAUX CEDEX