

République Algérienne Démocratique et Populaire
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

ⵜⴰⵎⴰⵎⴻⵔⴰⵏⵜ ⵏ ⵜⴰⵎⴰⵎⴻⵔⴰⵏⵜ ⵏ ⵜⴰⵔⴰⵎⴰⵏⵜ
UNIVERSITE ABOU BEKR BELKAÏD
FACULTE DE MEDECINE
DR. B.BENZERDJEB - TLEMCEM



جامعة أبو بكر بلقايد
كلية الطب
د.ب.بن زرجب - تلمسان

DEPARTEMENT DE MEDECINE DENTAIRE

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES POUR
L'OBTENTION DU DIPLOME DE DOCTEUR EN MEDECINE DENTAIRE

Thème :

**Eclaircissement interne des dents déulpées : revue systématique de la
littérature**

Présenté par :

YALAOUI Mohamed

OUHASSAINE Nour-eddine

FATMI FRID Nor eddine

HADDADJI Abd El Madjid

Soutenu publiquement le 03 juillet 2022 devant les jurys :

Pr. CHABNI Nafissa Professeure en épidémiologie et médecine préventive **Présidente**

Dr. ZOUAOUI Amel Maître-assistante en parodontologie **Examinatrice**

Dr. BOUDJELLAL Yahia Maître-assistant en odontologie conservatrice / endodontie **Examinateur**

Dr GUENDOUZ Djamel Maître-assistant en odontologie conservatrice / endodontie **Encadrant**

Année universitaire 2021-2022

I. Résumé

Introduction : L'éclaircissement interne est une thérapeutique mini invasive de choix pour traiter les dents dépulpées décolorées, qui nécessite une grande vigilance du praticien.

Objectif : Notre recherche a pour objectif d'identifier les études récentes dans le domaine du blanchiment des dents non vitale.

Matériel et méthode : Une revue de la littérature faite sur « pubmed » rassemblant les articles traitant le thème « l'éclaircissement des dents dépulpées », faites sur être humain sur une période de 10 ans allant de 2012 à 2022.

Le site web Deepl Traducteur a été utilisé pour la traduction des articles.

Résultats : Notre étude a identifié 31 articles qui traitaient les techniques d'éclaircissement (technique walking bleach et technique inside/outside) et LES NOUVELLES APPROCHES dans l'évolution des technique de blanchiment interne (plasma atmosphérique non thermique, LED Violet), évaluer les effets et l'efficacité de certains agents de blanchiment (peroxyde d'hydrogène, peroxyde de carbamide, perborate de sodium, percarbonate de sodium), étudier la décoloration des dents et l'éclaircissement interne après l'utilisation de certains matériau d'obturation canalaire (MTA, les pates antibiotique) et de déterminer le moment approprié pour la restauration post-éclaircissement, analyser l'effet de l'éclaircissement interne sur le niveau des biomarqueurs d'inflammation l'IL-1 β et le RANK-L dans les tissus parodontaux, et identifier la résistance des dents à la fracture après un éclaircissement interne dont la cavité d'accès semble être le facteur le plus nuisible qui affecte les valeurs de résistance à la fracture.

Conclusion : Ce travail nous a permis d'objectiver les concepts actuels et les évolutions dans le domaine d'éclaircissement des dents dépulpées.

À travers ce travail, nous espérons qu'il aboutira au future de base pour d'autres études cliniques ou expérimentales plus approfondies et plus étayées avec plus de résultats et de meilleures perspectives.

Mots clés : éclaircissement interne - dyschromie dentaire – agents d'éclaircissement – walking bleach – inside/outside – peroxyde d'hydrogène – peroxyde de carbamide.

ABSTRACT

Introduction: Internal lightening is a minimally invasive therapy of choice to treat discolored depulped teeth, which requires great vigilance by the practitioner.

Objective: The objective of our research was to identify recent studies in the field of non-vital tooth whitening.

Material and method: A review of the literature made on "pubmed" gathering the articles dealing with the theme "the lightening of depulped teeth", made on human beings over a period of 10 years from 2012 to 2022.

The website Deepl Translator was used for the translation of the articles.

Results: Our study identified 31 articles that dealt with bleaching techniques (walking bleach technique and inside/outside technique) and NEW APPROACHES in the evolution of internal bleaching techniques (non-thermal atmospheric plasma, LED Violet), evaluate the effects and efficacy of some bleaching agents (hydrogen peroxide, carbamide peroxide, sodium perborate, sodium percarbonate), study tooth discoloration and internal bleaching after the use of some root canal filling material (MTA, antibiotic pastes) and determine the appropriate time for post-thinning restoration, analyze the effect of internal thinning on the level of inflammation biomarkers IL-1 β and RANK-L in

periodontal tissues, and identify the resistance of teeth to fracture after internal thinning in which the access cavity appears to be the most detrimental factor affecting fracture resistance values.

Conclusion: This work has allowed us to objectify the current concepts and developments in the field of pulp thinning.

Through this work, we hope that it will lead to the future basis for other clinical or experimental studies more thorough and more supported with more results and better prospects.

Key words: internal lightening - dental dyschromia - lightening agents - walking bleach - inside/outside - hydrogen peroxide - carbamide peroxide.

نبذة مختصرة

مقدمة: يعتبر التبييض الداخلي علاجًا لطيف التوغل مفضلًا لعلاج الأسنان الباهتة ، والتي تتطلب يقظة كبيرة من قبل الممارس.

الهدف: الهدف من بحثنا هو التعرف على الدراسات الحديثة في مجال تبييض الأسنان غير الحيوي

المادة والطريقة: مراجعة الأدبيات التي تم إجراؤها حول "المنشور" وجمع المقالات التي تتناول موضوع "تفتيح الأسنان المنسدلة" ، والتي تم إجراؤها على البشر على مدى 10 سنوات من عام 2012 إلى عام 2022

لترجمة المقالات DeepL Translator تم استخدام موقع

النتائج: حددت دراستنا 31 مقالة تناولت تقنيات التبييض (تقنية التبييض أثناء المشي وتقنية داخلية / خارجية) وطرق جديدة ، وتقييم تأثيرات وفعالية (البنفسجي LED بلازما الغلاف الجوي غير الحرارية ،) في تطور تقنيات التبييض الداخلي بعض عوامل التبييض (بيروكسيد الهيدروجين ، بيروكسيد الكارباميد ، بيربورات الصوديوم ، بيركربونات الصوديوم) ، معاجين المضادات (MTA) دراسة تغير لون الأسنان والتبييض الداخلي بعد استخدام بعض مواد حشو قناة الجذر وتحديد الوقت المناسب لاستعادة ما بعد التخفيف ، وتحليل تأثير الترقق الداخلي على مستوى المؤشرات الحيوية (الحيوية في أنسجة اللثة ، وتحديد مقاومة الأسنان للكسر بعد الترقق الداخلي حيث يبدو أن تجويف RANK-L و IL-1 β للالتهاب الوصول هو العامل الأكثر ضررًا الذي يؤثر على قيم مقاومة الكسر

الخلاصة: لقد سمح لنا هذا العمل بتوضيح المفاهيم والتطورات الحالية في مجال ترقق اللب

من خلال هذا العمل ، نأمل أن يؤدي إلى الأساس المستقبلي لدراسات إكلينيكية أو تجريبية أخرى أكثر شمولاً وأكثر دعمًا بمزيد من النتائج والآفاق الأفضل

الكلمات المفتاحية: التفتيح الداخلي - خلل اللون السني - عوامل التفتيح - مبيض المشي - الداخل / الخارج - بيروكسيد الهيدروجين - بيروكسيد الكارباميد

II. Remerciement

Puisse Allah, le tout Miséricordieux, le très Miséricordieux, nous recenser parmi ceux qui le mentionne en tout temps, et parmi ceux dont les cœurs, les langues et les sens se montrent reconnaissants envers ses bienfaits.

*A Notre Directeur de Mémoire Docteur GUENDOUZ.D Maitre-Assistant en O.C.E du
CHU Tlemcen*

Nous sommes très sensibles à l'honneur que vous nous avez fait en acceptant de diriger notre mémoire.

C'était un grand plaisir de travailler avec vous, nous étions frappées par votre gentillesse et votre souplesse, dans tous les entretiens qui nous ont unies, qui nous ont poussés à travailler durement pour être à la hauteur de vos espérances et attentes.

Vos critiques nous ont été précieuses pour son élaboration. Que ce travail soit pour vous la preuve de la gratitude et du respect que nous vous portons.

*A Notre Présidente de Jury du Mémoire docteur CHAABNI.N professeure en
épidémiologie et médecine préventive CHU Tlemcen*

*Vous nous faite un immense honneur en acceptant
d'être la présidente de jury de notre mémoire.*

*Nous espérons nous montrer dignes de ce que vous
nous avez transmis.*

*Veillez trouver ici le témoignage de notre profond
respect et de notre sincère reconnaissances.*

*A Notre Juge du Mémoire Docteur ZOUAOUI.A Maitre-Assistante en Parodontologie
CHU Tlemcen*

*Nous vous remercions d'avoir accepté si spontanément
de bien vouloir faire partie de notre jury de mémoire.
Vous nous avez fait un témoin de l'enseignant
exemplaire qui se consacre à passer son savoir à tous
les étudiants et les assoiffés du savoir pour les
illuminer, les motiver et les orienter.
Que nos sentiments les plus sincères soient Pour vous
le gage de notre amicale reconnaissance.*

*A Notre Juge de Mémoire Docteur BOUDJELLAL.Y Maitre Assistante en O.C.E CHU
Tlemcen*

*Nous vous remercions pour avoir bien voulu examiner
notre travail.*

*On vous remercie chaleureusement pour la qualité de
votre enseignement pendant nos années d'apprentissage
et le savoir que vous nous avez transmis.*

*Nous tenons à vous exprimer notre profonde gratitude
et nos sentiments les plus respectueux.*

III. Dédicace

En préambule à ce mémoire, nous tenons tout d'abord à remercier ALLAH le tout puissant et miséricordieux, qui nous aide et qui nous a donné la force, le courage et la patience d'accomplir ce modeste travail.

A mes chers parents, « FATMI FRID Ali » et « CHAIB Fatima Zohra »

Je ne pourrai jamais suffisamment vous remercier pour tout ce que vous m'avez apporté. C'est grâce à vous si j'en suis là aujourd'hui. Merci d'avoir été à l'écoute, d'avoir été si rassurants et de si bons conseils, vous avez toujours su tout mettre en œuvre pour ma réussite. C'est cet accompagnement tout au long de ce parcours compliqué et laborieux qui m'a permis de le mener à bien jusqu'à ce titre de médecin-dentiste que je vous dois en grande partie. Merci pour l'éducation et les valeurs que vous m'avez donné et que dieu vous procure bonne santé et longue vie, je vous aime !

A mon frère « Djamel » et ma sœur « Kawther », En signe de l'affection et du grand amour que je vous porte, les mots sont insuffisants pour exprimer ma profonde estime. Que ce travail soit l'expression de mon estime pour vous et que Dieu vous protège, vous accorde santé, succès et plein de bonheur dans la vie.

Petit remerciement supplémentaire à ma famille paternelle **FATMI FRID** et ma famille maternelle **CHAIB**.

A ma chère famille du domaine,

Je profite de la présente occasion pour remercier **HABCHIM** pour tout ce que je n'oublierais jamais ton encouragement et ton soutien le long de mes études, je t'estime beaucoup et je t'aime beaucoup. Tu es un modèle d'honnêteté, de loyauté, et de force de caractère. Que Dieu le tout puissant vous comble de santé, de bonheur et vous prouve une longue vie pleine de joie.

En cette occasion aussi mémorable, Je dédie ce travail en témoignage de mon grand respect et mon estime envers **DJEDID.K** pour vos conseils et votre soutien moral. J'implore dieu qu'il vous apporte bonheur et santé. Vous êtes une source inépuisable de tendresse et de patience.

BELHADJI.Z Votre modestie et votre simplicité font de vous en plus de vos qualités professionnelles, une référence de bon sens de compétence. Vous m'avez toujours écouté attentivement et aidé inlassablement, j'espère que cet œuvre pourra vous exprimer mon profond respect, je te souhaite tout le bonheur du monde.

A mes collègues du mémoire, Merci à **HADDADJI Madjid** d'avoir été le meilleur binôme du monde durant toutes les années de nos études. Merci aussi à **YALLAOUI** et **OUHSSEIN** votre présence a rendu cette année tellement plus agréable. Nous avons réussi ensemble et je serai toujours là pour vous.

A tous mes amis, Je vous dédie cette thèse pour vos attentions particulières, Je remercie le bon dieu qui a croisé nos chemins.

FATMI FRID Nor eddine

Après six ans d'études, l'assistance de mes enseignants ainsi que celles de mon entourage m'ont permis de réaliser ce modeste mémoire que je dédie :

Mes très chers parents qui m'ont guidé durant les moments les plus pénibles de ce long chemin,

Ma mère qui a été à mes côtés et m'a soutenu et encouragé depuis mon enfance jusqu'à ce jour-là,

Mon père qui a sacrifié toute sa vie afin de me voir devenir ce que je suis.

Ma chère sœur.

Mes chers frères (Yassine, Nourredine, Abdelhamid)

A tous les membres de ma famille en particulier mon cousin MEDJAHDI Abdelkader.

A tous mes amis avec qui j'ai partagé des moments inoubliables.

A tous mes chers professeurs (Mme. BOUCHNAK.H et M. BENSAIDLS) pour leurs générosités et la grande patience dont ils ont su faire preuve malgré leurs charges académiques et professionnelles

A tout le personnel que j'ai contacté durant mon stage à la clinique dentaire (Dr BENHADJI. Z et Dr MEDJAHDI. ..), auprès desquelles j'ai trouvé l'accueil chaleureux, l'aide et l'assistance dont j'ai besoin.

Au final, une pensée pour mon chien de compagnie qui nous a quitté cette semaine, ça mort inattendue et rapide laisse un grand vide parmi tous ceux qui l'ont aimé, « souviens-toi seulement du bien que je t'ai voulu OTTO »

HADDADJI Abdelmadjid.

A Mes parents, qui m'ont toujours soutenue dans mon parcours. Merci d'avoir été à l'écoute, d'avoir été si rassurants et de si bons conseils, vous avez toujours su tout mettre en œuvre pour ma réussite et je ne vous en remercierai jamais assez. Cela n'aurait pas été possible sans vous.

Vous pouvez être fiers de vous en tant que parents et fier de ma réussite. Je vous dédie cette thèse en signe de ma reconnaissance. Je vous aime !

Mon frère Ayoub que j'aime de tout mon cœur,

A mes chères sœurs :

Merci pour la grande complicité qui nous unit depuis que je suis en âge de m'en souvenir, et pour l'ensemble des choses que vous m'as fait découvrir.

A toute ma famille :

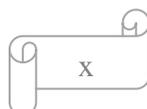
Merci pour votre présence et votre soutien. Un remerciement tout particulier à ma Grand-Mère, Merci de m'avoir appris que la vie est belle et que l'important c'est d'aimer.

A mes frères Abdelhakim et Haroun et Soufiane

Vous étiez toujours là pour moi, merci pour votre soutien inconditionnel et votre encouragement.

A mes amis, Pour les bons moments passés ensemble.

OUHASSAINE NORI



A ma très chère maman

La personne qui m'a fait vivre et qui m'a dédié la sienne, à la plus belle créature que dieu a créée sur terre, à ma moitié, à cette source de patience et de générosité ; Pas un mot de dédicace, ma chère mère, ne pourrait exprimer la profondeur des sentiments que j'ai pour toi. Ma source de tendresse, de motivation. Tu étais, tu es et tu seras toujours la maman rêvée à mes yeux et dans mon cœur et personne ne pourra changer cela.

A mon très cher papa

Cher papa, pour tous les efforts et les sacrifices qui n'ont jamais cessé d'être fournis pour mes études et pour mon bonheur. Pas de paroles peuvent exprimer l'immense amour qui me lie à toi et je les ai toutes dites par cœur papa.

Avec toute ma fidélité et tout mon amour pour vous, mes parents, je ne pourrais jamais égaler votre mérite.

A mes grands-parents

Que dieu leur donne une longue et joyeuse vie.

A mes très Chers Frères « FOUAD », « IBRAHIM », « RAFIK », « ISMAIL »

Les mots ne suffisent pas pour exprimer l'attachement, l'amour et l'affection que je vous porte.

Puisse dieu vous donner santé, bonheur, courage et surtout réussite.

A tous les petits poussins et à toute la famille YALAOUI et AOUAD.

A Dr. AOUAD Ismail

« »

Vous m'avez toujours écouté avec attention et aidé sans relâche, j'espère que ce travail pourra vous exprimer mon profond respect, je vous souhaite tout le bonheur du monde.

Enfin, je tiens à remercier tous mes amis, et en particulier HMIDA(ALMERIA), YACINE, ABD DJEBBAR et MOKHTARI HAKIM qui ont toujours su être à l'écoute et qui m'ont été d'un grand soutien

Et tous ceux qui sont présents dans ma vie, je vous dis Merci

YALAOUI Mohamed

IV. Table de matières

I. Résumé.....	i
II. Remerciement	iii
III. Dédicace.....	vii
IV. Table de matières	xiii
V. Liste des abréviations.....	xvii
VI. Liste des figures	xix
VII. Liste des tableaux.....	xxi
INTRODUCTION	1
PARTIE THEORIQUE.....	4
CHAPITRE I : généralités sur les dyschromies dentaires.	5
1 La couleur physiologique d'une dent saine	6
2 Les facteurs déterminants la couleur d'une dent.....	7
2.1 Teinte	7
2.2 Saturation	7
2.3 Luminosité	8
2.4 Translucidité	8
2.5 Opalescence	9
2.6 Fluorescence	9
3 Définition de la dyschromie dentaire	10
4 Classifications des dyschromies	11
4.1 Dyschromies extrinsèques	11
4.1.1 Dyschromies dues à la plaque et à ses dérivées	11
4.1.2 Dyschromies dues aux habitudes de vie	12
4.1.3 Dyschromies dues à certains médicaments	13
4.1.4 Dyschromies dues aux bactéries chromogènes.....	14
4.1.5 Colorations métalliques	16
4.2 Dyschromies intrinsèques	16
4.2.1 Dyschromies Pré-éruptives	17
4.2.2 Dyschromies Post-éruptives ou acquise.....	21
CHAPITRE II : généralités sur l'éclaircissement dentaire.	28
1 Historique de l'éclaircissement dentaire	29
2 Définition de l'éclaircissement dentaire	31

3	Les types de l'éclaircissement dentaire.....	31
3.1	Eclaircissement des dents pulpées	31
3.2	Eclaircissement des dents dépulpées	32
4	Mécanisme chimique d'éclaircissement	32
4.1	Principe	32
4.2	Point de saturation.....	32
5	Agents éclaircissants	34
5.1	Peroxyde d'Hydrogène	34
5.1.1	Présentation.....	34
5.1.2	Mécanisme d'action	36
5.1.3	Produits commerciaux	36
5.1.4	Conséquences de l'éclaircissement sur les tissus dentaires et les tissus mous ..	37
5.2	Peroxyde de Carbamide	39
5.2.1	Présentation.....	39
5.2.2	Mécanisme d'action	40
5.2.3	Produits commerciaux	41
5.2.4	Conséquences sur les tissus dentaires et sur les tissus mous	41
5.3	Le perborate de sodium.....	43
5.3.1	Présentation.....	43
5.3.2	Mécanisme d'action	43
5.3.3	Produits commerciaux	44
5.3.4	Conséquences sur les tissus dentaires et sur les tissus mous	44
6	Techniques d'éclaircissement des dents dépulpées	45
6.1	Examen clinique initial du patient	45
6.1.1	L'anamnèse	45
6.1.2	Examen endobuccal	47
6.1.3	Examen radiologique	48
6.2	Indications et Contre-indications	49
6.2.1	Indications.....	49
6.2.2	Contre-indications.....	50
6.3	Etapas communes aux différents protocoles cliniques d'éclaircissement des dents dépulpées.....	51
6.3.1	Conditions cliniques et Information du patient.....	51
6.3.2	Préparation de la dent à traiter	51

6.4	Technique ambulatoire.....	58
6.4.1	La Technique Walking Bleach (WB)	58
6.4.2	Eclaircissement interne/externe (inside/outside)(I-O)	63
6.4.3	Extra coronaire.....	72
6.5	Techniques au fauteuil ou techniques immédiates.....	72
6.5.1	Technique thermocatalytique.....	73
6.5.2	Technique avec photo activation	75
6.5.3	Techniques au laser.....	77
6.5.4	Avantages et inconvénients de ces techniques au fauteuil.....	79
7	Pronostic de l'éclaircissement en fonction de la dyschromie	79
8	Complications et risques liés à l'éclaircissement interne.....	80
8.1	Résorptions cervicales externes (RCE).....	80
8.1.1	Définition	80
8.1.2	Mécanismes d'apparition des RCE	81
8.1.3	Facteurs favorisant l'apparition des RCE	81
8.1.4	Diagnostic des lésions.....	82
8.2	Fractures coronaires secondaires	83
8.3	Récidives dyschromiques.....	83
8.4	Inhibition de la liaison adhésive	83
8.5	Irritation gingivale	83
9	Suggestions pour un éclaircissement sécurisé des dents traitées par endodontie	84
	PARTIE PRATIQUE.....	86
	MATERIEL ET METHODE.....	87
1	Objectifs.....	88
2	Stratégie de recherche	88
3	Population de l'étude	89
3.1	Critères d'inclusion.....	89
3.2	Critères d'exclusion	89
3.3	Critères de non inclusion	89
	RESULTATS.....	90
I.	Etape de sélection des études.....	91
II.	Les articles inclus dans l'étude.....	92
	DISCUSSION.....	128

CONCLUSION.....	138
BIBLIOGRAPHIE.....	142

V. Liste des abréviations

μSBS	Micro-Shear Bond Strength
AA	Application Antioxydant
AS	Ascorbate de Sodium
BS	Black Stains
CEC	Cavité Endodontique Cocentré
CET	Cavité Endodontique Traditionnelle
CIE	Commission International d'Eclairage
CIELAB	Commission internationale de l'éclairage
CLSM	Microscopie confocale à balayage laser
CP	Peroxyde de carbamide
CVI	Ciment Verre Ionomere
DBA	Delayed Bonding Application
DIW	Dionised Water
EMIC	Machine d'essai électromécanique
GI	Dents saines
GII	Dents traitées endodontiquement scellées avec du Coltosol
GIII	Dents traitées endodontiquement
GIV	Dents traitées endodontiquement éclaircies et restaurées avec de la résine composite
HP	Peroxyde d'hydrogène
I-O	Inside-Outside
JEC	Jonction Email Cement
LTAPP	Low Temperature Atmospheric Plasma
MC	Microscopie Confocal

MCBL	Microscopie Confocal à Balayage
MEB	Microscope Electronique à balayage
MEEM	Machine d'essai Electromécanique
MTA	Mineral Trioxyde Agregate
NTP	Plasma Non Thermique
OA	Apex Ouvert
PA	Plasma Atmosphérique
PBNT	Primr&Bond NT
PP	Plasma pencil
RC	Rouge Carmin
RCE	Résorption cervicale externe
RMTA	RetroMTA
SE	Selfetching
SNK	Student–Newman–Keuls
SP	Perborate de sodium
SPCHP	Perborate de sodium avec 30% de peroxyde d'hydrogène
SPCW	Percarbonate de Sodium + l'eau distillée
SPCW	Percarbonate de sodium avec de l'eau distillée
SPE	Perbonate de Soduim + l'eau distillée
SPHP	Perborate de sodium avec 30% de peroxyde d'hydrogène
SPW	Perborate de sodium avec de l'eau distillée
TAP	Triple Antibiotique
US	Ultra Sonique
WB	Wlking bleache

VI. Liste des figures

Figure 1: La saturation augmente généralement du bord libre[8].....	7
Figure 2: Cylindre de Munsell prenant en compte, par ordre[8]	8
Figure 3: Coupe sagittale d'une incisive centrale sous différents types d'éclairages montrant sa nature stratifiée.[8].....	10
Figure 4 : Colorations dues à la consommation de tabac.[17].....	12
Figure 5: Dyschromie due à la coloration alimentaire.[12]	13
Figure 6: Colorations dues à la chlorhexidine.[1].....	14
Figure 7: Coloration noir attribuée aux bactéries chromogènes.[13]	15
Figure 8: Coloration verte attribuée aux bactéries chromogènes.[13].....	15
Figure 9: Coloration orange attribuée aux bactéries chromogènes.[21]	16
Figure 10: Dyschromie due à une amélogénèse imparfaite.[27]	17
Figure 11: Dyschromies importantes dues une dentinogénèse imparfaite.[16].....	18
Figure 12: Molécule de tétracycline : elle contient des noyaux aromatiques.[33]	21
Figure 13: Dyschromie due à la prise de la tétracycline.[12]	22
Figure 14: Fluorose modérée avec de légères altérations superficielles.[21]	23
Figure 15: Dyschromies dues au vieillissement de la dent.[37]	24
Figure 16: Dyschromie au niveau de la 11 due à la nécrose pulpaire.[42]	26
Figure 17: Dyschromies due à une restauration par l'amalgame.[45].....	27
Figure 18: les processus d'oxydation les plus courants associés à l'éclaircissement des matières organiques.[51].....	33
Figure 19: Ionisation du peroxyde d'hydrogène à pH acide.[51].....	35
Figure 20: Ionisation de peroxyde d'hydrogène tamponné (pH 9,5 à 10,8).[51].....	35
Figure 21: Effets sur la dentine d'une solution éclaircissante à base de 30% de peroxyde d'hydrogène utilisée en intracronaire.[56]	38
Figure 22: Augmentation de la longueur de la force de la solution d'éclaircissement pour les préparations d'éclaircissement au peroxyde de carbamide avec carbopol par rapport à celles sans carbopol.[51].....	40
Figure 23: Détermination de la vitalité pulpaire.[51]	46
Figure 24: Traitement radiculaire dense.[51].....	49
Figure 25: Digue photopolymérisable.[70].....	53
Figure 26: La digue classique en caoutchouc et lunettes de protection.[51]	53
Figure 27: Dégagement de l'entrée canalair.[70]	54
Figure 28: Anatomie cervicale interne et externe.[40]	56
Figure 29: Illustration schématique de la barrière protectrice intracronaire d'éclaircissement. La forme de la barrière correspond au contour de l'attache épithéliale externe. [40].....	57
Figure 30: Walking bleach technique.[78].....	59
Figure 31: Perborate de sodium et de l'eau mélangés à une pâte épaisse.[51]	60
Figure 32: La pâte est transportée vers la chambre pulpaire avec une porte amalgame.[51] ..	60
Figure 33: Deux millimètres d'espace doivent être laissés pour Cavit temporaire.[51]	61
Figure 34: Cas clinique illustrant les étapes de la technique walking bleach.[38]	62
Figure 35: La technique intérieur/extérieur, dent complète en coupe sagittale.[78]	64
Figure 36: Gouttière personnalisée a la dent causale.[60]	64

Figure 37: Vue occlusale.[60].....	65
Figure 38: Nettoyage par ultrasons de la chambre jusqu'en dessous de la jonction cimento- émail. [60].....	67
Figure 39: Incisive supérieure gauche extrusée et décolorée.[60].....	67
Figure 40: Gutta-percha coupée en dessous de la jonction cémento-émail.[60].....	67
Figure 41: Injection du peroxyde de carbamide à 10 % dans la dent par le patient.[60].....	68
Figure 42: Gouttiere est chargé de peroxyde de carbamide à 10 %.[60].....	68
Figure 43: Changement de couleur après traitement.[60].....	68
Figure 44: Touch'nHeat 5004.[81].....	73
Figure 45: Technique termocatalytique.[60].....	75
Figure 46: Technique avec photo activation.[84].....	77
Figure 47: LASER ERBIUM YAG.[16].....	78
Figure 48: Technique d'éclaircissement au laser ERBIUM YAG.[16].....	79

VII. Liste des tableaux

Tableau 1: Recherche électronique sur PubMed des publications sur la thématique de l'éclaircissement interne.	91
--	----

INTRODUCTION

Ces dernières années, la dentisterie esthétique attire de plus en plus l'attention en raison de l'intérêt accru des patients pour l'aspect esthétique de leur sourire. Il est indéniable que la société d'aujourd'hui recherche des dents blanches et des sourires attrayants. Le pouvoir des médias, l'omniprésence des images, l'importance de l'apparence et de l'estime de soi ont provoqué une augmentation de la demande esthétique des patients. Un sourire éblouissant est un atout sociologique, avec un fort impact psychologique sur le sujet lui-même, mais aussi sur les personnes qui l'entourent. Il est synonyme de santé, et véhicule également l'idée de réussite. De plus, certaines études ont montré que les sujets « beaux » ont plus confiance en eux et que les examinateurs leur donnent un « plus » en surestimant leur efficacité et leur productivité. Dans ce contexte, la dyschromie dentaire peut même constituer un désavantage sur le plan humain et social.[1]

Ce culte du sourire se traduit par une évolution des concepts de la dentisterie, non seulement vers la restauration de l'intégrité de l'organe dentaire par l'utilisation de matériaux modernes et cosmétiques, mais aussi par la restauration de son aspect naturel. Or, l'aspect naturel et esthétique d'une dent est déterminé non seulement par sa morphologie et sa position par rapport aux autres dents, mais aussi et surtout par sa couleur.[1]

Aujourd'hui, nos patients n'exigent plus seulement que leurs dents soient fonctionnelles et bien alignées, ils les veulent « **blanches** »

Leurs demandes peuvent concerner l'amélioration de dyschromie vraie dues à la fluorose, aux tétracyclines, des pathologies ou à des malformations

Cependant, c'est l'éclaircissement de dents normales, encouragé par nombre de revues, qui est le plus fréquemment recherché.

A la fin du 19^{ème} siècle, les possibilités d'éclaircissement des dents sont nombreuses et faces à ces dyschromies différentes en fonction du cas de l'atteinte et de l'intensité de la coloration.

Par conséquent, ce processus est considéré comme l'une des procédures économiques les moins invasives pour le traitement de la décoloration, ainsi il semble aujourd'hui important de s'intéresser à la valeur de ces différentes techniques, en évaluant et comparant leur efficacité, mais aussi, et surtout, leur niveau d'innocuité. L'intérêt est également de savoir si, et dans quelle mesure, on peut aujourd'hui se dispenser de la supervision du chirurgien-dentiste dans le cadre d'un processus d'éclaircissement dentaire.[1-3]

Face à la multitude d'articles sur l'éclaircissement interne et les produits actuelles, le praticien se trouve embarquée par beaucoup de techniques et d'informations.

Il est de notre part de faire un état des lieux actuels sur l'évolution des techniques et des produits sur le marché international.

Ce travail est scindé en deux parties :

Une partie théorique : ce sont des généralités sur les dyschromies dentaires, ainsi que les techniques d'éclaircissement et de leurs complications.

Une partie pratique : il s'agit d'une revue systématique de la littérature après sélection des articles et définition des objectifs nous allons décortiquer chaque article pour voir l'évolution en matière suivi d'une discussion et d'une conclusion.

PARTIE THEORIQUE

CHAPITRE I : généralités sur les dyschromies dentaires.

1 La couleur physiologique d'une dent saine

La couleur est l'un des paramètres les plus importants lorsqu'il s'agit de l'évaluation par le patient de la qualité des restaurations dentaires. La perception des couleurs est un phénomène qui peut être décrit comme un concept physique susceptible d'être mesuré et étudié, et qui dépend de plusieurs facteurs qui seront examinés ci-dessous. Ce phénomène doit être analysé comme une entité interdépendante dans laquelle les modifications des composants responsables de la couleur entraînent une altération de la perception des couleurs. [4, 5]

Il a été rapporté que 23 % des adultes britanniques ne sont pas satisfaits de la couleur naturelle de leurs dents ; ce pourcentage passe à 34 %⁵ aux États-Unis, 52,6 % en Chine et 65,9 % en Arabie saoudite. On considère que la couleur des dents affecte l'apparence en influençant la perception des caractéristiques personnelles par les autres, et pourrait donc ajouter une autre dimension au concept du sourire parfait.[6]

De manière générale, le changement de couleur des dents naturelles est un facteur important qui influence la perception de l'apparence d'un individu. Il peut y avoir un effet négatif pour certaines personnes dont les dents deviennent plus sombres et plus jaunes avec le temps.

Les dents sont constituées de trois types de tissus - l'émail, la dentine et la pulpe - et leur couleur naturelle dépend de leur épaisseur, de leur composition et de leur structure, qui sont finalement responsables de la complexité d'une dent en termes d'apparence optique.

En termes d'apparence optique. Ces trois paramètres évoluent avec le temps et influencent la couleur des dents d'un individu. Chacun de ces tissus possède des propriétés optiques différentes.[7]

De plus, la couleur évolue tout au long de la vie avec des changements structurels. Ainsi, avec l'âge, l'émail des dents sera progressivement affecté par le phénomène d'usure et de minéralisation. Ces deux processus conduisent à une augmentation de la transparence de la couche d'émail, ce qui permet à la couleur jaune de la dentine de transparaître, augmentant ainsi la saturation de la couleur perçue de la dent.

2 Les facteurs déterminants la couleur d'une dent

2.1 Teinte

La teinte est aussi appelée tonalité chromatique, chromaticité ou ton de la couleur. Elle est liée à la longueur d'onde dominante de la lumière réfléchie par l'objet.[8, 9]

Elle correspond aux sensations colorées que l'œil perçoit grâce aux 3 types de cônes rétinien : rouge, vert, bleu, jaune, orange, violet etc. elle caractérise la longueur d'onde dominante de la lumière réfléchie par un objet.

Les teintes pures de même luminosité sont réparties sur la périphérie d'une section horizontale du cylindre de Munsell.[10]

2.2 Saturation

Cette variable représente le degré d'intensité ou de concentration d'une couleur. La saturation est la quantité de pigment pur contenue dans une couleur. On parle d'intensité ou de pureté de la teinte. Elle définit sa pureté, c'est-à-dire la quantité de pigment pur qu'elle contient.

Une couleur peut être désaturée de deux manières :

- par adjonction de blanc, on éclaircit la couleur,
- par adjonction de noir, on assombrit la couleur.

Dans le cas d'une dent, la saturation sera due à la dentine et à sa visibilité qui dépend de la translucidité et de l'épaisseur de l'émail.[8, 9]



Figure 1: La saturation augmente généralement du bord libre[8]

2.3 Luminosité

La luminosité est aussi appelée valeur lumineuse, luminance, brillance, ou clarté. Elle correspond à la quantité de lumière réfléchiée par la dent et permet de distinguer une couleur claire d'une couleur foncée. Ainsi, le blanc a une luminosité maximale et le noir une luminosité nulle.

Dans cet intervalle, en fonction de la quantité de lumière, l'objet apparaît plus ou moins gris. [8, 9]

Sa détermination fait appel aux bâtonnets, c'est pourquoi la luminosité est le premier facteur de réussite d'une prothèse dentaire. La précision de son évaluation prime donc sur celle des autres caractéristiques. [8, 9]

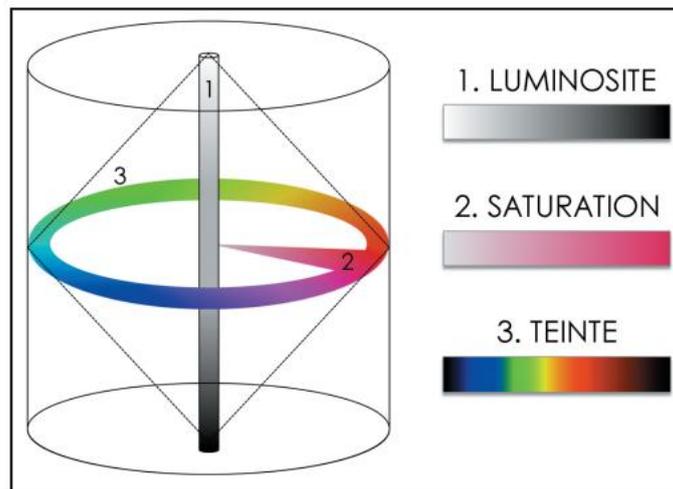


Figure 2: Cylindre de Munsell prenant en compte, par ordre [8]

2.4 Translucidité

Il s'agit de la capacité du matériau à laisser passer la lumière. Elle est de 70% pour l'émail et de 40% pour la dentine. La translucidité varie en fonction de la localisation et en fonction de l'âge des individus.

Au niveau du collet, l'épaisseur de l'émail s'affine, ce qui engendre un dégradé de plus en plus opaque, alors qu'au niveau du bord libre, l'émail n'est généralement plus soutenu par la masse dentinaire, ce qui augmente la translucidité.

Les dents des sujets jeunes ont un émail très translucide et une dentine opaque. Cependant, avec l'âge, l'émail s'use et s'affine, la dent diminue en translucidité car la dentine devient plus visible. [8, 9]

2.5 Opalescence

L'opalescence est un effet d'optique permettant à la dent de présenter des couleurs différentes en fonction de la position dans laquelle on la regarde, décrit par analogie à la pierre d'opale, et qui tient à la taille cristalline très fine de ses cristaux de dioxyde de silicium.

Cela s'explique par la capacité de l'émail à différencier les longueurs d'onde : l'émail réfléchit préférentiellement les longueurs d'onde courtes, prenant alors un aspect bleuté, alors qu'il ne laisse passer que les longueurs d'onde longues, prenant alors un aspect rouge orangé. [8, 9]

2.6 Fluorescence

La restituer rapidement sous forme de lumière visible dans une bande spectrale de longueur d'onde courte et de couleur bleutée.

Au niveau des dents naturelles, la dentine est responsable de cet aspect blanc bleuté. Cette propriété s'estompe avec l'âge à cause de l'hyperminéralisation de la dentine.

L'adjonction de terres rares au niveau des poudres de céramique a permis d'apporter une fluorescence bleutée aux dents céramiques prothétiques comparables à celle des dents naturelles. [8, 9]

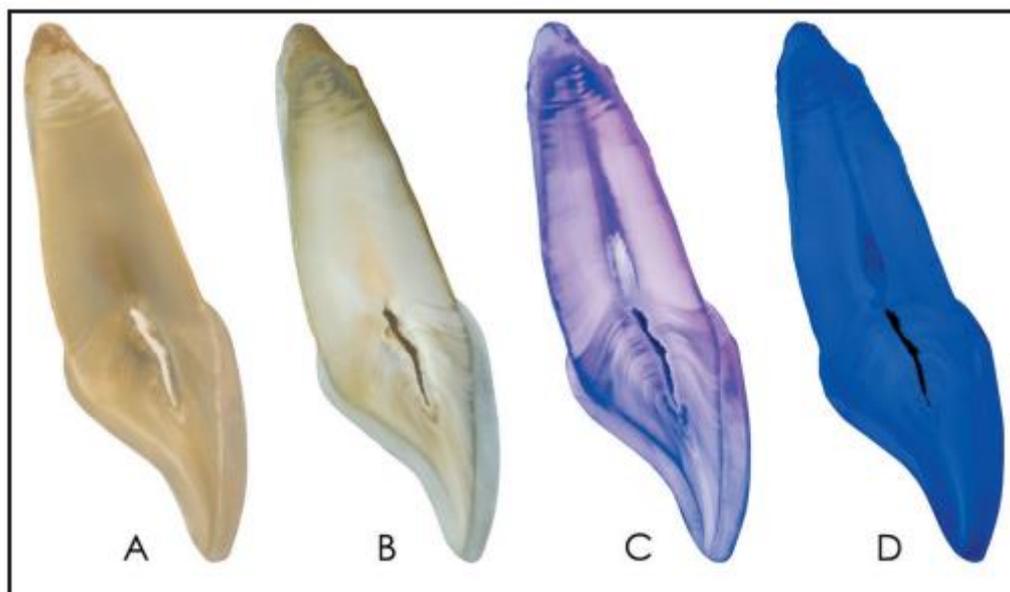


Figure 3: Coupe sagittale d'une incisive centrale sous différents types d'éclairages montrant sa nature stratifiée.[8]

A : en transmission lumineuse (lumière blanche polychromatique), l'opalescence de l'émail se traduit par une coloration orangée.

B : en réflexion lumineuse, l'opalescence de l'émail se traduit par une coloration bleutée. Le noyau dentinaire est semi-opaque, plus coloré en périphérie qu'au centre, entouré de la pellicule d'émail semi-translucide.

C : en lumière ultraviolette, la fluorescence de la dent est nettement visible.

D : en lumière ultraviolette filtrée, la fluorescence est plus bleutée, notamment au niveau de la dentine pariétale.

3 Définition de la dyschromie dentaire

La dyschromie dentaire est la modification de la couleur d'une ou plusieurs dents. En effet, le terme dyschromie vient du grec, le préfixe (dys) voulant dire mauvais, perturbé et (chromie) signifiant couleur. Elle est caractérisée par le contraste lumineux et la diversité des tons qui s'établissent entre une dent ou un groupe de dents et celles qui les entourent.

De leur formation à leur édification, ainsi que tout au long de leur vie, les dents sont appelées à voir leur couleur se modifier car elles sont soumises à l'influence des milieux internes et extérieurs.

La dyschromie peut être partielle, touchant une ou plusieurs dents, ou totale si toutes les dents sont affectées.[11]

4 Classifications des dyschromies

La détermination de l'étiologie des dyschromies est importante dans la démarche de diagnostic car c'est d'elle qui découle le traitement adapté.[12, 13]

La décoloration est classée comme extrinsèque, intrinsèque ou les deux selon sa localisation et son étiologie.[14]

4.1 Dyschromies extrinsèques

Certains produits peuvent entraîner des colorations plus ou moins superficielles des dents. Ces colorations extrinsèques prennent préférentiellement ancrage au niveau de la surface amélaire principalement sur les sillons, dépressions, et rayures. Elles sont causées par des agents externes développés ci-dessous et varient en fonction de plusieurs paramètres tels que l'âge, le sexe, la composition et le flux salivaire, la couleur, la localisation, l'hygiène bucco-dentaire, les consommations alimentaires et leur localisation. Les récurrences sont fréquentes en l'absence de suppression des facteurs colorants.[15]

4.1.1 Dyschromies dues à la plaque et à ses dérivées

4.1.1.1 La plaque dentaire

Agrégat bactérien est constitué de colonies de micro-organismes organisés au sein d'une matrice de glycoprotéines, constituant des dépôts granuleux mous et amorphes accumulés à la surface des dents. Initialement présente en faible quantité et n'est pas visible à l'œil nu, Lorsqu'il atteint une certaine épaisseur détectable visuellement, il forme une masse globulaire de couleur varie du gris au jaune. Le brossage quotidien permet aisément son élimination.[16]

4.1.1.2 Le tartre

Le tartre est le résultat de la calcification de la plaque et peut créer une couche colorée blanc-jaunâtre, pouvant même devenir brun, vert ou noirâtre en fonction de son caractère sérique. Sa surface poreuse lui permet d'absorber facilement les divers pigments alimentaires.[16]

On distingue deux types de tartre :

- Le tartre supra-gingival : il se dépose principalement au niveau du collet, de couleur blanche ou jaunâtre qui peut être coloré secondairement au contact d'aliments ou de tabac.
- Le tartre sous-gingival : il adhère à la surface des dents au niveau de leurs racines, Il est de couleur brunâtre voire noire, à cause du fer contenu dans le sang. Ce tartre est le plus délétère du fait de la transformation progressive de la flore bactérienne aérobie en flore anaérobie pathogène.

4.1.2 Dyschromies dues aux habitudes de vie

4.1.2.1 Colorations tabagiques

Toutes sortes de tabagisme (pipe, cigarette, marijuana, cigare...) laissent des colorations allant du jaune foncé au noir. Ces produits (goudrons) se dissolvent dans la salive et pénètrent ensuite aisément en profondeur au travers les imperfections de l'émail (fissures, sillons, micro-impacts, dentine exposée).[16]

Elle concerne principalement en grande partie le tiers cervical des couronnes dentaires. Ainsi un fumeur de pipe aura de fortes colorations localisées au niveau du bec tandis qu'un chiqueur de tabac aura des colorations plus généralisées.

Le degré de coloration n'est pas spécialement proportionnel à la quantité de tabac consommé mais dépend plutôt des couches acquises préexistantes (hygiène du patient) et de la rugosité de surface des dents.[16]



Figure 4 : Colorations dues à la consommation de tabac.[17]

4.1.2.2 Colorations alimentaires

Certains aliments possèdent des colorants qui, ingérés à répétition, se déposent dans les sillons, puits, fissures de dents :[18]

- ✚ Des boissons telles que le vin, le café, le thé, colas... par leur dépôt tanin, elles entraînent des colorations brunes. Cette coloration se caractérise par une fine pellicule pigmentée dépourvue de bactéries, et se situe le plus souvent sur la face vestibulaire des molaires supérieures, sur la face linguale des incisives inférieures et, de façon moins fréquente, sur les faces palatines des dents maxillaires antérieures.
- ✚ Des fruits et légumes (mûres, tomates, myrtilles, carottes...) : principalement les fruits rouges, les cerises ou airelles entraînent une coloration bleu-violette, les framboises des dépôts rouges ou pourpres (il en est de même pour les betteraves).
- ✚ Des épices comme le safran, le curry, le poivre rouge qui donnent des colorations
- ✚ Cette coloration se retrouve plus fréquemment chez les patients présentant un brossage insuffisant ou inapproprié.[18]



Figure 5: Dyschromie due à la coloration alimentaire.[12]

4.1.3 Dyschromies dues à certains médicaments

L'utilisation prolongée de certains antiseptiques retrouvés dans les bains de bouche, gels, vernis, dentifrices et irrigateurs buccaux comme la chlorexidine et le cétylpyridinium peuvent alors entraîner des colorations bruns-noirs à la surface des dents. La molécule est

progressivement absorbée en surface puis relarguée sous forme active par des cations, tel le calcium de la plaque, et la salive.

Les ammoniums quaternaires sont des antiseptiques plus puissants. Ils sont eux aussi présents dans des bains de bouches et peuvent, utilisés à outrance, provoquer des colorations brunes.[18]



Figure 6: Colorations dues à la chlorhexidine.[1]

4.1.4 Dyschromies dues aux bactéries chromogènes

La couleur naturelle de la bactérie chromogène détermine la coloration dentaire. En fonction de la bactérie mise en cause, elle peut être principalement noire, verte ou orange :[19]

- *La coloration noire*

Cette coloration spécifique porte le nom de « Black Stains » (BS). Elle a été initialement décrite comme « Mesenteric line » par SHOURIE en 1947 avant de porter ce nom.

Elle se caractérise sous forme de bandes noires adhérentes, plus ou moins fines, continues ou non au niveau du bord marginal des dents, souvent à proximité des canaux excréteurs salivaires. Elle peut aussi se présenter sous forme de points ou tâches sombres sur les surfaces linguales, palatines et proximales ainsi que sur les sillons occlusaux.

Elle est due à une bactérie chromogène de la flore parodontale, Actinomyces, qui réagit avec le fer présent dans la salive et l'exsudat gingival.[19, 20]



Figure 7: Coloration noir attribuée aux bactéries chromogènes.[13]

○ *La coloration verte*

Les taches vertes sont des dépôts très épais, en général situés sur la surface labiale des incisives maxillaires au niveau du tiers gingival. Ces dyschromies affectent plus fréquemment les garçons que les filles. Ces colorations ont été attribuées à des bactéries fluorescentes : *Fluorescent bacteria penicillium*. Elles grandissent uniquement en présence de lumière, ce qui explique leur localisation sur les incisives supérieures. Le dépôt a tendance à revenir après qu'il ait été retiré. Aucune relation entre les taches vertes et l'indice carieux n'a pu être identifié. Cependant ces colorations sont associées à une mauvaise hygiène bucco-dentaire.[21-24]



Figure 8: Coloration verte attribuée aux bactéries chromogènes.[13]

○ *La coloration orange*

Ces colorations apparaissent sur la surface labiale des dents antérieures, que cela soit maxillaire ou mandibulaire, au niveau du tiers cervical de la dent. Ces taches sont plus rares que les

précédentes, elles apparaissent dans seulement environ 3 % de la population. Les bactéries chromogènes impliquées sont probablement *Serratia marcescens* et *Flavobacterium lutescens*. Elles sont plus faciles à nettoyer que les colorations vertes et sont souvent associées à une mauvaise hygiène bucco – dentaire.[21]



Figure 9: Coloration orange attribuée aux bactéries chromogènes.[21]

4.1.5 Colorations métalliques

Les colorations métalliques peuvent être induites par des médicaments, par des produits appliqués localement, par des reconstitutions dentaires métalliques, ou par une exposition aux métaux industriels. La coloration reste principalement de surface, mais certains ions métalliques pénètrent la dent et entraînent une coloration permanente très difficile à éliminer. Selon le métal en cause, la coloration peut être noire pour le fer, l'argent et le manganèse, grise pour le mercure et le plomb, bleue-verte pour le nickel et le cuivre, orange pour les fumées d'acide chromique ou violacé pour le permanganate de potassium.[25, 26]

4.2 Dyschromies intrinsèques

Contrairement aux colorations externes qui affectent la surface amélaire, les colorations dites intrinsèques sont imputables à l'incorporation de particules chromogéniques au sein du complexe amélo-dentinaire. Ce phénomène peut se produire soit avant l'éruption de la dent, c'est-à-dire au cours de l'odontogénèse, soit après.[12]

4.2.1 Dyschromies Pré-éruptives

4.2.1.1 Origine génétique

Certains ajustements du code génétique sont à l'origine de perturbations sur la forme et les résidences des protéines codées, principalement à titre exceptionnel des anomalies de formation de l'émail ou de la dentine.

Toutes les taches génétiques motivent une coloration extrême et régulièrement des anomalies de structure. Ainsi, les traitements chimiques d'éclaircissement n'ont aucun impact sur ce type de décolorations et il est préférable de se tourner vers des options prothétiques (facettes et couronnes).[16]

4.2.1.1.1 Amélogénèse imparfaite

Il s'agit d'une maladie autosomale hétérozygote dominante qui touche la formation de l'émail des dentures lactéales et définitives. La dentine n'est, en principe, pas concernée. Elle est associée à des maladies systémiques.

Elle correspond donc à une dysplasie ou aplasie héréditaire de l'émail caractérisée par une coloration diffuse de toutes les dents, allant du blanc crayeux au jaune-brunâtre, et associée à un état de surface poreux, irrégulier et rugueux.

Au moment de leur apparition sur l'arcade, les dents sont souvent de couleur brune, évoluant vers une teinte marron foncé après leur éruption complète. Plus l'émail sera mince, plus la coloration sera marquée.[27]



Figure 10: Dyschromie due à une amélogénèse imparfaite.[27]

Il existe trois formes cliniques d'amélogénèse imparfaite :

- la forme hypoplasique : elle se traduit par une faible épaisseur d'émail, avec ou sans coloration allant du jaune au brun. La dureté au sondage est normale.
- la forme hypomature : l'épaisseur de l'émail est normale mais ses cristaux d'hydroxyapatite sont déstructurés, de couleur allant du blanc crayeux au jaune brun. La dureté au sondage est subnormale.
- la forme hypominéralisée : l'émail est d'épaisseur normale mais présente un défaut de minéralisation. Il est de couleur jaune brun. La dureté au sondage est diminuée, l'émail est mou.[13, 28]

4.2.1.1.2 Dentinogénèse imparfaite

Elle est aussi appelée dysplasie de Capdepont ou dentine opalescente brune héréditaire. Elle concerne essentiellement les dents lactéales, qui sont les plus atteintes, mais aussi les dents permanentes. L'émail, en principe, n'est pas affecté mais la dentine semble ramollie, opalescente avec un aspect laqué et une teinte pouvant aller du bleu-gris au brun foncé.[29]



Figure 11: Dyschromies importantes dues une dentinogénèse imparfaite.[16]

Il existe différents types de dentinogénèse imparfaite :[29]

- Le type I : elle est associée à une ostéogénèse imparfaite. Les dents sont opalescentes, mais l'émail est moins susceptible à la fracture, et la chambre pulpaire n'est que rarement occupée par la dentine.
- Le type II : est une caractéristique dentaire isolée et est la forme la plus répandue, en générale l'émail se détache et la dentine s'effrite rapidement.

- Type III : la radiographie montre un aspect en « coque ». La pulpe est fréquemment exposée dès la denture temporaire.

4.2.1.1.3 Erythroblastose fœtale

Elle résulte d'une incompatibilité sanguine fœto-maternelle, souvent dans le système Rhésus. Les conséquences sont la destruction d'un grand nombre d'érythrocytes donnant des colorations dentaires rouge-jaunâtres, brunâtres ou bleu-gris.[21]

Les traitements d'éclaircissement chimique n'ont aucune action sur ces dyschromies d'origine génétique. Il est alors préférable dans ces cas d'envisager des solutions prothétiques (facettes, couronnes...).

4.2.1.1.4 Thalassémie

C'est une maladie génétique de l'hémoglobine, substance contenue dans les globules rouges du sang, se traduisant par une anémie importante. Les dents ont alors une coloration jaune-brunâtre.[18]

4.2.1.2 Anomalies congénitales

4.2.1.2.1 Porphyrie congénitale érythropoïétique

Cette maladie rare entraîne une surproduction de porphyrine dans la moelle osseuse, les globules rouges, et les dents.

Les dents atteintes, principalement la dentition déciduale, présentent une coloration allant du rouge au brun-rose. Une fluorescence rouge à la lumière ultra-violette peut alors être observée.[21]

4.2.1.2.2 Ictère hémolytique néonatal

Entraîne des colorations jaune vert de la dentine des dents lactéales mais épargne les dents définitives.[21]

4.2.1.2.3 Rachitisme héréditaire vitamine D dépendante

Résistant à la vitamine D, découlant de cardiopathies congénitales, de souffrances fœtales ou d'incompatibilités fœto-maternelles, est à l'origine de colorations gris vert.[18]

4.2.1.2.4 Cardiopathies congénitales cyanogènes

Les patients souffrants de cardiopathie congénitale cyanogène ont des incisives supérieures présentant une coloration blanc-bleu. Cette pâleur est principalement causée par la respiration buccale, entraînant de ce fait une sécheresse des dents.[26]

4.2.1.2.5 La mélanodontie

Affection frappant uniquement les dents de lait, consistant en une destruction de l'émail sur une surface plus ou moins grande, laissant apparaître l'ivoire qui prend une teinte d'un brun noirâtre. Elle serait due à la carence de vitamine C.[30]

4.2.1.2.6 Hyperbilirubinémie

En cas d'hyperbilirubinémie, la biliverdine, un produit de dégradation de la bilirubine, est déposée sur des tissus minéralisés comme la dentine. La bilirubine est un pigment biliaire, pigment jaune issu de la dégradation de l'hémoglobine. Ceci concerne les dents temporaires plus que les dents définitives, mais les premières dents permanentes peuvent être concernées. Des défauts de substances peuvent également être observés. Le dépôt de pigment dans la dent est le résultat d'une réaction entre le développement de la dent avec son approvisionnement en sang, riche en bilirubine. L'importance de la coloration serait proportionnelle à la concentration de bilirubine.[31]

4.2.1.2.7 Alcaptonurie

L'alcaptonurie est une maladie héréditaire rare autosomique récessive qui se caractérise par la présence d'acide homogentisique dans le sang et les urines. Cliniquement des colorations caractérisent cette affection : coloration bleue au niveau de l'oreille, brune au niveau de l'œil et brune des dents et des gencives. Tous ces éléments sont intéressants pour établir le diagnostic différentiel, la dent n'est pas la seule affectée par cette pathologie.[32]

4.2.1.2.8 Souffrances fœtales

Certains troubles survenus pendant la grossesse peuvent engendrer des anomalies de coloration des dents : [12]

- Une maladie infectieuse contractée par la mère, comme la syphilis, la rubéole entraînant des hypoplasies de l'émail des dents lactéales et permanentes.

- Une exposition à des radiations ionisantes peut être la cause d'une coloration bleue verte des dents.
- Des carences en magnésium, en calcium, en phosphore, en vitamine A, C et D.
- Un diabète. [12]

4.2.2 Dyschromies Post-éruptives ou acquise

4.2.2.1 Anomalies dues aux tétracyclines

La consommation de tétracyclines, du 4^{ème} mois in utero jusqu'à environ 8 ans provoque une chélation de l'antibiotique et des ions calciums, impliquant préférentiellement la dentine et aboutissant à un complexe tétracycline-orthophosphate de zinc qui s'incorpore dans les cristaux d'hydroxyapatite lors de la minéralisation.[33]

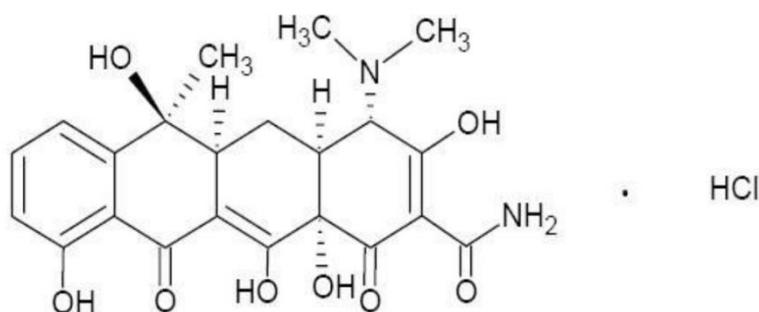


Figure 12: Molécule de tétracycline : elle contient des noyaux aromatiques.[33]

Selon le type de tétracyclines administré, il peut y avoir différentes nuances de couleur : la chlorotétracycline entraînera une coloration gris-brun, l'oxytétracycline et la tétracycline une coloration plus jaune – orangée alors que la minocycline provoquera une coloration allant du vert au gris-noir.[26]

Une classification a été proposée par Boksman et Jordan, en 1983, pour faciliter le diagnostic de ces dyschromies ainsi que leur traitement : [34]

- Classe I : la coloration est légère, uniforme, sans bande, de couleur claire, jaune ou marron clair, peu saturée.
- Classe II : la coloration est moyenne, uniforme et sans bande, légèrement grisée, assez saturée.

- Classe III : la coloration est forte, irrégulière, avec des bandes. La couleur est ici très saturée, gris foncé ou bleuté.

- Classe IV : la coloration est très forte avec des bandes et plages irrégulières. La couleur est extrêmement saturée avec du violet foncé à un brun très saturé.

A l'heure actuelle, la prescription de tétracyclines est, de ce fait, fortement contre-indiquée aux femmes enceintes et aux enfants jusqu'à la formation du bloc incisive-canin. [34]



Figure 13: Dyschromie due à la prise de la tétracycline.[12]

4.2.2.2 Fluorose

Durant la formation et la calcification de l'organe dentaire, en général entre le quatrième mois in utero et la huitième année, l'ingestion chronique d'une quantité excessive de fluor peut entraîner des dyschromies d'aspects variés appelées fluorose dentaire. Cette pathologie touche les deux dentures.

Selon les recommandations de l'OMS, pour éviter tout risque de fluorose, la dose à ne pas dépasser est de 0,05 mg/jour par kilogramme de poids corporel chez l'enfant, tous apports confondus.[35]

Les colorations peuvent varier de la simple tâche blanchâtre aux colorations brunâtres, entraînant un effondrement de la couche amélaire dans les formes les plus sévères.

Plusieurs classifications existent, la plus simple est celle de DEAN. Il distingue six catégories en fonction de la gravité de la fluorose :

- Dent normale : aspect lisse, glacé, couleur blanc crème, surface claire et translucide ;

- Suspicion de fluorose : quelques taches blanches ou points blancs ;
- Fluorose très légère : petites taches opaques couvrants jusqu'à 25% de la surface dentaire ;
- Fluorose moyenne : des zones opaques blanches couvrant 50% de la surface dentaire ;
- Fluorose modérée : toute la surface de la dent est touchée par des taches blanches avec dans certains cas la présence de taches brunes ;
- Fluorose sévère : toute la surface de toutes les dents est touchée par les taches blanches avec des piqures discrètes, éparses ou groupées et associées à la présence de taches brunes.[35]



Figure 14: Fluorose modérée avec de légères altérations superficielles.[21]

4.2.2.3 Dyschromies dues au vieillissement de la dent

Au cours de la vie de l'individu, les différents tissus dentaires subissent des modifications physiologiques : on parle de vieillissement physiologique qui se traduit par une modification des propriétés optiques de la dent. La lumière n'est plus transmise de la même façon. Ainsi, les différents paramètres tels que la teinte, la saturation, la luminosité et la translucidité sont modifiés. La couleur de la dent évolue alors en permanence. L'apposition de dentine secondaire physiologique et réactionnelle, le rétrécissement de la chambre pulpaire, l'amincissement de l'émail sont les principaux facteurs à l'origine d'une coloration plus jaune de la dent au fil du temps. Ces dyschromies liées au vieillissement de la dent répondent très bien aux techniques d'éclaircissements.[36]



Figure 15: Dyschromies dues au vieillissement de la dent.[37]

4.2.2.4 Les facteurs traumatiques

Les dyschromies dentaires consécutives à un traumatisme sont les plus fréquentes. Lorsqu'une dent reçoit un choc et qu'il s'en suit une coloration, cela peut être dû, soit à la dégénérescence du parenchyme pulpaire nécrosé, soit à l'envahissement des tubulis dentinaires par l'hémorragie pulpaire.[38]

4.2.2.4.1 Hémorragie pulpaire

Si l'hémorragie est localisée, le paquet vasculo-nerveux est étiré. Le sang est véhiculé dans les tubulis dentinaires et se dégrade avec une libération d'hémoglobine. Une oxydation des ions ferreux se produit, engendrant une coloration dentaire gris-foncé.

De plus, l'étirement du paquet vasculo-nerveux entraîne une production de dentine secondaire, créant une oblitération de la lumière canalaire. La dent est alors plus saturée, avec une couleur gris orangé.

Si l'hémorragie est importante, il y a une rupture du paquet vasculo-nerveux. Un envahissement des canalicules par le sang se produit donnant une coloration rouge-rosée sous l'émail. L'intensité de la coloration est variable en fonction du délai entre le traumatisme et le traitement endodontique de la dent.[37, 39]

4.2.2.4.2 La nécrose pulpaire sans hémorragie

La nécrose pulpaire est caractérisée par l'absence de réaction aux différents tests de vitalité pulpaire (thermiques ou électriques). Une attaque bactérienne (carie), mécanique (choc traumatique), thermique (meulage intempestif) ou chimique (obturations avec certaines résines)

de la pulpe peut engendrer la mortification de ses tissus et sa désintégration. Même si la nécrose peut présenter un caractère aseptique à ses débuts, différentes bactéries, aérobies ou anaérobies, finissent par coloniser la pulpe. Ce faisant, des produits de dégradation sont libérés et peuvent pénétrer dans les tubuli dentinaires, entraînant une coloration de la dentine. Ce degré de dyschromie est en étroite corrélation avec la présence plus ou moins longue dans le temps des tissus nécrotiques.[40]

Les bactéries, durant la réaction d'hémolyse, produisent du sulfure d'hydrogène. Ce dernier permet la libération de l'ion ferrique de l'hémoglobine qui, n'étant plus complexé à sa porphyrine, va former du sulfure de fer, principale molécule responsable de la coloration gris foncé - noire de la dent dépulpée.[41]

L'utilisation de produits arsénieux engendrant la nécrose était pratique courante afin de rapidement calmer la douleur. L'hémoglobine libérée lors de cette hémolyse sous l'action arsénieuse pouvait aussi se dégrader en divers produits qui vont colorer la dent de façons différentes (36) :

- Méthémoglobine : rouge-brun
- Hémine : noir-bleuâtre
- Hématine : brun foncé
- Hématoïdine : rouge

Toutefois, l'utilisation de ces anhydrides arsénieux est dorénavant proscrite.[21]



Figure 16: Dyschromie au niveau de la 11 due à la nécrose pulpaire.[42]

4.2.2.5 Facteurs iatrogènes

4.2.2.5.1 Endodontie incomplète

Une obturation endodontique incomplète (évacuation pulpaire insuffisante, instrument fracturé, irrigation insuffisante...) engendre la présence de résidus organiques et de débris nécrotiques pouvant entraîner une pigmentation dentinaire et une coloration gris foncé de la dent.[43]

4.2.2.5.2 Irrigation canalaire

L'irrigation abondante des canaux lors du traitement endodontique est une des clés du succès de ce traitement. Un assombrissement de la dentine peut apparaître suite à une irrigation insuffisante : des reliquats de résidus organiques peuvent persister et réagir avec des métabolites bactériens, engendrant ainsi une pigmentation dentinaire.[36]

4.2.2.5.3 L'amalgame

Les restaurations par l'amalgame ne sont pas adhérentes chimiquement à leur cavité. Il existe donc un micro hiatus entre ce matériau et les murs de la cavité, facilitant le transport de fluides, d'ions, de molécules, mais aussi de bactéries et leurs toxines. L'exposition de l'amalgame à l'environnement buccal entraîne des altérations dans sa structure, libérant alors des produits de corrosion. Cette situation a malgré tout un bénéfice : la diminution du hiatus au fil du temps par dépôt de ces éléments à l'interface dent-obturation. La coloration produite dans ce cas présent

est plutôt grise foncée – noire, dure, et ne peut être éclaircie par les produits habituellement utilisés. Elle est due à la diffusion des constituants de l’amalgame dans les tubuli dentinaires.[44]



Figure 17: Dyschromies due à une restauration par l’amalgame.[45]

4.2.2.5.4 Les résines composites

Les résines composites sont à l’origine de colorations jaunes ou grises du fait de l’infiltration du joint, de la présence de silicates et de la percolation des fluides buccaux.[15]

CHAPITR II : généralités sur l'éclaircissement dentaire.

1 Historique de l'éclaircissement dentaire

En 1967, Alfred Yarus montre que la majorité des personnes focalisent leur attention sur les yeux et la bouche. Ces observations peuvent s'expliquer par le caractère dynamique, mais également par le contraste entre les différentes structures les composant : au niveau de l'œil entre l'iris, la pupille et la sclère et au niveau de la bouche entre les lèvres, les gencives et les dents. Le sourire joue donc un rôle essentiel dans l'esthétique du visage.[46]

L'histoire de la dentisterie est constituée de nombreux efforts entrepris pour parvenir à une méthode efficace d'éclaircissement des dents. L'éclaircissement des dents non vitales a commencé en 1848 avec l'utilisation du chlorure de chaux, et en 1864, Truman a présenté la technique la plus efficace pour éclaircir les dents non vitales, une méthode qui utilisait le chlore d'une solution d'hydrochlorite de calcium et d'acide acétique. Le dérivé commercial de cette méthode, connu plus tard sous le nom de solution de Labarraque, était une solution aqueuse d'hypochlorite de sodium. À la fin du XIXe siècle, de nombreux autres agents d'éclaircissement étaient également utilisés avec succès sur les dents non vitales, notamment le cyanure de potassium, l'acide oxalique, l'acide sulfureux, le chlorure d'aluminium, l'hypophosphate de sodium, la pyrozone, le dioxyde d'hydrogène (peroxyde d'hydrogène ou perhydrol) et le peroxyde de sodium. Toutes ces substances étaient considérées comme des oxydants directs ou indirects agissant sur la partie organique de la dent, à l'exception de l'acide sulfureux, qui était un agent réducteur. Par la suite, on a appris que les oxydants directs les plus efficaces étaient la Pyrozone, le Superoxol et le dioxyde de sodium, tandis que l'oxydant indirect de choix était un dérivé chloré. En fait, lorsque le Superoxol a été introduit, il est devenu la substance chimique utilisée par la plupart des dentistes, en raison de sa grande sécurité. La pyrozone a continué à être utilisée efficacement pour les dents non vitales à la fin des années 1950 et au début des années 1960, tout comme le perborate de sodium. À la fin des années 1970, Nutting a commencé à utiliser le Superoxol au lieu de la Pyrozone, pour des raisons de sécurité, et l'a ensuite associé au perborate de sodium pour obtenir un effet synergique. De plus, il a recommandé l'utilisation d'Amosan, un peroxyborate de sodium monohydraté, car il est connu pour libérer plus d'oxygène que le perborate de sodium. Il recommandait également de sceller la gutta-percha avant toute intervention. Les dents vitales ont également été éclaircies dès 1868, au moyen d'acide oxalique ou de Pyrozone et plus tard avec du peroxyde d'hydrogène.

Au 19^{ème} siècle, l'utilisation de l'acide oxalique et la liqueur de Labarraque a été proposée pour l'éclaircissement des dents vitales, avant que le peroxyde d'hydrogène ne leur soit préféré par Harlan pour la première fois en 1891.

D'autre part, plusieurs procédés ont été proposés pour accélérer le processus d'éclaircissement, tel l'emploi du courant électrique en 1895 et l'application de rayons ultraviolets par Rossental en 1911.

En 1918, Abbot utilisa du peroxyde d'hydrogène activé par la lumière ou la chaleur. Ce procédé a été réactualisé par Torres en 1983, et par Goldstein en 1987.

En 1911, l'utilisation de peroxyde d'hydrogène concentré avec un instrument chauffant ou une source de lumière était considérée comme une méthode acceptable dans les cliniques dentaires. En outre, à la fin des années 1960, une technique d'éclaircissement à domicile a été mise au point lorsque Dr Bill Klusmier, un orthodontiste, a demandé à ses patients d'utiliser un antiseptique buccal en vente libre, le Gly-Oxide, qui contient 10 % de peroxyde de carbamide administré la nuit au moyen d'une gouttière adaptée. Le Dr Klusmier a constaté que ce traitement améliorait non seulement la santé gingivale mais blanchissait également les dents. Par la suite, Proxigel (un mélange de peroxyde de carbamide à 10%, d'eau, de glycérine et de carbopol) a été commercialisé et a remplacé Gly-Oxide pour les patients orthodontiques, en raison de sa libération lente de peroxyde de carbamide. Plus tard, l'Université de Caroline du Nord a approuvé l'efficacité clinique de Proxigel. Ensuite, Haywood et Heymann (1989) ont décrit une technique d'éclaircissement à domicile dans leur article, "Nightguard vital bleaching", et un produit d'éclaircissement à domicile "White and Brite" a été introduit. Par la suite, de nombreux autres produits et techniques d'éclaircissement ont été introduits. Les agents d'éclaircissement « en vente libre" (OTC) ont été lancés pour la première fois aux États-Unis dans les années 1990, contenant des concentrations plus faibles de peroxyde d'hydrogène ou de peroxyde de carbamide et vendus directement aux consommateurs pour un usage à domicile. Enfin, la technique actuelle d'éclaircissement en cabinet utilise généralement différentes concentrations de peroxyde d'hydrogène, entre 15 et 40 %, avec ou sans lumière et en présence d'une digue d'isolation en caoutchouc.

Aujourd'hui, nombreux sont les produits du commerce, tout comme les traitements supervisés par un chirurgien-dentiste, proposés au patient afin de résoudre une grande variété de dyschromies dentaires sans intervention restauratrice.[12, 14, 47, 48]

2 Définition de l'éclaircissement dentaire

Le blanchiment dentaire ou plutôt « éclaircissement dentaire » est une technique permettant d'éclaircir la teinte des dents à partir d'un agent d'éclaircissement capable de traverser l'émail et de pénétrer au niveau de la dentine. Cet agent est un ion oxygène pouvant être obtenu à partir de différents produits, et pouvant agir sur les liaisons des chromophores incrustés au sein de la structure minérale de l'organe dentaire. C'est une réaction chimique d'oxydo-réduction entre les pigments colorants (l'agent réducteur) et la molécule décolorante (l'agent oxydant).

L'éclaircissement dentaire est un traitement initié et suivi par des professionnels de santé : les chirurgiens-dentistes. Ce soin dentaire visant à corriger des colorations est le plus fréquemment utilisé pour des raisons esthétiques.[49]

3 Les types de l'éclaircissement dentaire

3.1 Eclaircissement des dents pulpées

Les traitements chimiques décrits ici ont pour but d'éliminer les colorants qui se situent essentiellement sous l'émail, avec pour résultat une dent plus claire. On modifie ainsi la saturation et la luminosité, mais la teinte, le degré de transparence et d'opacité restent, eux, inchangés.

L'agent éclaircissant va être mis, par voie externe, en contact prolongé avec la surface amélaire vestibulaire des dents.

Cette technique repose sur le fait que l'émail se comporte comme une membrane semi-perméable et laisse diffuser le produit actif au sein de la matrice organique émail-dentine.

Le produit utilisé est le peroxyde d'hydrogène (l'eau oxygénée) : habituellement utilisé pour son effet astringent et désinfectant en endodontie ou en parodontologie, cela fait plusieurs siècles que l'on sait qu'il est aussi capable de décolorer les pigments dentaires en dégageant de l'oxygène natif.[12]

Il peut aussi être réalisé avant et après une restauration prothétique dans le but d'harmoniser les différences de coloration entre dents naturelles et dents prothétiques.

Enfin, il peut être réalisé à la fin d'un traitement orthodontique afin d'améliorer l'impact positif du traitement.[18, 50]

3.2 Eclaircissement des dents dépulpées

C'est une technique d'éclaircissement concernant des dents dépulpées ayant subi une coloration secondaire à la suite d'une nécrose pulpaire ou d'un traitement canalaire inadapté entraînant la dégénérescence des tissus et une dégradation des pigments de l'hémoglobine.

Elle concerne bien sûr des dents dont la couronne clinique est pas, ou peu délabrée.[42, 51]

4 Mécanisme chimique d'éclaircissement

4.1 Principe

Tous les traitements chimiques d'éclaircissement, quelles que soient les techniques et les concentrations, font appel aux principes d'une réaction chimique d'oxydo-réduction entre les pigments colorants (l'agent réducteur) et la molécule décolorante (l'agent oxydant). Le produit actif va être mis en contact prolongé avec la dent, afin de diffuser dans la matrice organique émail-dentine. Sur son passage, il va oxyder les pigments colorés, permettant leur solubilisation, à l'origine de l'effet éclaircissant.

L'objectif est l'altération de la structure tridimensionnelle des longues chaînes moléculaires pigmentées et leur fragmentation en petites molécules plus claires. Ce résultat est obtenu par l'action d'un agent fortement oxydant, comme le peroxyde d'hydrogène. Ce procédé ne s'applique qu'aux pigments organiques et n'aura donc pas d'effets sur les éléments prothétiques ou les restaurations.

L'agent oxydant possède des radicaux libres avec des électrons non appariés qui vont être relargués, entraînant la réduction de cet agent oxydant. L'agent réducteur, c'est à dire la substance à éclaircir, va alors accepter ces électrons et s'oxyder, modifiant ainsi la couleur de la dent sans changer de structure.[42, 51]

4.2 Point de saturation

Au fur et à mesure que l'éclaircissement progresse, un point est atteint où seules des structures incolores hydrophiles existent, c'est le point de saturation d'un matériau.

L'éclaircissement ralentit alors considérablement, et le processus d'éclaircissement, s'il se poursuit, commence à décomposer les squelettes carbonés des protéines et d'autres matériaux contenant du carbone. Les composés avec des groupes hydroxyles (généralement incolores) sont divisés, brisant le matériau en constituants encore plus petits. La perte d'émail devient rapide, le matériau restant étant rapidement converti en dioxyde de carbone et en eau.

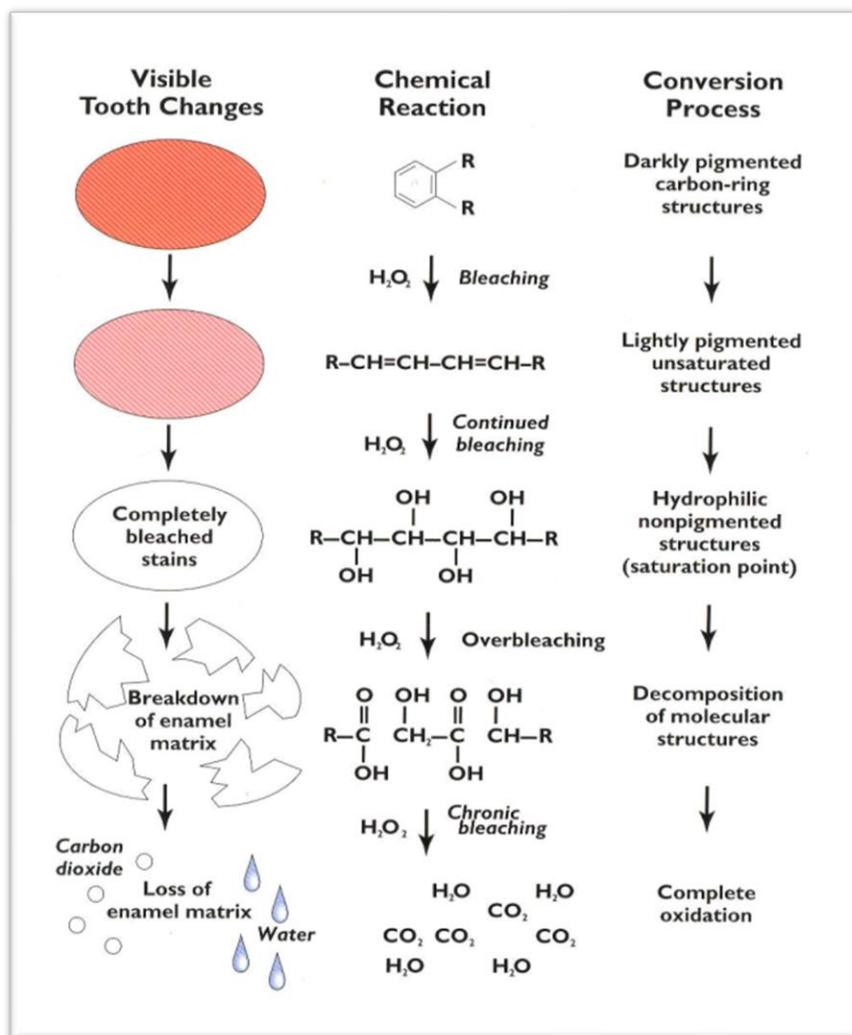


Figure 18: les processus d'oxydation les plus courants associés à l'éclaircissement des matières organiques.[51]

Au cours de l'éclaircissement proprement dit, toutes ces réactions se produisent en même temps, car la plupart des matériaux contiennent des quantités variables de composants chimiques simples et complexes. Cependant, comme certains processus se produisent plus

facilement et plus rapidement que d'autres, la vitesse de chaque réaction chimique change au fur et à mesure que le processus d'éclaircissement se poursuit.[51]

Ces réactions sont communes à toutes les protéines, y compris celles de la matrice de l'émail, le point de saturation est situé au milieu de l'illustration.[51]

5 Agents éclaircissants

5.1 Peroxyde d'Hydrogène

5.1.1 Présentation

Le peroxyde d'hydrogène se présente principalement sous forme liquide. Incolore et inodore, il doit être conservé dans des flacons en verre ambré et à l'abri de la lumière.

De formule chimique H_2O_2 , il est aussi appelé bioxyde d'hydrogène ou encore eau oxygénée.

L'éclaircissement au peroxyde nécessite le moins de temps et est le plus couramment utilisé. La force est désignée plus fréquemment en volume qu'en pourcentage de peroxyde. Ainsi, bien qu'ils soient proportionnellement liés, le peroxyde d'hydrogène à 27,5 % est appelé 100 volumes, 35 % est 130 volumes et 50 % est 200 volumes, volume indiquant le volume d'oxygène libéré par un volume du peroxyde d'hydrogène désigné.[52]

Le peroxyde d'hydrogène est un agent oxydant qui a la capacité de produire des radicaux libres, $HO_2\cdot + O\cdot$, qui sont très réactifs (HO_2 est le radical libre le plus fort). Sous forme aqueuse pure, le peroxyde d'hydrogène est faiblement acide (pour réduire la dégradation et prolonger la durée de conservation).

Deux réactions de décomposition du peroxyde d'hydrogène sont généralement admises :

- La réaction de « photodissociation », favorisée par un pH acide. Une libération d'eau et d'oxygène se produit. L' O_2 natif possède un faible pouvoir oxydant : $2H_2O_2 \rightarrow 2H_2O + O_2$

- La réaction de « dissociation anionique », favorisée par un pH basique. Des ions perhydroxyl HO_2^- à fort pouvoir oxydant sont produits : $H_2O_2 \rightarrow HO_2^- + H^+$

En présence de catalyseurs de décomposition et d'enzymes, l'ionisation du peroxyde d'hydrogène se produit comme suit :

Cela modifie la réaction de sorte qu'aucun radical libre n'est produit, rendant le peroxyde d'hydrogène inefficace comme agent d'éclaircissement. Ces enzymes, dont certaines sont présentes dans la bouche, jouent un rôle important dans la défense de l'organisme contre la toxicité de l'oxygène. Il est donc important d'avoir les dents sèches et exemptes de débris lors de l'application d'un agent d'éclaircissement.[51, 53]

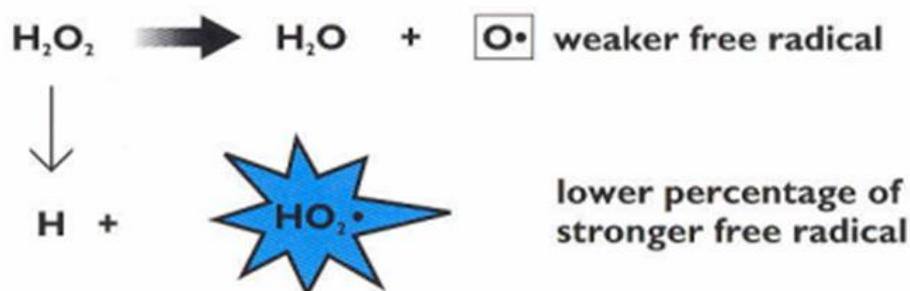


Figure 19: Ionisation du peroxyde d'hydrogène à pH acide.[51]



Figure 20: Ionisation de peroxyde d'hydrogène tamponné (pH 9,5 à 10,8).[51]

5.1.2 Mécanisme d'action

L'action du peroxyde d'hydrogène dans le processus d'éclaircissement se produit par la génération de radicaux libres qui vont diffuser à travers les tissus durs de la dent. Ce processus implique la combinaison de réactions d'oxydation telles que la libération d'oxygène et des réactions de nettoyage mécanique.

En raison du faible poids moléculaire du peroxyde d'hydrogène, celui-ci peut se diffuser dans la matrice organique de la dent, se décomposer et produire des radicaux libres.

Ces radicaux attaquent les composés organiques qui produisent des taches à la surface de la dent et génèrent des composés plus légers, qui provoquent un résultat d'éclaircissement.

Les radicaux libres sont des espèces chimiques extrêmement instables qui, pour se stabiliser, captent des électrons à partir de molécules adjacentes. Leur cible principale correspond aux sites donneurs d'électrons qui représentent les doubles liaisons conjuguées. La capture, par les radicaux libres, d'électrons localisés au niveau des doubles liaisons des chromophores va entraîner une rupture de ces liaisons et donc une modification des propriétés d'absorption de la lumière et une diminution de la couleur de ces molécules. Les radicaux libres sont des agents oxydants très puissants. Le processus d'éclaircissement est par conséquent lié à l'oxydation des composés organiques colorés localisés dans l'émail et la dentine.[18, 42, 51]

5.1.3 Produits commerciaux

➤ **Usage public[53]**

- Eau oxygénée 10 volumes Gilbert® :

C'est un antiseptique local à usage externe. Il est préconisé pour le nettoyage de la peau érodée et des petites plaies, et pour les saignements des plaies superficielles.

- Eau oxygénée 6%, 9% ou 12% Basler® :

Sert à la décoloration des poils et/ou des cheveux.

➤ **Usage dentaire[53]**

- ✓ *Eclaircissement externe des dents pulpées :*

- Day White ACP® des laboratoires DISCUS :

Peroxyde d'hydrogène à 7,5% associé à du nitrate de potassium pour un éclaircissement dentaire à domicile.

- Pola Office ® des laboratoires SDI :

Contient du peroxyde d'hydrogène à 35% pour une utilisation au fauteuil, avec ou sans lampe à photopolymériser pour accélérer le processus d'éclaircissement.

- Opalescence ® Boost des laboratoires ULTRADENT :

Traitement au fauteuil par l'utilisation de 40% de peroxyde d'hydrogène sans lampe.

✓ Eclaircissement interne des dents dépulpées :

Actuellement, il existe sur le marché des produits d'éclaircissement interne pour les dents dépulpées, contenant du peroxyde d'hydrogène en différents pourcentages. Parmi ceux-ci, nous pouvons citer

- Opalescence® Endo des laboratoires ULTRADENT :

Peroxyde d'hydrogène à 35%, pour l'éclaircissement interne des dents dépulpées.

5.1.4 Conséquences de l'éclaircissement sur les tissus dentaires et les tissus mous

❖ Effets sur l'émail :

Selon une étude de LOPES et coll. en 2002, des spécimens éclaircis durant 3h/jour pendant 2 semaines. Aucun effet néfaste sur la surface microdureté et morphologie ont été observés après un éclaircissement avec un peroxyde de carbamide à 10 % ou le gel blanchissant sans oxygène. Cependant, l'utilisation de gel de peroxyde d'hydrogène à 3 % a entraîné une diminution de microdureté de l'émail et causée certaines zones d'érosion légère sur la surface amélaire. Cet effet n'est pas uniforme et apparaît avec une intensité variable. Ils en conclurent que le peroxyde d'hydrogène entraîne une diminution de la dureté de l'émail par un phénomène de déminéralisation.[54]

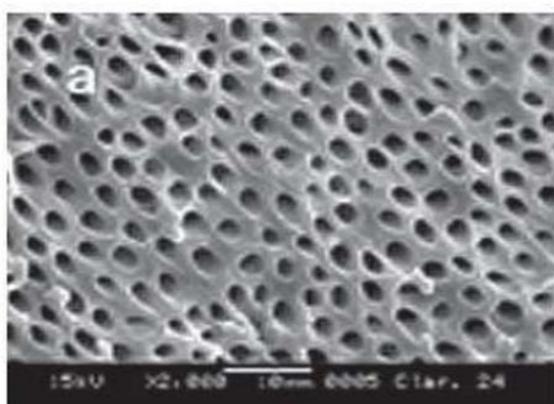
Les surfaces amélaire exposées au peroxyde d'hydrogène sont sujettes à des altérations de leur structure minérale. Cet effet est dépendant de la concentration en produit actif et de la durée d'exposition.

❖ Effets sur la dentine :

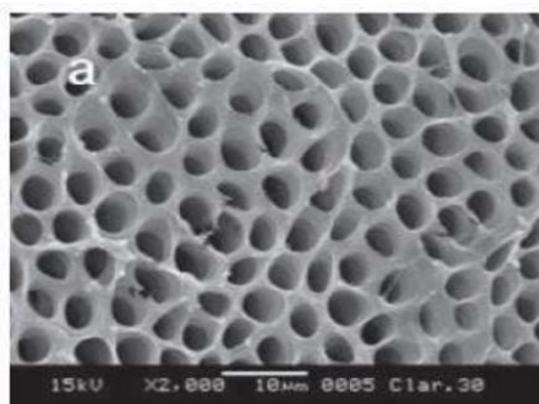
En 1994, LEWINSTEIN et coll. ont montré que l'exposition de la dentine à une solution de peroxyde d'hydrogène à 30 % entraînait une diminution de sa microdureté.[55]

En 2009, NASCIMENTO SANTOS et coll, utilisa vingt incisives mandibulaires bovines afin d'étudier les changements morphologiques de la dentine causés par des agents d'éclaircissement des dents dépulpées.

Les protocoles usuels de nettoyage de la chambre pulpaire furent entrepris afin de ne laisser aucune trace de boues dentinaires avant la mise en place de l'agent éclaircissant. Le groupe de dents contenant 30% de peroxyde d'hydrogène présente des changements morphologiques sévères de la dentine, comparé au groupe de contrôle. Une diminution de taux de calcium et de phosphores peut être responsable de ces altérations observées. De plus, le peroxyde d'hydrogène augmente la solubilité dentinaire, et cause l'oxydation des protéines de la matrice organique. Cela peut expliquer l'apparence que prend la surface dentinaire, à la manière d'un mordançage. Le peroxyde d'hydrogène a un pH bas, acide, qui contribue fortement à l'élargissement des tubules dentinaires.[56]



Groupe contrôle traité avec de l'eau



Groupe traité avec du peroxyde d'hydrogène à 30%

Figure 21: Effets sur la dentine d'une solution éclaircissante à base de 30% de peroxyde d'hydrogène utilisée en intracoronaire.[56]

❖ Effets sur les tissus mous :

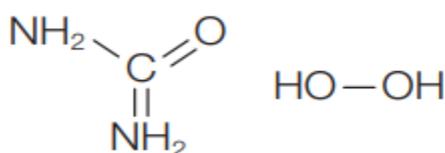
Au-dessus de 3 %, le peroxyde d'hydrogène est corrosif pour la peau et les muqueuses : un contact très bref avec la peau ne provoque généralement qu'une sensation de brûlure et un éclaircissement temporaire de la peau. Cependant, si le temps de contact est trop long, des cloques peuvent apparaître, notamment lorsqu'il s'agit de solutions dont la concentration est supérieure à 35 % Il doit donc être manipulé avec une extrême prudence (port de gants obligatoire).[57]

Lorsqu'il est utilisé en intracoronaire, il provoque une augmentation du diamètre des tubules dentinaires, comme indiqué ci-dessus. Il se propage le plus et peut donc interagir avec les tissus environnants : dans certaines études, il est même présent à l'extérieur, au niveau superficiel des racines des dents désactivées. Les radicaux hydroxyles sont très toxiques pour les fibroblastes (cellules très présentes dans le ligament parodontal). Ils détruisent le collagène et l'acide hyaluronique. De tous les agents blanchissants, il présente le plus grand risque d'absorption externe.[53]

5.2 Peroxyde de Carbamide

5.2.1 Présentation

La formule empirique du peroxyde de carbamide est $\text{CO}(\text{NH}_2)_2\text{H}_2\text{O}_2$. La formule structurelle est :



Le poids moléculaire du peroxyde de carbamide est 94,1.

Aussi appelé peroxyde d'urée, il se compose d'une molécule de peroxyde d'hydrogène couplée à une molécule d'urée, La solution de peroxyde de carbamide à 10 % est équivalente au peroxyde d'hydrogène à 3,5 % et contient 6,5 % d'urée.

Le peroxyde de carbamide est un composé stable qui libère lentement un tiers de son volume sous forme de peroxyde d'hydrogène. En d'autres termes, un gel de peroxyde de carbamide à 10

% libérera lentement environ 3,5 % de peroxyde d'hydrogène en 3 à 4 heures, tandis qu'un gel de peroxyde de carbamide à 21 % libérera environ 7 % de peroxyde d'hydrogène.[42, 51, 58]

5.2.2 Mécanisme d'action

L'éclaircissement avec le peroxyde de carbamide est plus doux, sans danger et dure plus longtemps, mais il nécessite plus de temps pour être efficace parce que la libération du peroxyde d'hydrogène est plus lente. L'urée se désagrège en dioxyde de carbone et en ammoniac, qui élève le pH, facilitant l'éclaircissement par augmentation du temps de libération du peroxyde d'hydrogène et permettant une meilleure pénétration dans la structure dentaire.

Les produits à base de peroxyde de carbamide contiennent soit une base de carbopol, soit une base de glycérine. La base de carbopol ralentit la libération de peroxyde d'hydrogène mais cela ne change pas l'efficacité du traitement d'éclaircissement. "Les préparations d'éclaircissement au peroxyde de carbamide ont un pH légèrement acide pour prolonger la durée de conservation. Une formation accrue de radicaux perhydroxyles plus actifs (HO) est obtenue en tamponnant la solution contenant du peroxyde d'hydrogène. la solution contenant du peroxyde d'hydrogène.

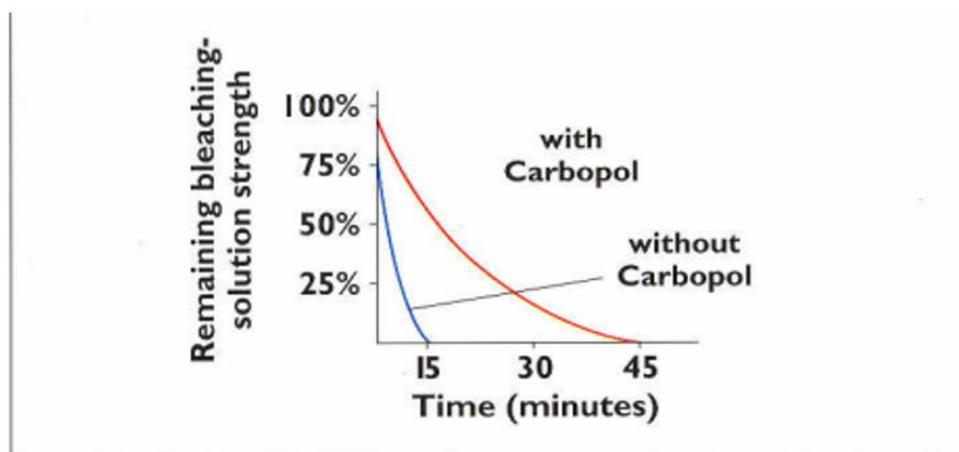


Figure 22: Augmentation de la longueur de la force de la solution d'éclaircissement pour les préparations d'éclaircissement au peroxyde de carbamide avec carbopol par rapport à celles sans carbopol.[51]

Pendant l'éclaircissement, les molécules de peroxyde d'hydrogène pénètrent l'émail inter-prismatique pour cheminer vers la dentine et éventuellement atteindre la pulpe dentaire. Les

radicaux libres disposent d'électrons non appariés qui, en attaquant ou réagissant rapidement avec la plupart des molécules organiques, génèrent d'autres radicaux libres. Ceux-ci réagissent avec d'autres liaisons insaturées, provoquant ainsi la rupture de la configuration des électrons de ces molécules.

C'est le peroxyde d'hydrogène qui est donc le principe actif de cet agent éclaircissant. L'addition d'une molécule d'urée permet une meilleure stabilisation du peroxyde d'hydrogène pur, et une plus lente dissolution dans le temps. Le peroxyde d'hydrogène relargue une molécule d'oxygène dans ses 1ères secondes de contact avec les surfaces dentaires, alors que le peroxyde de carbamide reste actif pendant encore 40 à 90 minutes après le contact tissulaire.[42, 51, 58-60]

5.2.3 Produits commerciaux

Eclaircissement externe des dents pulpées

- VivaStyle® des laboratoires IVOCLAR VIVADENT :

Traitement en ambulatoire à 10% et 16% de peroxyde de carbamide, au fauteuil avec 35% de peroxyde de carbamide.

- Opalescence® Quick PF 45% des laboratoires ULTRADENT :

Traitement surveillé en salle d'attente avec du peroxyde de carbamide à 45%.

Eclaircissement interne des dents dépulpées

- Atogel® Kit des laboratoires ZIZINE :

Se présente sous forme d'un pot de poudre de 5g de peroxyde d'hydrogène – urée, et d'un flacon liquide de 5mL de glycérine ; pour l'éclaircissement interne des dents dépulpées exclusivement.[53]

5.2.4 Conséquences sur les tissus dentaires et sur les tissus mous

❖ Effets sur l'émail :

WORSCHECH et coll en 2006 ont cherché à déterminer si l'utilisation de dentifrices abrasifs lors d'un traitement ambulatoire d'éclaircissement des dents à l'aide de peroxyde de carbamide à 10% avait une influence sur la rugosité de l'émail. Ils ont démontré que le peroxyde de carbamide à 10 % seul n'avait aucun effet sur la rugosité de l'émail, mais que combiné à un

brossage par un dentifrice abrasif fluoré ou non le nombre d'aspérités de l'émail augmentait. Cette étude confirma celle réalisée 3 ans plus tôt par la même équipe, avec l'utilisation cette fois-ci de peroxyde de carbamide à 35%. [61]

Afin de prévenir cette possible érosion amélaire, ils recommandent au patient l'utilisation de bains de bouche fluorés et de dentifrices fluorés non abrasifs lorsqu'il entreprend un traitement d'éclaircissement externe au peroxyde de carbamide. [61]

GIANNINI et coll. en 2006 évaluèrent les effets des agents éclaircissants à base de peroxyde de carbamide à 10% contenant des ions calcium ou fluorures sur la microdureté de l'émail. Ils en conclurent que le groupe testé avec seulement du peroxyde de carbamide à 10% avait une moindre résistance à la fracture que les groupes contenant du peroxyde de carbamide à 10% associé à du calcium ou du fluor. La présence de ces molécules empêche la perte minérale habituellement engendrée par l'éclaircissement ; elles favorisent la reminéralisation. [62]

❖ Effets sur la dentine :

En 2003, CARRASCO et al ont réalisé une étude in vitro sur vingt-quatre incisives centrales maxillaires afin d'évaluer l'effet des agents d'éclaircissement interne sur la perméabilité dentinaire des dents non vitales

L'action d'éclaircissement est attribuée à l'oxyréduction-réaction entre l'agent d'éclaircissement et le substrat noirci. Cette réaction modifie la molécule colorée et altère certaines de ses caractéristiques, dont la couleur.

Cependant, le succès de la thérapie d'éclaircissement est directement lié à la capacité de la substance blanchissante à pénétrer profondément dans les tubules dentinaires et à atteindre les molécules décolorées. Il s'agit d'une propriété importante d'un agent d'éclaircissement dans sa capacité à affecter la perméabilité dentinaire

Dans l'enquête rapportée, la pénétration des ions cuivre dans les tubules dentinaires a clairement indiqué que la perméabilité de la dentine était altérée lorsque la structure de la dent était soumise à l'action d'agents d'éclaircissement.

Il a été remarqué que toutes les substances testées produisaient une augmentation de la perméabilité dentinaire par rapport au groupe témoin non blanchi. La meilleure performance dans l'augmentation de la perméabilité de la dentine a été fournie par le peroxyde de carbamide

%37, suivi par la pâte de perborate de sodium/20 % de peroxyde d'hydrogène. Le gel de peroxyde de carbamide à 27 % présentait les valeurs les plus basses et n'était pas statistiquement différent du groupe témoin[63]

❖ Effets sur les tissus mous :

En 1995, TIPTON et al, Examiné dans une étude les effets des agents éclaircissants, en particulier du peroxyde de carbamide, sur les cellules fibroblastiques de la gencive.

Certaines questions existent sur les conséquences pathologiques possibles d'une exposition à long terme aux agents d'éclaircissement. Il peut donc se produire des irritations et des ulcérations des gencives ou des différents tissus mous buccaux. Les résultats ont confirmé que, in vitro, le peroxyde d'hydrogène produit par le peroxyde de carbamide est toxique pour les fibroblastes gingivaux, en inhibant certaines de leurs caractéristiques cellulaires telles que la formation de collagène et de fibronectine, très vitales pour la santé parodontale.[42, 64]

5.3 Le perborate de sodium

5.3.1 Présentation

Le perborate de sodium est une poudre blanche, fine, antiseptique, chimiquement stable à l'état sec. Mis en solution dans l'eau, il se décompose lentement en métaborate de sodium (NaBO_2), eau oxygénée et oxygène naissant

Utilisé seul, c'est un agent d'éclaircissement acceptable et parfaitement inoffensif ; cependant, pour augmenter la quantité d'oxygène naissant libéré, certains auteurs préconisent de l'associer à d'autres produits.[65]

Sa formule chimique est BO_3Na . Son pH, alcalin, est de 9,9 : c'est la solution éclaircissante qui a pH le plus élevé initialement.

5.3.2 Mécanisme d'action

En présence d'eau, il réagit pour aboutir à la production d'un composé de métaborate de sodium et de peroxyde d'hydrogène. Ce peroxyde d'hydrogène initie un lent processus d'oxydation des colorations internes. La libération progressive de ses constituants lui donne une action prolongée dans le temps, favorable aux techniques ambulatoires, pour oxyder l'ensemble des pigments et obtenir un bon éclaircissement des dents dépulpées. Des mélanges avec du

peroxyde d'hydrogène ou du peroxyde de carbamide ont été créés, permettant de potentialiser les effets éclaircissants. Toutefois, tous les auteurs ont noté une augmentation des risques de résorptions cervicales, augmentant avec des concentrations croissantes de peroxyde d'hydrogène ou de carbamide.[52]

5.3.3 Produits commerciaux

Le perborate de sodium se trouve pur en pharmacie, avec des conditionnements plus ou moins adaptés à notre profession (du flacon de 500g au sachet de 1 ou plusieurs kilogrammes).[53]

5.3.4 Conséquences sur les tissus dentaires et sur les tissus mous

❖ Effets sur la dentine :

Employé exclusivement en intracronaire, seule la dentine pourra subir des modifications suite à son utilisation.

L'étude de CARRASCO et coll. de 2003 montra que l'association de perborate de sodium avec 20% de peroxyde d'hydrogène (dans les techniques d'éclaircissement interne des dents dépulpées) entraîne une légère modification de la perméabilité dentinaire.[63]

NASCIMENTO SANTOS et coll, en 2009. Montré que l'association de perborate de sodium avec de l'eau distillée n'engendre aucunes modifications morphologiques ou chimiques de la dentine. Sa solubilité et sa composition chimique demeurent inchangées. Seule une infime diminution de ses propriétés biomécaniques est à noter. Ceci peut s'expliquer par la mince libération de peroxyde d'hydrogène résultant de sa réaction d'oxydation. En revanche, lorsqu'il est associé à de l'eau oxygénée, des changements de la surface dentinaire apparaissent, résultant de l'augmentation de la concentration en peroxyde d'hydrogène. L'association de perborate de sodium avec de l'eau oxygénée engendrant une alcalinisation du pH de ce dernier, il est normal de constater que les transformations observées sont moins sévères que celles trouvées sur les spécimens traités uniquement avec du peroxyde d'hydrogène. L'utilisation de perborate de sodium associé à de l'eau distillée est la technique la plus sûre afin d'éclaircir les dents dévitalisées. Aucune altération significative des tissus durs n'a été prouvée en sa présence.[56]

❖ Effets sur les tissus mous :

Presque aucun dommage aux tissus mous n'a été testé en sa présence.

En 2001, KINOMOTO et coll. Dans une étude in vitro évalué les effets de perborate de sodium sur des cellules du ligament parodontal.

Parmi les trois agents éclaircissants utilisés, ils ont démontré que l'association de perborate de sodium avec du peroxyde d'hydrogène était plus toxique que le peroxyde d'hydrogène à 30% utilisé seul. La solution ayant le moins d'effets sur les cellules fibroblastiques est le perborate de sodium seul (mais une légère action cytotoxique fut toutefois démontrée).

Cependant, toutes les irritations et blessures que ces produits peuvent causer aux tissus mous sont réversibles : elles disparaissent progressivement après l'arrêt de la thérapie (sauf celles induites au ligament parodontal).[66]

La pose d'une digue en caoutchouc ou photo-polymérisable offre une sécurité souhaitable pour les gencives, et le port de gants et de lunettes de protection est indispensable pour le personnel soignant.

6 Techniques d'éclaircissement des dents dépulpées

6.1 Examen clinique initial du patient

6.1.1 L'anamnèse

Constitue la première étape de tout examen. Le praticien doit recueillir toutes les informations sur l'historique médical et dentaire du patient. Il peut s'aider pour cela d'un questionnaire médical, regroupant un large éventail de pathologies diverses, qui sera présenté à tout nouveau patient.

De plus, dans ce cas de dentisterie esthétique particulier, des questions sur l'histoire de la dent dyschromie seront posées au patient.[51]

- Etape 1 : examen visuel

Un examen visuel approfondi indiquer généralement la cause de la coloration dentaire ainsi que l'étendue et la profondeur de la décoloration ;

- Etape 2 : Antécédents comportementaux

Interrogez votre patient sur sa consommation passée et actuelle de tabac, de café ou de thé, de boissons et d'aliments très colorés. Si vous remarquez des microfissures ou d'autres problèmes

structurels, renseignez-vous également sur les habitudes telles que manger de la glace ou mâcher des objets comme des crayons ou des lunettes ;

- Etape 3 : Antécédents médicaux

Concentrez-vous sur les problèmes systémiques ou les médicaments qui pourraient avoir affecter la coloration des dents. Étant donné que bon nombre de ces problèmes commencent pendant les périodes critiques du développement dentaire, ces antécédents doivent être étudiés tout au long de la période prénatale. Utilisez le court questionnaire suivant comme guide. Commencez par informer le patient que ces questions sont posées à tous les patients afin d'obtenir des informations sur les causes possibles de toute décoloration. Expliquez que les questions sur l'endroit où ils ont vécu se rapportent aux différents niveaux de fluoruration de l'eau dans différentes régions.

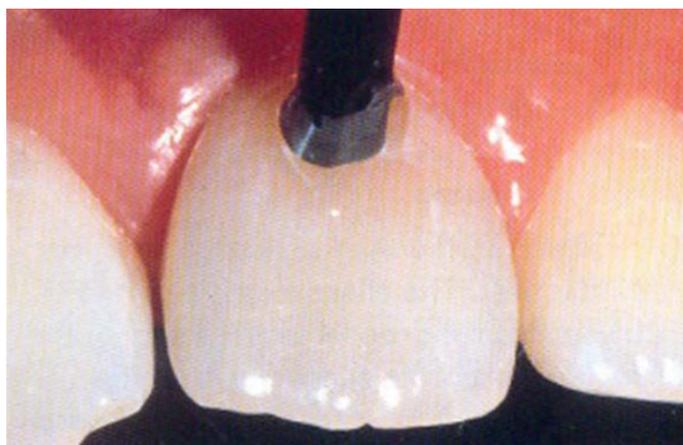


Figure 23: Détermination de la vitalité pulpaire.[51]

Questionnaire sur les antécédents médicaux[51]

- a. Pour autant que vous le sachiez, votre mère a-t-elle jamais été suffisamment malade pour prendre des médicaments pendant sa grossesse avec vous ? Si oui, quels médicaments ?
- b. Y avait-il une incompatibilité Rh à votre naissance ? Avez-vous eu une jaunisse sévère en tant que nourrisson ? Y a-t-il eu une période de privation nutritionnelle dans votre enfance ?
- c. Vous a-t-on déjà dit que vous étiez atteint de l'une des maladies suivantes ?
 - ✓ Des maladies génétiques (maladies avec lesquelles vous êtes né) ?

- ✓ Une infirmité motrice cérébrale ?
- ✓ Des lésions rénales graves ?
- ✓ Des allergies graves ?
- d. Avez-vous déjà eu un traumatisme crânien ou neurologique dans votre enfance ou adolescence ?
- e. Au cours de votre enfance ou de votre adolescence, avez-vous déjà pris des antibiotiques pour la fibrose kystique, la fièvre boutonneuse des montagnes Rocheuses, l'acné ou pour toute autre période prolongée qui vous vient à l'esprit ?
- f. Dans quelles régions du pays avez-vous vécu ? Vous souvenez-vous si le niveau de fluorure était réputé élevé là où vous avez grandi ?

6.1.2 Examen endobuccal

6.1.2.1 Les tissus mous

L'examen clinique endobuccal porter tout d'abord attention aux tissus mous environnants de la dent. Il est nécessaire de vérifier leur bonne santé, l'absence d'inflammation ou de saignements spontanés de la gencive par exemple. Ils sont le bon reflet de l'hygiène orale globale du patient.

6.1.2.2 Les tissus durs

Ensuite, afin de mieux connaître l'émail concerné, il est préférable de le nettoyer au préalable, à l'aide d'un détartréur par exemple, ou d'une brosse à polir, pour éliminer d'éventuelles taches extrinsèques colorant la dent. Ainsi, il sera moins difficile de déterminer l'étiologie de la dyschromie.

Il faut vérifier que la dent n'a aucun symptôme quelconque : les caries présentes devront être nettoyées avant de commencer le traitement, et restaurées définitivement à la fin de ce dernier afin que la couleur choisie corresponde le mieux à la nouvelle couleur de la dent.

Il est aussi nécessaire de rechercher d'éventuelles restaurations. Ces dernières doivent être contrôlées minutieusement. Il faut déterminer :

- i. Leur nature : si elles sont en amalgame (matériau de restauration très souvent responsable de colorations dentaires) ou en composite ;

- ii. Leur étanchéité : s'il existe un défaut d'étanchéité permettant la pénétration de micro-organismes, et donc d'éventuelle reprise carieuse ou non ;
- iii. Leur étendue : s'il reste assez de tissu dentaire coronaire pouvant être éclairci ou non.

Toutes les restaurations à l'amalgame devront être retirées avant de procéder à un traitement d'éclaircissement. Les restaurations défectueuses doivent être remplacées, soit par un matériau d'obturation temporaire pendant la période de l'éclaircissement, soit définitivement à l'arrêt de la cure par un nouveau composite adapté à la nouvelle couleur des dents et en respectant les protocoles de collage et de polissage pour conserver à l'abri de toute perte d'étanchéité.[67]

Enfin, l'occlusion est à vérifier afin de détecter tout traumatisme dû à une interférence lors de la mastication.

6.1.3 Examen radiologique

Cet examen est indispensable avant d'entreprendre tout traitement visant à éclaircir des dents dépulpées. Elle permet de confirmer nos observations scientifiques et de préciser le diagnostic.

Il permet de vérifier, dans un premier temps au niveau coronal, l'absence des lésions carieuses, mais aussi de vérifier les restaurations composites et leur état.

Deuxièmement, au niveau de la racine, l'intégrité de la racine peut être découverte, si la racine est exempte de fractures, de déformations, de lésions apicales, de résorption interne ou externe ou de toute autre pathologie pouvant également affecter la racine.

Enfin, il est indispensable d'étudier la qualité de l'obturation radiculaire. Cette dernière doit être dense et atteindre l'apex sans dépassement. Un traitement radiculaire bien exécuté empêche le passage des micro-organismes de la couronne à l'apex mais empêche également les produits d'éclaircissements d'atteindre les tissus périapicals, où ils peuvent causer des dommages.[51]



Figure 24: Traitement radiculaire dense.[51]

Si le traitement endodontique n'est plus satisfaisant, il est préférable de le refaire. Il faudra alors attendre 7 jours avant de commencer les étapes d'éclaircissement.[67]

6.2 Indications et Contre-indications

6.2.1 Indications

Certaines normes sont favorables pour être en mesure de traiter la dent colorée selon les techniques d'éclaircissement interne :[52]

- La notion d'une coloration apparue suite à une perte de vitalité pulpaire qui peut être due :
 - À un traumatisme entraînant une hémorragie intrapulpaire ;
 - Une nécrose ;
 - À l'emploi de médicaments intracanaux ;
 - À l'utilisation de certains produits d'obturation canalaire.

- L'impossibilité de traiter cette coloration par un éclaircissement extra coronaire ;
- La constatation d'un traitement endodontique dense, sans lésion apicale ou parodontale,
- L'âge du patient : plus le patient est jeune, plus ses tubulis dentinaires sont ouverts et meilleure sera la pénétration de l'agent oxydant afin d'éclaircir la dent ;
- La motivation du patient.

Lorsque la carie est trop importante, il est préférable de recouvrir l'émail d'une prothèse (facette ou couronne). Afin d'obtenir un projet esthétique global, un éclaircissement des dents pilées dentaire peut éventuellement être envisagé. En effet, la dentine a tendance à noircir au cours d'une dévitalisation. Elle peut alors dans certains cas apparaître par transparence sous une gencive fine, ou empêcher une transmission précise des résidences lumineuses qui peuvent permettre une superposition prothétique via une couronne céramo-céramique. Une reconstruction définitive du pilier doit être réalisée à l'aide d'un ciment verre ionomère ou d'une résine composite.[52]

6.2.2 Contre-indications

Contre-indications relatives :

D'autres cas sont limites, mais peuvent tout de même être traités en prenant de nombreuses précautions et en ayant informé le patient des risques de complications éventuelles, de récurrences ou d'échec du traitement.[68]

- Dyschromie d'origine inorganique, suite à une obturation canalaire à l'utilisation de certaines pâtes contenant des sels d'argent, ou suite à des obturations coronaires à l'amalgame notamment
- Les reconstitutions coronaires étendues, conséquentes de grande perte de dentine ;
- Le patient est trop exigeant.

Contre-indications absolues :

Un traitement éclaircissant ne doit pas être entrepris :[51, 69]

- Sur des dents temporaires ;
- Sur des dents permanentes des enfants ayant un apex non fermé, ainsi que sur les adolescents de moins de 18 ans (plan légal) ;
- Pendant un traitement orthodontique ;
- Sur des dents présentant une maladie parodontale, ou ayant subies un traitement parodontal avec un surfaçage ;
- Sur des dents ayant subies un traumatisme, choc violent ;
- Sur des dents montrant une pathologie apicale, des phénomènes de résorptions radiculaires internes ou externes ;[69]
- Sur des dents dévoilant une anomalie de l'émail, hypoplasie, anomalie de structure ;

- Sur des dents ayant une racine fêlée ;
- Grossesse et allaitement. Bien qu'aucune étude n'ait examiné les risques possibles pour les femmes enceintes ou les nourrissons, la plupart des dentistes suggèrent aux femmes dans ces situations d'attendre quelques mois avant d'entreprendre un traitement sélectif avec des produits chimiques forts ;
- Allergie au peroxyde, Si le patient a une sensibilité ou une allergie connue aux principes actifs contenus dans l'agent éclaircissant utilisé. Une digue en caoutchouc soigneusement appliquée peut aider à prévenir les réactions.[51]

6.3 Etapes communes aux différents protocoles cliniques d'éclaircissement des dents dépulpées

6.3.1 Conditions cliniques et Information du patient

Avant de commencer la procédure d'éclaircissement, un diagnostic doit être établi après une évaluation approfondie de l'étiologie et de l'origine de la tâche. Le patient doit être informé sur les antécédents, les procédures impliquées dans le traitement, le résultat attendu de la procédure, et le potentiel d'éclaircissement.

Des photographies cliniques doivent être prises au début, tout au long et à la fin du traitement avec la dent à côté d'un nuancier pour servir de référence au praticien et au patient.[38]

6.3.2 Préparation de la dent à traiter

A. La cavité d'accès et la partie coronaire :

- L'état endodontique de la dent doit être évalué cliniquement et radiographiquement. En cas de symptômes, la présence d'une pathologie périapicale, ou d'une obturation canalaire inadéquate, le retraitement canalaire est conseillé, sauf si la parodontite apicale est sur une dent ayant des antécédents de traitement radiculaire récent et bien exécuté ou est vérifiablement en cours de guérison.[38]
- Le traitement des lésions carieuses est suivi par la mise en place des obturations temporaire que l'on changera en obturation définitive à la fin du traitement d'éclaircissement en obturation définitive. [53]

- La qualité et la teinte des restaurations coronales existantes doivent être vérifiées et remplacées si elles sont défectueuses. Dans certaines situations, la décoloration peut être due à une fuite de matériaux de restauration ou d'obturation décolorés. Le remplacement d'une restauration défectueuse et le nettoyage de la chambre d'accès peuvent résoudre la décoloration.[38]
- L'ouverture de la cavité d'accès est réalisée à l'aide d'un instrument rotative à grande vitesse. Elle doit être formée sans zone de rétention ou surplomb (attention particulière au niveau des cornes pulpaire). Tous les restes de matériaux de restauration, d'obturation canalaire, de tissus nécrotiques devront être éliminés. Tous les matériaux de restauration résiduels, de l'obturation du canalaire et les tissus nécrotiques doivent être retirés.[53]
- La dentine saine colorée doit être conservée, au risque d'affaiblir la masse organo-minérale.[53]
- On peut réaliser une préparation périphérique, à l'aide d'une fraise boule, pour assurer une rétention plus élevée du matériau d'obturation temporaire.[53]

B. Isolation de la dent – champ-opérateur :

1. La protection des tissus mous est obligatoire à cause de la toxicité et l'irritation des agents utilisés ; L'isolation des digues en caoutchouc est de règle. Il est important de sceller la marge gingivale pour empêcher les fuites d'agents d'éclaircissement dans les tissus mous environnants. Selon qu'une seule dent ou plusieurs dents sont isolées, cela peut impliquer le placement de pinces, de coins, de ligatures, de fil dentaire ou de matériau de blocage à polymérisation légère. L'anesthésie locale ou topique peut être appliquée si le patient est sensible à l'inconfort exercé pendant les procédures d'isolement.[38]
2. Pour l'utilisation de la digue, il existe :
 - La digue photopolymérisable : elle est à poser sur une gencive préalablement séchée. Sa mise en place est très aisée, à l'aide d'une seringue. C'est un silicone fluide photopolymérisable. Les joues et les lèvres doivent être écartées par un écarteur automatique.[53]



Figure 25: Digue photopolymérisable.[70]

- La digue classique en caoutchouc : Son placement est long et délicat, et pourrait également conduire à des saignements indésirables ce risque étant augmenté en cas d'inflammation de la gencive.[53]



Figure 26: La digue classique en caoutchouc et lunettes de protection.[51]

Le praticien et l'assistant doivent également se protéger en portant des gants, des masques et des lunettes. Lorsque l'utilisation d'activateur thermique ou lumineux, lunettes de protection teintées en orange est indispensable pour le praticien et son groupe de travailleurs et pour le patient aussi.[53]

C. L'isolation de l'obturation canalaire :

✚ Dégagement de l'entrée canalaire

D'abord, le dégagement de l'entrée canalaire de 2 à 3 mm en dessous de la jonction amélo-cémentaire (JEC), par une forêt de Gates par exemple à vitesse lente, ou par un instrument chauffé pour éliminer la gutta-percha, on contrôle avec sonde millimétrée.

Le dégagement de l'entrée canalaire permet de vérifier la qualité de l'obturation, et assurer l'espace nécessaire pour le matériau isolant, il permet aussi d'exposer les tubulis dentinaire au niveau de la région cervicale.

Si la dent à éclaircir à une récession gingivale, avec la dentine radulaire exposée, il est possible de réaliser une cavité plus profonde, sans être en dessous de l'attache épithéliale.[53]



Figure 27: Dégagement de l'entrée canalaire.[70]

✚ Mise en place du bouchon isolant (barrière isolante)

La mise en place du matériau d'isolation permet la diffusion des produits d'éclaircissement en direction apicale et au parodonte à travers les tubulis dentaires et donc la protection des risques d'apparition de résorption cervicale et l'endommagement du ligament parodontal.[38]

➤ Matériaux utilisés[38, 53]

- Ciments verre – ionomère (CVI) ;
- IRM ;
- Cavit et Coltosol ;
- Les résines composites ;
- Les résines temporaires photoactivées telles que :
 - Fermit ;
 - Les ciments à l'oxyde de zinc et à l'eugénol ;
 - Les ciments polycarboxylates ;
 - Les ciments au phosphate de zinc.
- MTA® (Minera Trioxyde Aggregate).

Cavit et IRM offrent une meilleure étanchéité que le ciment au phosphate de zinc, et Cavit offre une meilleure barrière contre les fuites que l'IRM.[38]

Oliveira et al. Une étude a été menée en 2003 pour évaluer l'efficacité de placer des matériaux isolants au-dessus de l'obturation canalaire par gutta percha pour tester les fuites des produits d'éclaircissement. Ils ont fait des études sur les CVI et les CVIMAR, les deux matériaux présentes une excellente étanchéité, mais il n'y avait pas de différence significative entre eux.[71]

VOSOUGHHOSSEINI et coll. en 2011 ont fait une étude sur l'efficacité du MTA®. Ce produit présente un pH alcalin et il contient de l'hydroxyde de calcium, il présente une très bonne étanchéité par sa très bonne adaptation marginale. À la fin de cette étude, ils ont conclu qu'il n'y a aucune différence significative de perte d'étanchéité entre le CVI et le MTA®. Pour ce dernier, il existe différents types de MTA®, dont un présentant une couleur blanche. L'avantage de ce choix c'est que lors de sa mise en place, si un retraitement canalaire est à envisager par la suite (sa couleur blanche permettant une meilleure visualisation). En plus son pH alcalin et le fait qu'il relargue de l'hydroxyde de calcium en présence d'humidité pourrait hypothétiquement permettre une meilleure protection de la racine, afin d'éviter les résorptions cervicales.[72]

A la fin du traitement d'éclaircissement les matériaux comme le CVI et le MTA peuvent rester en place et passer à l'obturation définitive, mais pour les matériaux provisoires tel que l'IRM ou le cavit ils doivent être enlevés.[53]

Cliniquement, Cavit est également facilement amovible à l'aide d'instruments à ultrasons et de chlorhexidine, minimisant ainsi la perte de structure dentaire.[38]

Les matériaux qui présentent une adhésion spontanée à la dentine sont préférés. Quel que soit le matériau utilisé, la pénétration de l'agent éclaircissant dans la racine ou les tubulis dentinaires ne peut être complètement évitée. Ils permettent de réduire significativement leur infiltration et donc de mieux prévenir le risque de résorption cervicale externe.[53]

➤ **Protocole de mise en place du bouchon isolant**

Selon les matériaux utilisés, il est nécessaire de respecter le protocole d'utilisation indiqué par le fabricant (nécessité de l'adhésif, le temps de prise, etc.). Une épaisseur du matériau isolant d'au moins 2 mm est placée, il aura une forme concave. Pour sa mise en place, il est préférable

d'utiliser un système d'injection de produit à embout fin (comme un embout Centrix®) afin qu'il ne repose pas sur la paroi de la cavité et isoler par inadvertance les tubules dentinaires.

La localisation de cette barrière doit être déterminée en fonction du niveau de l'attache épithéliale en, vestibulaire, palatin ou lingual et en proximal. Au niveau proximal des incisives, la jonction émail-cément se courbe en direction du bord libre. Si on nivèle l'obturation avec la gencive vestibulaire, cela entraîne un grand nombre de tubuli dentinaire proximaux non protégés, formant un triangle. Cette barrière doit donc être plus coronaire en proximal qu'en vestibulaire.

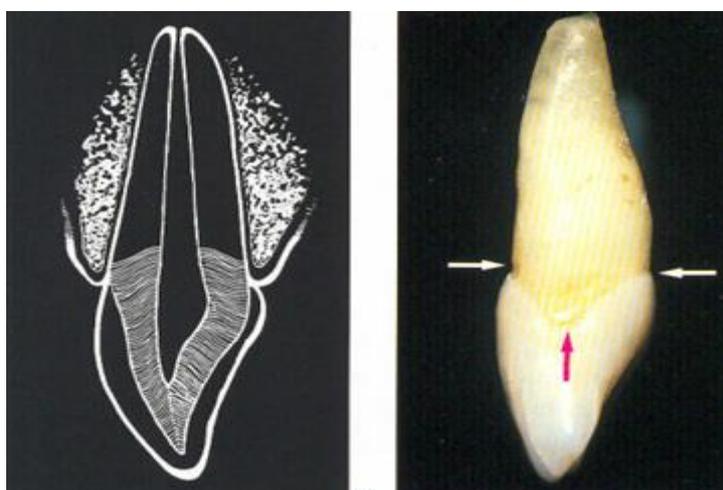


Figure 28: Anatomie cervicale interne et externe.[40]

Notez le niveau proximal des courbes CEJ vers le bord libre. Une barrière plane, au niveau du CEJ labial, laisse un large triangle de tubules dentinaires non protégés. Les points du triangle sont identifiés par les trois flèches.

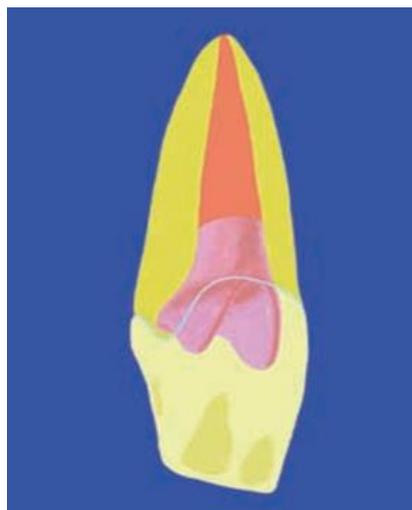


Figure 29: Illustration schématique de la barrière protectrice intracoronaire d'éclaircissement. La forme de la barrière correspond au contour de l'attache épithéliale externe. [40]

Dans le cas où la région cervicale est fortement décolorée, on peut diminuer minutieusement la hauteur de cette barrière en vestibulaire. L'utilisation des agents éclaircissants ne contenant pas de peroxyde d'hydrogène est préconisée, car les tubulis dentinaires dans cette région cervicale présentent leur plus gros diamètre, et par conséquent une augmentation du risque de passage des agents éclaircissants pouvant engendrer des complications.[53]

D. Nettoyage interne de la cavité camérale

En 2003, ATTIN et coll conseillent de ne pas enlever les boues dentinaires avec l'EDTA, ou l'utilisation de l'acide phosphorique sur les parois de la cavité.[73]

Et en 2009, CAVALLI et coll ont conclu que l'enlèvement de la smear layer peut conduire à une augmentation indésirable de la perméabilité dentinaire, et par conséquent la diffusion des agents éclaircissants dans le parodonte.[74]

En 2002 CHNG et coll ont fait une étude qui montre une nette différence de la dureté de l'email interne après utilisation de l'EDTA dans la cavité. Deux ans après ils ont fait une autre étude qui en revanche ne montre aucune différence de dureté dentinaire externe ou interne lorsque la smear layer n'est pas nettoyée.[75]

EN 2007, DAHL & PALLESEN et aussi l'étude de LOUIS & BONNET en 2005 recommandent l'utilisation de l'acide orthophosphorique de 10 ou 15 secondes pour le nettoyage, et puis un rinçage soigneux et d'un séchage à la soufflette pour une déshydratation

des tubulis. L'application de l'acide orthophosphorique augmenterait la perméabilité dentinaire et aussi l'efficacité du traitement d'éclaircissement (mais toutes les études ne s'accordent pas à ce sujet).[39, 76]

En 2004, CARRASCO et coll, ont fait des études sur les effets d'une activation ultrasonique sur différents irrigants. Cette activation donne d'excellents résultats pour éliminer la smear layer, mais augmente la perméabilité dentinaire. Ils conseillent d'utiliser dans ce cas des agents éclaircissants les moins toxiques et les moins agressifs possibles.[77]

Dans ce cas, les bords de cette cavité pourront eux être mordancés avec de l'acide orthophosphorique à 37%, pour augmenter l'étanchéité de l'obturation temporaire.

Il est recommandé de nettoyer la cavité avec de l'hypochlorite de sodium à 2,5%, puis de l'alcool, suivi d'un séchage avec de l'air, pour diminuer au maximum les risques de résorptions cervicales externes par diffusion des produits éclaircissants.[53]

6.4 Technique ambulatoire

6.4.1 La Technique Walking Bleach (WB)

La technique walking bleach a été décrite dès le début comme laissant un mélange de perborate de sodium et d'eau distillée dans la chambre pulpaire pendant plusieurs jours, avec la cavité d'accès scellée avec une restauration temporaire Plus tard, l'utilisation de 30 % de peroxyde d'hydrogène au lieu de l'eau a été suggérée pour fournir une meilleure efficacité d'éclaircissement. Le mélange de perborate de sodium avec de l'eau ou, alternativement, la solution anesthésique reste la technique la plus couramment utilisée pour l'éclaircissement interne des dents non vitales. La mise en valeur du mélange avec 30 % de peroxyde d'hydrogène est moins utilisée en raison des préoccupations liées à la résorption cervicale des racines, mais demeure une option pour les taches résistantes à l'éclaircissement qui nécessitent des composés chimiques plus forts pour obtenir de bons résultats d'éclaircissement.

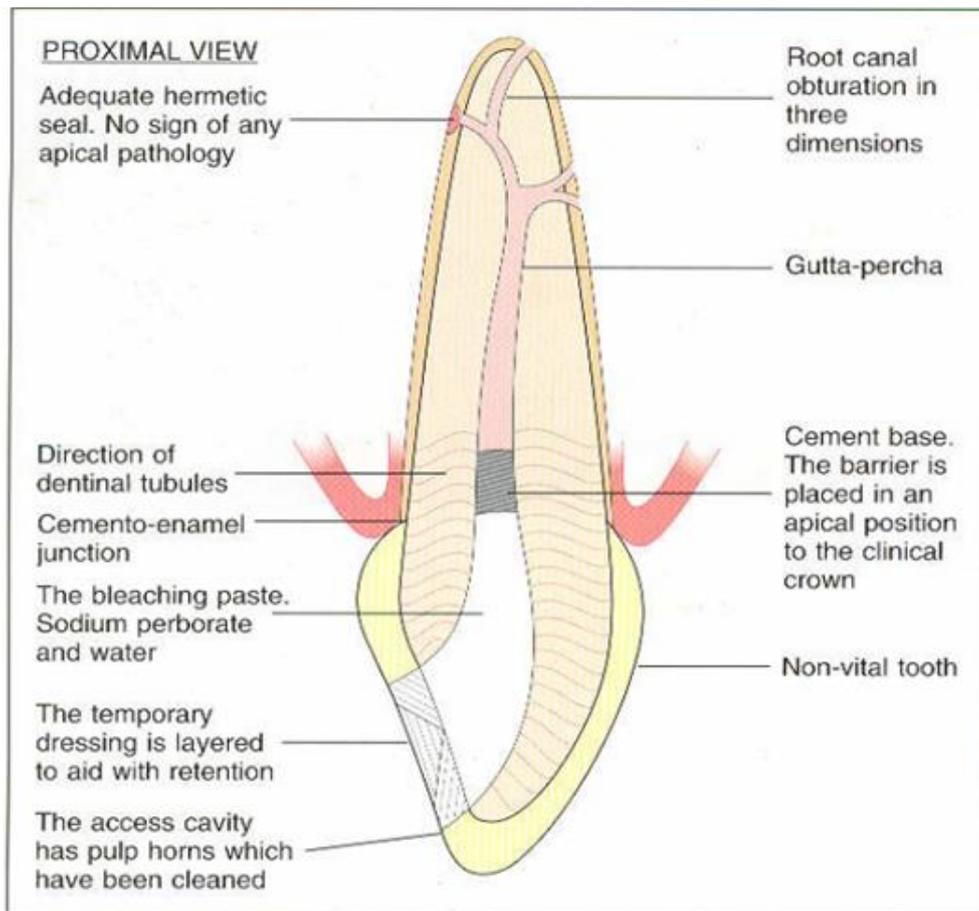


Figure 30: Walking bleach technique.[78]

6.4.1.1 Protocole opératoire

Le perborate de sodium (tétrahydrate) est mélangé à un liquide inerte (eau distillée, solution saline ou anesthésique) pour obtenir la consistance du sable humide. Mélanger la pâte à avec du peroxyde d'hydrogène est une option pour accélérer la vitesse du processus d'éclaircissement, mais cette technique est risquée en raison de la possibilité accrue de résorption cervicale de la racine. S'il est nécessaire, en raison de la gravité de la tâche, il doit être utilisé à une concentration de 3 % et il doit être évité pour une solution de 30 %. Les résultats à long terme d'un perborate de sodium et d'un mélange d'eau ne diffèrent pas de façon significative des mélanges avec du peroxyde d'hydrogène. Un instrument en plastique ou un support d'amalgame peut être utilisé pour placer le matériau dans la chambre pulpaire. Il est ensuite soigneusement condensé dans la cavité.[38]



Figure 31: Perborate de sodium et de l'eau mélangés à une pâte épaisse.[51]



Figure 32: La pâte est transportée vers la chambre pulpaire avec une porte amalgame.[51]

Il faut enlever les excès des produits d'éclaircissement, la pâte soigneusement tamponnée avec une boulette de coton sans enlever trop d'humidité, et un matériau d'obturation temporaire qui est idéalement de 3 mm d'épaisseur avec des marges bien étanches. Bien que certains aient avancé l'utilisation d'un acide-etching adhésif comme obturation temporaire pour éviter la recontamination, la recoloration et pour offrir la meilleure prévention possible contre les fuites des produits d'éclaircissement cela peut ne pas être pratique dans les petites cavités où il devient difficile de mordancer sélectivement l'émail sans le risque d'ouvrir les tubules dentinaires pour le peroxyde d'hydrogène et le risque subséquent de résorption cervicale. De plus, comme cette procédure devrait être répétée à chaque visite, elle augmenterait la perte de structure dentaire.

Tout résidu des agents éclaircissants sur les surfaces dentaires externes ou l'isolation de la digue en caoutchouc doit être enlevée pour éviter l'irritation des tissus mous.[51]



Figure 33: Deux millimètres d'espace doivent être laissés pour Cavit temporaire.[51]

La digue en caoutchouc est retirée et tous les tissus inspectés.

Le patient doit être informé de la procédure. Selon la réaction de la dyschromie à l'agent d'éclaircissement, le temps pour s'attendre à des résultats peut varier. Habituellement, il faut demander au patient de revenir entre 3 et 10 jours pour évaluer les résultats et changer le produit d'éclaircissement si nécessaire. Pour éviter le suréclaircissement, il faut demander au patient de surveiller lui-même l'état de couleur de la dent et de faire un rapport plus tôt que la date prévue du rendez-vous si le changement de couleur a atteint le résultat souhaité ou si le matériau d'obturation temporaire commence à se laver. Bien qu'un événement rarement documenté, il a été préconisé pour informer le patient de la sensibilité accrue à la fracture de la dent au moment où la dent est remplie d'un agent d'éclaircissement et non d'une accumulation de soutien 17.

Si les résultats souhaités ne peuvent pas être obtenus, un mélange à 3 % de H₂O₂ peut être envisagé. Toutefois, le patient doit être informé des risques et du fait que la plupart des bons résultats d'éclaircissement peuvent être obtenus au moyen d'un perborate de sodium et d'un mélange eau/anesthésie.

Si les résultats esthétiques sont acceptables, le potentiel de résorption peut être réduit au minimum. Si un cas clinique ne montre pas d'amélioration après trois ou quatre tentatives, le diagnostic et le plan de traitement doivent être réévalués pour une étiologie différente.

À la fin de la procédure d'éclaircissement, une radiographie postopératoire devrait être prise pour vérifier les effets indésirables des agents d'éclaircissement. Une restauration par l'adhésif devrait être effectuée environ 1 à 3 semaines après la dernière séance.[38]

Le patient doit faire l'objet d'un suivi annuel inclure un examen clinique et des radiographies périapicales.



Figure 34: Cas clinique illustrant les étapes de la technique walking bleach.[38]

A, Situation avant le traitement endodontique et le éclaircissement interne. Incisive centrale gauche maxillaire décolorée suite à un traumatisme dentaire.

B, Situation postopératoire après traitement endodontique et éclaircissement interne par la technique walking bleach.

C, cavité d'accès après la mise en place de la barrière.

D, Application de perborate de sodium.

E, Scellement coronaire temporaire avec restauration restauration. (Avec l'aimable autorisation du Dr Mohammed Al-Harbi, Philadelphie, PA,

6.4.1.2 Avantages et inconvénients

Avantages

- La simplicité de mise en œuvre ;
- Méthode peu coûteuse ;
- Cette technique donnant des résultats très satisfaisant dans la plus part des cas ;
- Technique Indolore ;
- Elle est sans risques de complications lors de l'utilisation du perborate de sodium additionné à de l'eau distillée.

Inconvénients

- Durée du traitement ;
- Difficulté de prévoir le résultat final ;
- Le nombre de séances nécessaires pour y arriver ne peut être défini à l'avance ;
- Le maintien de l'herméticité de l'obturation provisoire entre les séances ;
- Nécessite un patient motivé ;
- Cette technique se trouve insuffisante dans les cas de dyschromies résistants ou dues à des ions métalliques (mercure, argent, cuivre, ...).[53]

6.4.2 Eclaircissement interne/externe (inside/outside)(I-O)

Synonymes : éclaircissement interne/externe walking bleach modifier, technique d'éclaircissement intracronaire administrée par le patient.[78]

L'éclaircissement mixte consiste à utiliser le peroxyde de carbamide à 10 % à l'extérieur aussi bien qu'à l'intérieur d'une dent décolorée dont les canaux ont été traités par endodontie, l'éclaircissement se fait à l'aide d'une gouttière personnalisée pour la seule dent à traiter. Cela

permet la pénétration interne et externe du peroxyde d'hydrogène libéré par le gel, de manière à ce qu'il soit protégé de la désactivation salivaire par la gouttière elle-même.

Il est alors possible d'envisager un éclaircissement simultané des dents pulpées et d'une ou plusieurs dents dépulpées.[79]

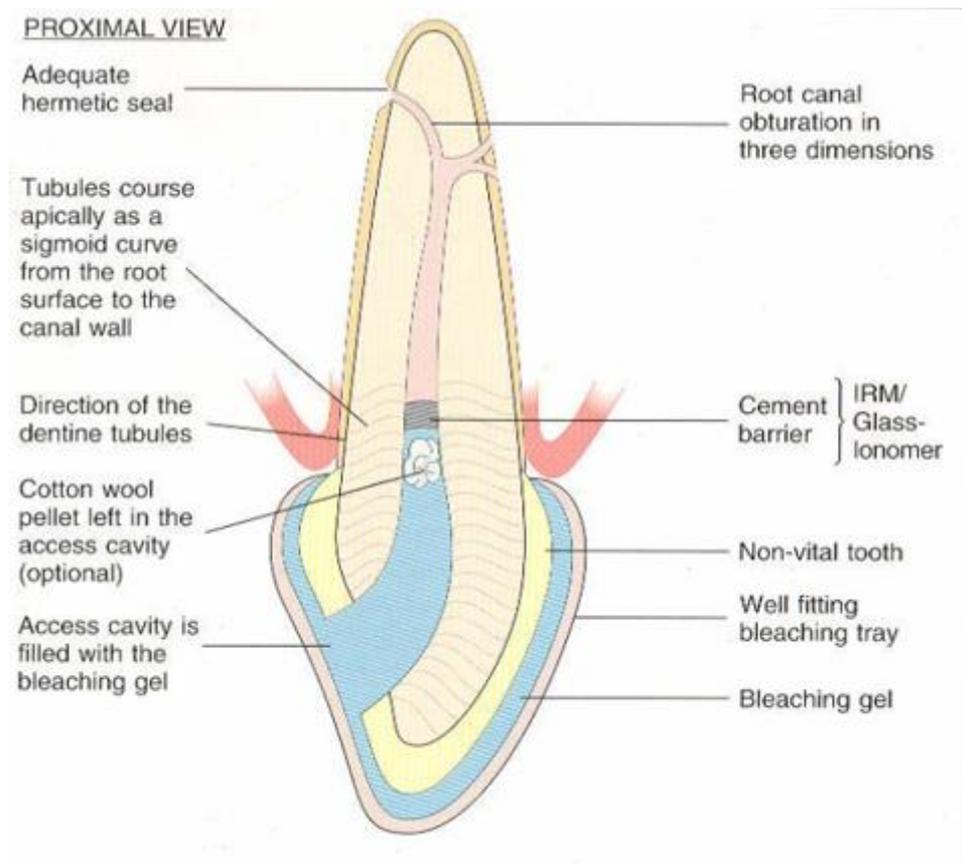


Figure 35: La technique intérieur/extérieur, dent complète en coupe sagittale.[78]



Figure 36: Gouttière personnalisée a la dent causale.[60]



Figure 37: Vue occlusale.[60]

Lorsque la dent présente une décoloration cervicale marquée, il est possible et raisonnable de maintenir la cavité d'accès remplie de peroxyde de carbamide à 10 % avec une gouttière pendant un certain nombre de jours donnés. En effet, le peroxyde de carbamide est un oxydant qui a très bien prouvé ses propriétés antiseptiques parce qu'il inhibe immédiatement et efficacement les bactéries anaérobies Gram négatif quand il est changé toutes les deux heures par le patient et protégé dans la gouttière d'éclaircissement portée en permanence.

La cavité d'accès endodontique doit être maintenue ouverte et ses parois externes et internes constamment en contact avec le gel pendant les deux à quatre jours exigés du traitement d'éclaircissement interne/externe, à l'exception du temps assez bref des repas et de la consommation de boissons.

Pendant le traitement d'éclaircissement, il conviendrait de conseiller au patient d'éviter les aliments contenant du tanin comme les currys, les sauces tomate et les liquides de couleur foncée (vin rouge, café et thé noir) jusqu'à l'obturation de la cavité. La crainte d'une détérioration de l'obturation canalaire et d'une contamination bactérienne à son interface, largement théorique, doit être examinée pour l'obtention d'un résultat esthétique acceptable dans la région cervicale où l'épaisseur de l'émail n'est que de 0,7 mm. Il convient de se rappeler que l'échec de l'éclaircissement du collet de la dent pourrait imposer une intervention plus mutilante, incluant une restauration retenue par un tenon radiculaire qui peut être probablement une grosse source de contamination bactérienne des canaux radiculaires. Le gel de peroxyde de carbamide à 10 % présent dans la dent et dans la gouttière doit être changé toutes les deux heures jusqu'à l'heure du coucher. Plus souvent le gel est changé, plus rapide sera l'éclaircissement. Après avoir changé de gel, en particulier après un repas, la cavité d'accès sera

remplie de gel au moyen d'une seringue munie d'une fine aiguille émoussée pour atteindre le collet de la dent décolorée. La viscosité du gel expulsé de la seringue contribue à dégager les débris alimentaires piégés sur les parois et à assurer le remplissage de la cavité avec du gel de peroxyde de carbamide à 10 % frais et actif.

Il est important d'éduquer le patient à cesser l'éclaircissement quand il considère le degré d'éclaircissement de la dent satisfaisant. Il est acceptable qu'une dent éclaircie soit un peu plus claire pour permettre le retour à la teinte naturelle. Le patient est convoqué deux à trois jours plus tard pour évaluer la teinte et obturer la cavité d'accès le plus tôt possible.

L'éclaircissement réussit généralement après deux à trois jours, la cavité d'accès sera de nouveau nettoyée minutieusement à l'aide d'inserts à ultrasons puis séchée avec des pointes de papier. Par la suite, elle sera obturée provisoirement avec un ciment ionomère de verre dont la teinte sera contrastée par rapport à celle de la dent. Il arrive fréquemment que la dent éclaircie apparaisse plus claire que la dent adjacente. Cela s'explique par la réduction du volume de la dentine pariétale de la cavité pulpaire obturée.

Il est déconseillé de restaurer une dent immédiatement après un éclaircissement, parce que la libération de l'oxygène peut durer au moins une semaine. Ce phénomène compromet l'adhésion des résines composites collées et produit des micro-fuites. Un ciment ionomère de verre radio-opaque est préférable parce que facile repérer et à déposer à tout moment. Les avantages de cette technique de restauration résident dans le fait qu'il est difficile de déposer des résines composites sans léser la structure dentinaire saine.

Il est possible de vérifier l'apparence de la dent restaurée en humidifiant la cavité d'accès et en plaçant le matériau choisi pour le tester par rapport à la teinte souhaitée ; ce qui est mieux que de déposer une restauration définitive inadaptée et inesthétique.

Il est manifeste que toute incertitude concernant la qualité du traitement endodontique doit être levée en retraitant les canaux radiculaires sous irrigation abondante d'hypochlorite de sodium avant de commencer un éclaircissement interne/externe.[42, 60]

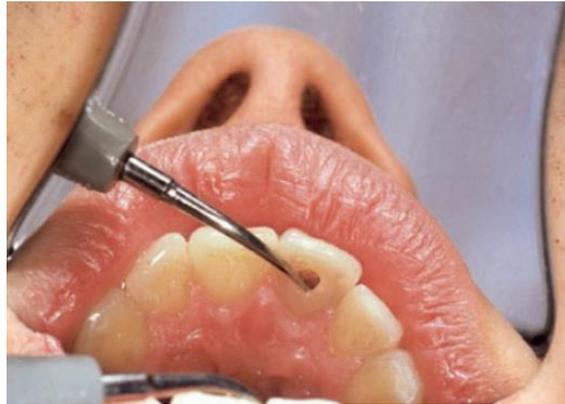


Figure 38: Nettoyage par ultrasons de la chambre jusqu'en dessous de la jonction cimento-émail. [60]



Figure 39: Incisive supérieure gauche extrusée et décolorée.[60]



Figure 40: Gutta-percha coupée en dessous de la jonction cémento-émail.[60]



Figure 41: Injection du peroxyde de carbamide à 10 % dans la dent par le patient.[60]



Figure 42: Gouttiere est chargé de peroxyde de carbamide à 10 %.[60]



Figure 43: Changement de couleur après traitement.[60]

6.4.2.1 Protocole opératoire

a. Premier rendez-vous[42]

1. Diagnostic.
2. Des clichés photographiques cliniques avant de commencer le traitement.
3. L'examen de l'état parodontal de la dent au moyen d'une radiographie au long cône.
Être certain de la qualité de l'obturation canalair.
4. S'il parait nécessaire, envisager le retraitement des canaux radiculaires sous irrigation abondante d'hypochlorite de sodium avant de débiter l'éclaircissement interne/externe.
5. Vérifier que la dent est asymptomatique et que le pronostic du traitement est bon.
6. La teinte est estimée à l'aide d'un nuancier avant le traitement. L'accorde sur la teinte est prise avec le patient et ensuit enregistrer dans le dossier médical et fournir une copie au patient.
7. Avertir le patient sur le fait qu'après le traitement toute autre restauration et toutes dents adjacentes situées dans la zone cible ne sera pas éclairci, de telles restaurations peuvent apparaître plus sombres que les dents naturelles éclaircies. Celles-ci devraient être remplacées. Dans de tels cas, le patient devra être alerté sur les conséquences esthétiques et financières de l'éclaircissement et du remplacement des restaurations.
8. Réaliser un diagramme des restaurations existantes qui sera remis au patient et dont une copie sera ajoutée dans le dossier médical.
9. Discuter toutes les options possibles de traitement, en soulignant le caractère non mutilant d'éclaircissement.
10. Vérifier que le patient n'est pas allergique au peroxyde ou à la matière plastique et que les femmes en âge de procréer ne sont pas enceintes ou allaitantes.
11. Fournir au patient un plan de traitement écrit et l'estimation du coût du traitement qui, en retour, devra vous signer son consentement éclairé.
12. Fournir au patient des instructions écrites sur une brochure pour lui expliquer ce que le traitement implique.
13. Mentionner par une note que ce protocole a bien été complété.

b. Fabriquer la gouttière[42]

Prendre une empreinte à l'alginate et la couler au laboratoire pour obtenir un modèle de travail. Utiliser une résine, ou à défaut une matière plastique, pour couvrir le modèle au niveau de la

face vestibulaire et de la face linguale de la dent cible de telle sorte que l'extension et la profondeur de la future gouttière permettent de réaliser les réservoirs.

Appliquer un calfatage souple sur le modèle pour faciliter le retrait de la future gouttière. Ramollir avec la chaleur le matériau synthétique, actionner le vide de la machine à thermoformer pour l'appliquer sur les dents afin qu'il épouse la forme de l'arcade et attendre qu'il soit refroidi pour le séparer de l'arcade. Faire une découpe vestibulaire à l'aplomb de la (ou des) dent(s) adjacente(s) avec des ciseaux pointus pour que seule(s) la (ou les) dent(s) à traiter soi(en)t couverte(s). Le gel mouillant les dents adjacentes sera inactivé par la peroxydase ou la catalase salivaires.

c. Deuxième rendez-vous[42]

1. Examiner la gouttière d'éclaircissement sur le plan de la stabilité et du confort, ainsi que la capacité pour le patient à l'insérer et à la déposer. Contrôler l'usage de l'aiguille coudée pour expulser le gel de la seringue.
2. Déposer la restauration de la cavité d'accès et réduire la longueur de l'obturation du canal radiculaire à 3 mm au-dessous de la jonction amélo-cémentaire en cas de besoin à l'aide d'un insert à ultrasons (moyen le plus simple). Vérifier l'absence de débris résiduels dans la chambre pulpaire. Prendre au moins cinq minutes pour assurer le bon nettoyage des cornes pulpaires et de la région cervicale de la dent avec les ultrasons. L'obturation du canal peut être isolée avec un ciment, mais il faudra faire attention à ne pas couvrir les parois vestibulaires colorées de la dentine. Un ciment ionomère de verre à prise lente (trois à quatre minutes) et radio-opaque convient bien pour cette action.
3. Il est raisonnable de mordancer l'intérieur de la dent pour vérifier que les parois dentinaires sont propres, signifiant que les parois ont été correctement préparées et que la totalité des matériaux d'obturation colorants résiduels, en particulier la résine composite, est éliminée. Toute résine composite doit être éliminée de la surface vestibulaire de la dent. Cela doit être aussi vérifié par mordantage avec l'acide phosphorique. L'apparence givrée confirmera l'absence totale de plaques de résine composite.
4. Le patient injectera lui-même le peroxyde de carbamide à 10% dans la chambre pulpaire de la dent au moyen d'une seringue contenant le gel et munie d'une aiguille de calibre moyen et coudée. Puis suivra l'insertion en bouche de la gouttière dont seuls les réservoirs sont garnis de gel. Les excès de gel seront éliminés avec une gaze.

5. Fournir une quantité suffisante de gel et des instructions écrites au patient. Démontrer de nouveau et vérifier que le patient sait ce qu'il devra faire. Contrôler l'aptitude du patient à insérer correctement le gel dans la dent avec la seringue portant l'aiguille coudée.
6. Si le patient est incapable de placer le gel avec efficacité, le dentiste sera amené à combler immédiatement la cavité pulpaire avec le peroxyde de carbamide à 10 %, puis le patient insérera la gouttière. Cependant, cette méthode d'éclaircissement interne/externe n'est pas aussi efficace.

d. Instructions fournies aux patients[42]

1. Déposer le bouchon de la seringue de gel de peroxyde de carbamide à 10 %. Visser l'aiguille coudée fournie avec la seringue à la place du bouchon. Insérer l'extrémité de l'aiguille dans la cavité pulpaire de la dent à éclaircir et la remplir de gel.
2. Garnir la gouttière d'une quantité appropriée de gel de peroxyde de carbamide à 10 %. Marquer la gouttière avec de l'encre indélébile pour matérialiser le niveau de gel contenu dans la gouttière.
3. Insérer la gouttière en bouche et éliminer les excès de gel avec le doigt ou une brosse à dents souple.
4. Rincer la bouche lentement et cracher.
5. Porter la gouttière tout le temps sauf pendant les repas et l'hygiène buccale.
6. Changer le gel des réservoirs et de la gouttière toutes les deux heures jusqu'au moment du sommeil. Nettoyer l'intérieur de la dent par aspiration avec l'aiguille pour expulser le gel après le repas et, avant de recharger la gouttière de gel et de l'insérer de nouveau, remplir l'intérieur de la dent avec du gel nouveau.
7. Nettoyer la gouttière seulement avec de l'eau froide et une brosse à dents.
8. Éviter de consommer des aliments très colorés comme le curry, les sauces tomate ou les légumes et fruits de couleur sombre (betterave). Éviter le vin rouge, le café et le thé noir tant que l'éclaircissement n'est pas achevé et que la dent n'est pas restaurée.
9. Contacter votre praticien en cas de problème.
10. Cesser l'éclaircissement quand la teinte désirée est obtenue

6.4.2.2 Avantages et inconvénients

Avantages

- Possibilité d'éclaircir simultanément des dents pulpées et déulpées ;
- Plus de surface à traiter
- Le patient détermine lui-même quand le traitement est satisfaisant ;
- Risques d'apparition de résorptions cervicales externes est très diminué à cause de l'utilisation d'un agent éclaircissant peu concentré en peroxyde d'hydrogène.

Inconvénients

- La dent est laissée ouverte : malgré la présence de la boulette de coton, des aliments peuvent venir se loger dans la cavité. Cela augmente le risque de contamination bactérienne de la dent, et par conséquent le risque carieux et d'infection ;
- Résultats lents ;
- Nécessite un patient motivé pour respecter le protocole du traitement avec le risque de ne pas revoir le patient pour l'obturation définitive de la dent ;
- Risques d'irritation des tissus gingivaux.
- Les chances de résorption cervicale sont réduites mais existent toujours[53]

6.4.3 Extra coronaire

Les dents non vitales peuvent être éclaircies à l'aide d'une gouttière d'éclaircissement à domicile avec du peroxyde de carbamide à 10 % dans une technique à chambre fermée. Cela peut prendre plus de temps que pour une dent vitale en raison de la nature de la décoloration et de la dentine tachée d'hémosidérine. Les avantages de cette technique sont que, plutôt que de retirer une restauration saine existante, le matériau d'éclaircissement est appliqué sur la dent par l'intermédiaire du plateau d'éclaircissement (Frazier 1998). Cette technique peut être le traitement de choix pour un traitement complémentaire ou un traitement d'éclaircissement d'entretien plusieurs années après le traitement d'éclaircissement initial.[60]

6.5 Techniques au fauteuil ou techniques immédiates

Ces techniques se différencient de la walking bleach technique par leur effet blanchissant immédiat à la fin de la séance d'éclaircissement de la dent déulpée.

Le succès de couleur de la dent déulpée dyschromie s'obtient donc en un seul rendez-vous au cabinet dentaire.

L'agent éclaircissant principalement utilisé est le peroxyde d'hydrogène à 30 ou 35%. Certains auteurs utilisent toutefois du peroxyde de carbamide.

Une protection gingivale efficace (par une digue en caoutchouc ou photo-polymérisable) est indispensable du fait de l'utilisation dans ces techniques de produits éclaircissants à fortes concentrations. L'emploi de lunettes de protections teintées pour le patient et le personnel est aussi nécessaire dans les techniques au laser ou avec photo-activation.

6.5.1 Technique thermocatalytique

Après préparation de la dent telle que décrite, la technique suivie en éclaircissement non vital thermocatalytique est pratiquement la même que pour l'éclaircissement des dents vitales. La source de lumière et/ou de chaleur est nécessaire pour activer la solution d'éclaircissement.[80]

La technique thermocatalytique repose sur l'addition directe de chaleur à l'agent éclaircissant. Cela augmente sa vitesse et son efficacité de réaction, mais aussi ses risques et ses complications.[40, 80]

Sources d'activation :

Elles peuvent être de plusieurs types :

- Un instrument métallique chauffé au spot-flamme, présentant un bout long et fin (exemple : fouloir plugger type Machtou) ;
- Un appareillage électrique (exemple : Touch'nHeat 5004).



Figure 44: Touch'nHeat 5004.[81]

La chaleur générée doit être entre 50 et 70°C.

Quand la chaleur est appliquée sur le peroxyde d'hydrogène, cela engendre un dégagement gazeux immédiat : de la mousse est produite.[67]

L'oxygène présent dans la préparation est ainsi libéré et peut agir sur les colorations.

Protocole opératoire [40, 68, 80]

- L'agent d'éclaircissement (superoxol « généralement 30% à 35% H₂O₂ » et perborate de sodium) séparément ou en combinaison imbibé de boulette de coton est placé dans la chambre pulpaire.
- La solution est activée à l'aide d'une source de lumière ou de chaleur (température 50–60°C).
- La solution est conservée pendant 20 à 30 minutes en un seul rendez-vous.
- Le processus est répété si nécessaire.
- La dent est rincée à l'eau.

Une boulette de coton fraîche, stérilisée et sèche est placée dans la chambre pulpaire et scellée avec un agent de scellement temporaire.

- Le patient est rappelé après une à trois semaines.
- La couleur est évaluée après avoir retiré le joint temporaire et le coton. Si la couleur requise n'est pas obtenue, le processus peut être répété.
- La restauration définitive de la cavité est réalisée de préférence avec de la résine composite. Il est recommandé d'utiliser des systèmes adhésifs à base d'acétone car il a été démontré qu'ils inversent les effets néfastes de l'éclaircissement sur les forces de liaison de l'émail. La technique thermocatalytique a été modifiée par divers chercheurs. Les modifications sont :

1. Un mélange d'une partie d'alcool éthylique à 95 % et de deux parties de chloroforme est utilisé pendant deux minutes pour dessécher la surface de l'émail dentiné. Ceci est suivi par le placement d'une boulette de coton saturée de pyrozone dans la cavité d'accès. Une

source thermocatalytique est utilisée pour activer la solution pendant environ 20 minutes. Après cela, un pansement à 30 % de H₂O₂ est placé dans la chambre pulpaire et scellé avec du ciment au phosphate de zinc.

2. Les tubules dentinaires sont déshydratés avec de l'alcool éthylique à 90 %. Le coton saturé de superoxol/pyrozone est placé dans la chambre pulpaire et activé avec une source lumineuse pendant une période de 30 à 40 minutes. Un cône en caoutchouc vulcanite est utilisé pour presser la palette de coton lors de l'activation.[51, 52]

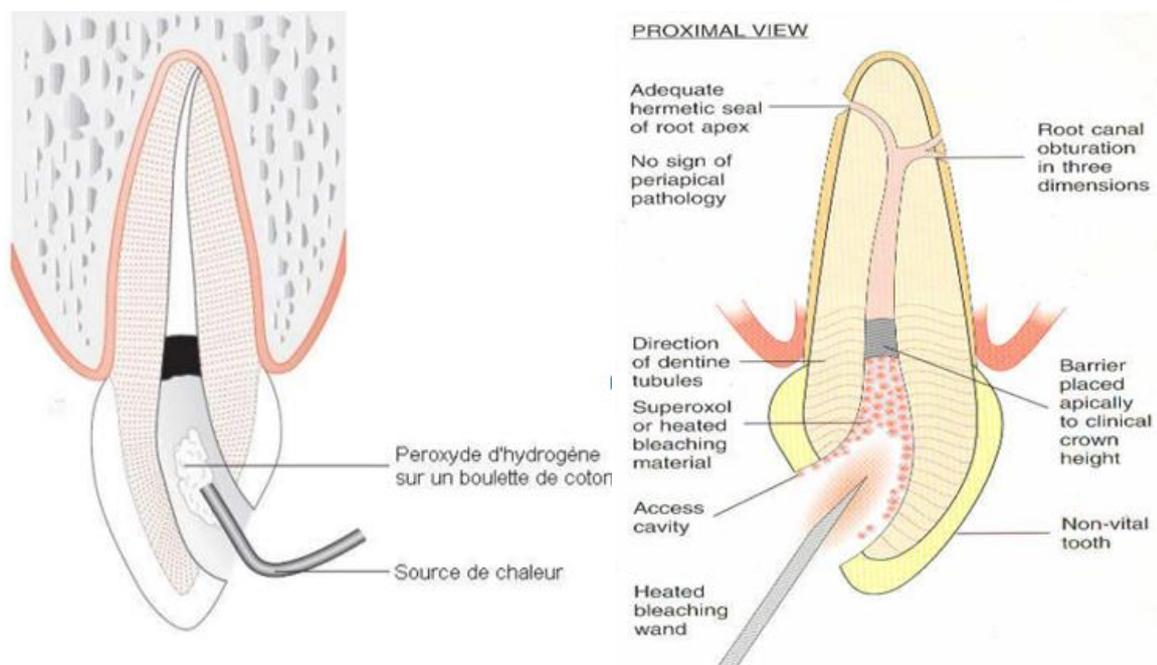


Figure 45: Technique thermocatalytique.[60]

6.5.2 Technique avec photo activation

En 1911, Rosenthal a expérimenté cette technique en utilisant la lumière ultraviolette et le peroxyde d'hydrogène. Le photoactivateur génère de la chaleur, ce qui renforce l'effet du peroxyde d'hydrogène.[53]

Cette technique applique une lumière ultraviolette à la surface labiale de la dent à éclaircir. Une solution de H₂O₂ à 30% ou 35% est placée dans la chambre pulpaire sur une boulette de coton.

Suivie d'une exposition de deux minutes à la lumière ultraviolette. On suppose que cela provoque une libération d'oxygène, comme dans la technique d'éclaircissement thermocatalytique.[40]

Sources d'activation :

Selon la littérature, elles sont multiples :

- Lampes à ultra-violets (à photopolymériser) ;
- Lampes à LEDs (Diodes Electroluminescentes) ;
- Lampes à plasma ;
- Lampes à halogènes ;
- Lampe à xéons

Protocole opératoire[82]

En 2007, CARRASCO et coll. cherchèrent à évaluer l'efficacité du peroxyde d'hydrogène à 35% en technique ambulatoire seul :

- activé par une lampe à LEDs ;
- activé par une lampe à halogènes

La méthode au fauteuil débute par une application de peroxyde d'hydrogène à 35% dans la cavité coronaire de la dent dépulpée, ainsi que sur la partie vestibulaire de cette dent. S'en suit une activation lumineuse (avec la lampe à LEDs ou la lampe à halogènes) de 30 secondes en vestibulaire et de 30 secondes en lingual ou palatin, perpendiculairement à la dent, à une distance de 5mm. Après 2 minutes d'attente, le produit est éliminé, la cavité nettoyée avec une boulette de coton imprégnée de peroxyde d'hydrogène à 3%, et ce procédé est répété dans la même séance jusqu'à 4 applications lumineuses.

Malgré le gain de temps évident que permet cette technique, la chaleur engendrée par certains activateurs lumineux utilisés augmente considérablement le risque d'apparition de complications, notamment dans la région cervicale de la dent.

HISAMITSU propose quant à lui une méthode consistant en une application interne et externe de peroxyde de carbamide à 10%, associée à une activation lumineuse à l'aide d'une lampe à xéons.[83]

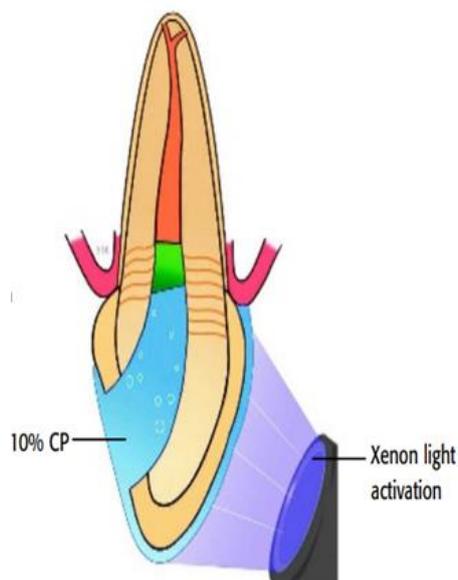


Figure 46: Technique avec photo activation.[84]

6.5.3 Techniques au laser

Récemment, de nouveaux protocoles laser ont été ajoutés pour l'éclaircissement au fauteuil des dents dépulpées dyschromiées. L'impact important du laser est de réchauffer le gel éclaircissant.[16]

Sources d'activation

- Laser argon : fait appel à la lumière, efficace sur les colorations sombres ;
- Laser CO2 : fait appel à la chaleur, mais entraîne des altérations de l'émail ;
- Laser erbium Yag ;
- Lasers KTP : permet d'éclaircir avec de faibles énergies ;
- Lasers Nd-YAG ;
- Lasers diodes, ...

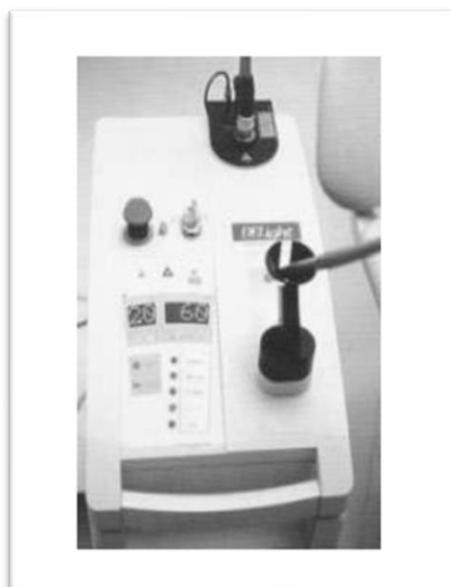


Figure 47: LASER ERBIUM YAG.[16]

Protocole d'utilisation[16]

En 2006, les MIARA ont décrit un protocole pour l'utilisation du laser erbium Yag pour éclaircir les dents dépulpées. Ils utilisent, en plus du laser, du peroxyde d'hydrogène pressurisé sous un film de polyéthylène.

Une protection gingivale est préalablement mise en place (digue photopolymérisable).

Du peroxyde d'hydrogène à haute concentration est déposé à l'intérieur de la cavité d'accès, ainsi que sur toute la partie coronaire de la dent. Un film de polyéthylène vient recouvrir la dent et va être hermétiquement solidarisé sur la protection gingivale préalablement réalisée.

Le peroxyde d'hydrogène est ensuite activé par une fibre reliée au laser erbium Yag par séquences de 10 secondes, et ce durant une heure environ.

Une obturation provisoire sera mise en place également pendant une à deux semaines avant la réalisation de l'obturation composite définitive.

Cette technique donne d'excellents résultats d'après leurs auteurs. L'utilisation du peroxyde d'hydrogène à haute concentration ne présente pas les mêmes inconvénients que dans la technique ambulatoire car le temps d'application dans cette technique au laser est infiniment plus court. Néanmoins, des études plus approfondies devraient être réalisées afin d'évaluer les risques de complications liées à cette méthode opératoire.[16, 53]



Figure 48: Technique d'éclaircissement au laser ERBIUM YAG.[16]

6.5.4 Avantages et inconvénients de ces techniques au fauteuil

Avantages

- Rapidité du traitement et du résultat ;
- Efficacité sur les colorations persistantes.

Inconvénients

- Techniques longues à mettre en œuvre ;
- Pénibilité pour le patient (temps d'attente au fauteuil) ;
- Nécessité d'un matériel spécifique et coûteux ;
- Grande augmentation du risque de complications, notamment du risque d'apparition de résorptions cervicales externes[53]

7 Pronostic de l'éclaircissement en fonction de la dyschromie

Les patients sont de plus en plus préoccupés par l'esthétique et exigent des teintes de plus en plus blanches. Il est donc nécessaire de connaître les attentes du patient avant de commencer la thérapie afin d'obtenir le remède le plus approprié ou de prévenir la personne concernée des résultats attendus. En effet, si le praticien et la personne concernée n'ont pas les mêmes attentes, la thérapie reste un échec aux yeux du patient. Le pronostic est donc très important à établir avant de commencer une thérapie.[85]

Le résultat de l'éclaircissement interne est très difficile à prévoir, car de nombreux paramètres seront pris en compte pour évaluer le pronostic.

Les conséquences de l'éclaircissement interne dépendent dans l'ensemble de la nature du chromophore à l'origine de la dyschromie : s'il s'agit d'un chromophore organique, le pronostic sera beaucoup plus favorable que si le chromophore est métallique.

Si la dyschromie est due à une nécrose, l'alternance de la teinte de l'émail est due aux produits de dégradation des micro-organismes lancés dans les tubules dentinaires, dans ce cas le degré de dyschromie est soigneusement corrélé avec le temps où le tissu nécrotique était autrefois présent dans la chambre pulpaire.[52, 85]

Le gluconate de chlorhexidine combiné au NaOCl peut provoquer un précipité qui peut adhérer aux cloisons et aux fissures des dents et créer une coloration rouille-brun. Dans ces deux cas, les pigments sont d'origine organique et sont donc favorables à l'éclaircissement interne. Les cas les plus favorables sont les dyschromies jaune-orange car le pigment est organique et souvent associé à un traumatisme.

Les couleurs métalliques dues aux amalgames ou aux MTA contenant de l'oxyde de bismuth ne s'oxyderont pas et seront donc réfractaires aux techniques d'éclaircissement. Pour les dents grisées envahies de sels métalliques, le pronostic est mauvais, car non oxydable. Le même constat s'applique aux dents brunes, en raison de la coloration des substances d'obturation canalaire ou du rouge, source d'une mauvaise irrigation à un moment donné du traitement endodontique.[86]

8 Complications et risques liés à l'éclaircissement interne

8.1 Résorptions cervicales externes (RCE)

8.1.1 Définition

LES RCE sont des résorptions radiculaires progressives d'origine inflammatoire, se situant en dessous de l'attache épithéliale. Leur étiologie, complexe et multifactorielle, n'est pas encore entièrement connue. Elle regroupe une combinaison de plusieurs facteurs (traumatiques, orthodontiques, Chirurgicaux, éclaircissement interne, ...). L'utilisation du peroxyde d'hydrogène peut entraîner la formation de ces RCE ; il est essentiel à leur formation.[87]

8.1.2 Mécanismes d'apparition des RCE

Les principales conséquences des éclaircissements des dents dépulpées sont les résorptions cervicales externes. Rolland, après avoir fait une revue de la littérature, rapporte ces complications dans 3,9 à 9,7 % des cas selon les études. Elles ont une étiologie multifactorielle : elles pourraient être dues à une réaction antigène - anticorps ou à un phénomène irritatif lié à l'agent éclaircissant et au changement du pH ou bien encore à l'hypothèse bactérienne initiée par l'irritation du parodonte, colonisé dans un second temps par les bactéries provenant du système canalaire lui - même ou des défauts osseux. Enfin, une des dernières hypothèses avancées pourrait être l'action du peroxyde d'hydrogène sur les cellules précurseur des odontoclastes, qui induirait leur différenciation et entraînerait ainsi une résorption.

De ces différentes causes possibles, il résulte la nécessité pour l'opérateur d'isoler le principe actif éclaircissant par le biais d'un pansement étanche (verre ionomère) entre l'obturation canalaire et la cavité pulpaire, dans lequel l'agent éclaircissant va être mis en place. Par ailleurs, il a été démontré in vitro que l'efficacité du mélange perborate de sodium - peroxyde d'hydrogène n'était pas plus importante que le mélange perborate de sodium - eau stérile.

Ce qui incite à utiliser pour ce type de traitement uniquement le mélange perborate de sodium - eau stérile afin de limiter les risques de résorption.

8.1.3 Facteurs favorisant l'apparition des RCE

La résorption radiculaire est une pathologie sous l'influence de nombreux facteurs, à la fois généraux et locaux, qui prédisposent à son apparition sans qu'aucun ne suffise à lui seul pour engendrer systématiquement une résorption.

a. Facteur prédisposant locaux :

On distingue :

L'éclaircissement dentaire : Jimenez-Rubio et col (1998) ont démontré que l'utilisation de perborate de sodium mélangé à l'eau est une alternative moins risquée lors d'un éclaircissement interne.[88]

Il occasionne une inhibition de l'adhésion des macrophages sur la surface dentinaire, n'augmente pas la perméabilité dentinaire et est associé à une moindre fréquence de résorptions cervicales.

- Origine traumatique : Des fibres du ligament alvéolo-dentaires pourront avoir été détruites, et des plages cémentaires résorbées. Ces sites se trouvent alors plus vulnérables à l'apparition de résorptions externes.
- Défaut anatomique : KOULAOUZIDOU et coll. en 1996 ont démontré que la pénétration du peroxyde d'hydrogène dans le périodonte était directement liée à l'anatomie de la JEC.

Une dentine mise à nue au niveau de la JEC, que ce soit d'origine physiologique ou pathologique, est donc plus facilement prédisposée à l'apparition de RCE.[89]

- En plus des origines orthodontiques (forces excessives exercées sur la région cervicale) et des origines parodontales (surfaçage) peuvent aussi avoir une incidence non négligeable.[53]

b. Facteurs prédisposant généraux :

On note :

- ✓ Pathologies endocriniennes ;
- ✓ Maladies systémiques ;
- ✓ Affections rénales ;
- ✓ Médicamenteuse ;
- ✓ Virale.

8.1.4 Diagnostic des lésions

La résorption cervicale est le plus souvent asymptomatique et sa découverte se fait donc souvent fortuitement lors de la prise d'un examen radiologique, ou à un stade avancé de la résorption quand des symptômes pulpaires ou parodontaux apparaissent. Les signes cliniques varient considérablement selon l'étendue de la résorption et son point de départ. Un diagnostic précoce sera la clef d'une thérapeutique adaptée afin de stopper l'évolution de la résorption.[87]

8.2 Fractures coronaires secondaires

Il a été montré que le peroxyde d'hydrogène en forte concentration diminue la micro dureté et le module d'élasticité des tissus dentaires. Il engendre aussi des altérations morphologiques des surfaces dentaires, affecte la dentine inter tubulaire et péri tubulaire et endommage l'hydroxyapatite. Tous ces phénomènes aboutissent à l'affaiblissement des propriétés mécaniques de la dentine.

L'utilisation d'activateurs produisant une élévation de température du produit éclaircissant favorise la formation de réseaux de microfissures et de micro fêlures.

8.3 Récidives dyschromiques

Assez souvent, une recoloration relative de la dent peut apparaître dans les suites immédiates de l'intervention thérapeutique. C'est pour pallier à cet effet que les auteurs recommandent de légèrement sur-éclaircir la dent, de manière à contre balancer cette conséquence.[12]

8.4 Inhibition de la liaison adhésive

La polymérisation et la force d'adhésion des résines composites à la dentine et à l'émail sont temporairement compromises par l'oxygène libéré au cours d'un processus d'éclaircissement. Des images au microscope électronique à balayage ont montré une augmentation de la porosité de l'émail après l'éclaircissement. Cela peut provoquer une récurrence carieuse et/ou une redécoloration. Plusieurs solutions correctives ont été suggérées, notamment le rinçage de la cavité avec de l'hypochlorite de sodium, dont il a été démontré qu'il avait des effets similaires sur le collage, l'alcool, la chlorhexidine, la catalase, et l'ascorbate de sodium. Il est généralement conseillé aux cliniciens d'attendre 2 à 3 semaines avant de placer une restauration adhésive permanente afin de laisser le temps d'inverser les effets et d'éliminer tous les résidus de peroxyde d'hydrogène de la chambre pulpaire.[38]

8.5 Irritation gingivale

Brûlures chimiques si l'on utilise 30-35% de H₂O₂ la gencive doit donc être protégée par exemple avec de la gelée de pétrole ou du beurre de cacao.[70]

9 Suggestions pour un éclaircissement sécurisé des dents traitées par endodontie

- Isolez efficacement la dent pour que l'éclaircissement intracoronaire doit toujours être effectué sous une digue en caoutchouc d'isolement, des cales et des ligatures interproximales peuvent être également être utilisés pour une meilleure protection.

- Protégez la muqueuse buccale par des crèmes protectrices, telles qu'Orabase ou la vaseline, doivent être appliquées sur la muqueuse buccale environnante pour prévenir les brûlures chimiques par les oxydants caustiques. Des études sur les animaux suggèrent que la catalase appliquée sur les tissus buccaux avant un traitement d'éclaircissement prévient totalement les dommages tissulaires associés.

- Vérifier que l'obturation endodontique est adéquate, elle doit toujours être évaluée cliniquement et radiographiquement avant l'éclaircissement.

Une obturation adéquate assure un meilleur pronostic global de la dent traitée, elle constitue également une barrière supplémentaire contre les dommages causés par les oxydants au ligament parodontal et aux tissus périapicaux.

- Utilisez des barrières de protection sur l'étendue coronaire de l'obturation canalaire. Ceci est essentiel pour éviter les fuites d'agents d'éclaircissement qui peuvent s'infiltrer entre la gutta-percha et les parois du canal radiculaire et atteindre le ligament parodontal via les tubules dentinaires, les canaux latéraux ou l'apex de la racine.

L'épaisseur de la barrière et sa relation avec la jonction cémento-émail sont les plus importantes, donc la barrière idéale doit protéger les tubules dentinaires et se conformer à l'attache épithéliale externe.

- Éviter le mordantage à l'acide, il a été suggéré que le mordantage à l'acide de la dentine dans la chambre pour éliminer la couche de smear et ouvrir les tubules permettrait une meilleure pénétration de l'oxydant. Cette procédure ne s'est pas avérée bénéfique.

L'utilisation de produits chimiques caustiques dans la chambre pulpaire n'est pas souhaitable car ils peuvent entraîner une irritation du ligament parodontal.

- Éviter les oxydants forts. Les procédures et techniques appliquant des oxydants forts doivent être évitées si elles ne sont pas essentielles à l'éclaircissement. Les solutions de 30% à 35% de H₂O₂, seules ou en combinaison avec d'autres agents, ne doivent pas être utilisées de façon routinière pour l'éclaircissement intracoronaire. Le perborate de sodium est doux et assez sûr, et habituellement aucune protection supplémentaire des tissus mous n'est nécessaire.

En général, les agents oxydants ne doivent pas être exposés à une plus grande partie de l'espace pulpaire et de la dentine qu'il n'est absolument nécessaire pour obtenir un résultat clinique satisfaisant.

-Une chaleur excessive peut endommager le cément et le ligament parodontal ainsi que la dentine et l'émail, surtout lorsqu'elle est associée à des oxydants puissants. Bien qu'aucune corrélation directe n'ait été établie entre l'application de chaleur et la résorption radiculaire cervicale externe, elle doit être limitée pendant les procédures d'éclaircissement.

-Les dents éclaircies doivent être fréquemment examinées, tant sur le plan clinique que radiographique. La résorption radiculaire peut parfois être détectée dès 6 mois après l'éclaircissement. Une détection précoce améliore le pronostic car un traitement correctif peut encore être appliqué.[40]

PARTIE PRATIQUE

MATERIEL ET METHODE

1 Objectifs

Objectif principale :

Cette revue a pour objectif principal d'identifier les études réalisées sur le thème de l'éclaircissement des dents dépulpés. Afin de déterminer les techniques, les produits, et les concentrations idéales des agents d'éclaircissement interne.

Objectifs secondaires :

- Etudier la décoloration des dents après l'utilisation des matériaux d'obturation canalaire et l'effet de l'éclaircissement interne.
- Déterminer le moment approprié pour la restauration post-éclaircissement.
- Identifier la résistance des dents à la fracture après un éclaircissement interne.
- Etudier l'effet de l'éclaircissement interne sur le niveau des biomarqueurs d'inflammation dans les tissus parodontaux.

2 Stratégie de recherche

Une recherche électronique a été réalisée sur « PubMed » en utilisant les mots clés de l'équation de notre recherche :

- ✓ **Dental bleaching.**
- ✓ **Internal bleaching.**
- ✓ **bleaching Non vital tooth.**
- ✓ **Hydrogen peroxide.**
- ✓ **internal bleaching agent.**

Ces termes ont été utilisés séparément et de manière croisée afin d'identifier les articles à analyser.

Les matériels utilisés pour élaborer cette étude sont :

- Un micro-ordinateur portable avec connexion wifi pour sélectionner les articles ;
- Le site web Deepl Traducteur a été utilisé pour la traduction des articles

3 Population de l'étude

3.1 Critères d'inclusion

Nous avons inclus dans notre recherche les articles qui satisfont les conditions suivantes :

- Articles traitant « L'éclaircissement des dents dépulpés ».
- Articles identifiés comme recherche clinique : sont des essais cliniques randomisés pratiqués sur l'être humain soumise à un protocole.
- Articles identifiés comme une recherche expérimentale : sont des expériences réalisées sur des dents humaines extraites.
- Articles publiés en anglais sur une période de 10 ans allant de 2012 à 2022.

3.2 Critères d'exclusion

Nous n'avons pas inclus dans notre recherche des articles lorsqu'un des critères suivants était présent :

- ✓ Articles de recherche sur les animaux.
- ✓ Articles sur l'éclaircissement des dents vivantes.
- ✓ Articles de dates antérieures à 2012.

3.3 Critères de non inclusion

Ces critères nous ont permis d'éliminer des articles qui avaient été inclus au vu des titres alors que ces articles ne satisfont pas notre objectif, après une lecture de tout l'article (étude en cours non précise).

- Les articles traitant la satisfaction des patients après l'éclaircissement interne.
- Absence d'article et résumé insuffisant.

RESULTATS

I. Etape de sélection des études

La recherche électronique a permis d'identifier 182 articles, parmi eux 122 en anglais et 60 en français. Suite à la lecture des titres, des résumés ou de l'article complet, en plus d'exclure les articles répétés dans plusieurs mots-clés. Nous avons donc inclus 31 articles dans notre travail.

Tableau 1: Recherche électronique sur PubMed des publications sur la thématique de l'éclaircissement interne.

Recherche	LES MOTS CLES	Articles trouvés
1	((Dental bleaching) AND (Internal bleaching)) OR (bleaching Non vital tooth) Filters: Humans; TIMELINE [2012-2022]	88
2	Bleaching non vital tooth) AND (Hydrogen peroxide) Filters: Humans; TIMELINE [2012-2022]	38
3	Non vital bleaching technique Filters: Humans; TIMELINE [2012-2022]	27
4	Internal bleaching agent Filters: Humans; TIMELINE [2012-2022]	29

II. Les articles inclus dans l'étude

- Article n° 1

Le LED violet pour l'éclaircissement des dents non vitales comme nouvelle approche.[90]

De Almeida ENM, Bessegato JF, Dos Santos DDL, de Souza Rastelli AN, Bagnato VS. PhotodiagnosisPhotodynTher. 2019 Dec ; 28:234-237. doi : 10.1016/j.pdpdt.2019.08.024. Epub 2019 Aug 21.

Population (cas clinique) : Une femme de 45 ans s'est présentée au service de dentisterie restauratrice avec une dent centrale supérieure gauche décolorée. Après anamnèse, examen clinique et radiographique, un traitement endodontique sur la centrale supérieure gauche effectué il y a 6 ans en raison d'une histoire de traumatisme et de décoloration de l'émail a été observé. Le patient n'a pas déclaré avoir l'habitude de fumer.

Avant la procédure clinique, le patient a signé le consentement éclairé afin d'autoriser la procédure et l'utilisation de la documentation clinique pour ce rapport de cas.

But : Différentes sources de lumière ont été utilisées pendant les procédures d'éclaircissement dentaire. Plus récemment, un système LED violet a été présenté comme une source de lumière prometteuse et viable, capable de promouvoir l'éclaircissement dentaire sans agents chimiques, bien que cette source de lumière puisse également être associée à un agent d'éclaircissement. Ce rapport de cas visait à présenter l'association d'une LED violette et d'un agent d'éclaircissement sur une dent non vitale décolorée.

Manœuvre d'utilisation : Le protocole d'éclaircissement dentaire a été réalisé comme suit : 15 applications de 60 s à l'aide de la source de lumière LED violette (λ 408 nm \pm 10 nm) avec un intervalle de 30 secondes entre eux.

Avant les 5 dernières irradiations, un gel de peroxyde d'hydrogène à 35 % a été appliqué sur la surface de l'émail des faces vestibulaire et palatine puis l'irradiation a été réalisée. Le dispositif contenant 4 LED violettes a été utilisé avec une puissance de sortie estimée de 1 200 mW et une irradiance de 112 mW/cm². L'insert léger est transparent à base d'acrylique, courbe et a été positionné à un angle de 90° aussi près que possible de la surface dentaire à partir des arcades supérieure et inférieure en même temps. Trois séances d'éclaircissement à 7 jours d'intervalle ont été réalisées.

L'évaluation de la couleur dentaire a été effectuée avant et après 7 jours de chaque séance d'éclaircissement. Trois mesures de couleur dentaire au cours de chaque temps d'évaluation ont été effectuées. Les mesures de base ont été prises en compte avant les procédures d'éclaircissement dentaire. Un suivi de 30 jours a été documenté.

Résultats : Un changement de couleur visible a été montré tout au long des séances, principalement après la dernière séance (ΔE^* de 6,8 pour la première séance à 12,2 pour la troisième séance) montrant qu'il y a eu un éclaircissement significatif. En outre, le suivi à 30 jours a montré une stabilité de la couleur puisque la couleur obtenue lors de la dernière séance est restée presque la même ($\Delta E^* = 12,2 - \Delta E^* = 13,1$).

Les données obtenues par le spectrophotomètre numérique Vita Easyshade® Advance (Vita Zahnfabrik, Bad Säckingen, Allemagne) ont montré des changements sur les valeurs moyennes (de $\Delta b^* = -1,2$ pour la deuxième session à $-6,5$ pour la troisième session et $-8,4$, après 30 jours) ce qui signifie une plus grande prédominance de la couleur bleue. Cela représente une diminution du jaunissement de la dent.

Selon l'évaluation de la couleur dentaire à l'aide du teintier Vita Classical® Shade Guide, nous avons atteint une correspondance de couleur B2 30 jours après la dernière séance, en considérant la teinte initiale (A3, 5) En ce qui concerne les mesures au spectrophotomètre numérique, nous pouvons observer la même couleur dentaire.

- Article n° 2

L'eau désionisée peut remplacer les agents d'éclaircissement courants pour l'éclaircissement non vital des dents lorsqu'elle est traitée par un plasma atmosphérique non thermique.[91]

Çelik B, Çapar İD, İbiş F, Erdilek N, Ercan UK. Deionized water can substitute common bleaching agents for nonvital tooth bleaching when treated with non-thermal atmospheric plasma. J Oral Sci. 2019 Mar 28 ; 61(1) :103-110. doi : 10.2334/josnurd.17-0419. Epub 2019 Feb 1. PMID : 30713266.

Population de spécimens : Un total de 120 incisives supérieures humaines extraites ont été colorées avec du sang humain.

But : L'efficacité de l'éclaircissement des agents d'éclaircissement courants et de l'eau désionisée traitée par plasma non thermique à pression atmosphérique dans la chambre pulpaire pour l'éclaircissement des dents non vitales a été évaluée.

Manœuvre d'utilisation : les dents ont été réparties au hasard en huit groupes (n = 15). Dans les quatre premiers groupes, les dents ont été éclaircies à l'aide d'un gel de peroxyde d'hydrogène à 35 %, d'un gel de peroxyde de carbamide à 37 %, d'une pâte de perborate de sodium 2 :1 (p/v) et d'eau désionisée pendant 30 minutes. Dans les autres groupes, les agents d'éclaircissement ont été traités avec un plasma atmosphérique non thermique pendant 5 min à l'intérieur de la chambre pulpaire. Les changements de couleur globaux (ΔE) ont été déterminés à l'aide du système de couleur du laboratoire de la Commission Internationale de L'Eclairage. L'éclaircissement des dents assisté par plasma n'a pas augmenté la température de la dent au-delà de 37°C.

Résultats : La procédure de coloration des dents a provoqué un changement de couleur uniforme dans tous les groupes avec une valeur moyenne de $\Delta E1$ entre les groupes de 16,07. Il n'y avait pas de différence statistiquement significative dans les valeurs $\Delta E1$ L'utilisation du traitement NTP (Plasmas non thermiques) avec des agents d'éclaircissement a amélioré de manière statistiquement significative les efficacités des agents d'éclaircissement par rapport à leur application ($P < 0,05$).

Le traitement par NTP a augmenté l'efficacité des agents d'éclaircissement HP, CP et SP de 4,72, 9,58 et 11,52 fois, respectivement, par rapport à leur utilisation en soi. Le traitement au plasma de DIW dans la chambre pulpaire a également conduit à une forte efficacité

d'éclaircissement, comparable à celle obtenue lorsque les agents d'éclaircissement courants étaient traités avec NTP ($P < 0,05$). Les valeurs ΔE_2 des groupes DIW+NTP et DIW seul ont été mesurées à 13,19 et 0,46, respectivement. L'amélioration de l'efficacité de l'éclaircissement des agents d'éclaircissement et du DIW après traitement par le plasma est évidente.

- Article n° 3

Traitements dentaires d'éclaircissement en cabinet et technique walking bleach sur des dents traitées par endodontie : suivi de 25 ans[92]

Amato A, Caggiano M, Pantaleo G, Amato M. Minerva Stomatol. 2018 Dec ; 67(6) :225230. doi: 10.23736/S0026-4970.18.04190-0.

Population : 40 participants présentant au moins une dent antérieure décolorée ont été sélectionnés

But : L'objectif de cette étude était d'évaluer la stabilité de la couleur, après 25 ans, des dents traitées par endodontie et soumises à des traitements d'éclaircissement en cabinet et intracronaire au peroxyde de carbamide (walking bleach).

Manœuvre d'utilisation : Une population de patients ayant subi un seul traitement endodontique sur une dent incisive a été recruté. Les procédures d'éclaircissement en cabinet et intra-cronaires ont généralement utilisé des concentrations plus élevées d'agents d'éclaircissement activés au moyen de sources de chaleur ou de lumière. Toutes les dents sélectionnées pour l'étude ont été soumises à la fois à un éclaircissement dentaire intra-cronaire en cabinet et à une technique d'éclaircissement walking bleach avec un gel de peroxyde de carbamide à 10%.

Les patients ont été rappelés tous les 12 mois pour une période d'observation totale de 25 ans.

Résultats : Après 25 ans de service clinique sur 40 patients, une stabilité optimale de la couleur de la dent par rapport aux dents adjacentes a été mise en évidence chez 34 patients, tandis que 6 patients ont été classés comme des échecs, car un décalage de couleur de deux nuances ou plus a été remarqué. Par conséquent, un taux de réussite de 85% a été rapporté après 25 ans.

- Article n° 4

Evaluation spectrophotométrique de l'efficacité du traitement d'éclaircissement dentaire intracronaire assisté par laser Er,Cr:YSGG en utilisant différents réglages de puissance.[93]

Papadopoulos A, Dionysopoulos D, Strakas D, Koumpia E, Tolidis K. PhotodiagnosisPhotodynTher. 2021 Jun ; 34 :102272. doi : 10.1016/j.pdpdt.2021.102272. Epub 2021 Mar 30

Population de spécimens : Vingt-quatre canines humaines ont été artificiellement colorées après la mise en œuvre d'un traitement de canal.

But : La décoloration des dents non vitales est une condition courante dans la pratique dentaire. L'objectif de cette étude in vitro était d'évaluer l'efficacité des traitements d'éclaircissement intracronaire des dents non vitales, activés ou non par le laser Er,Cr:YSGG (2780 nm) fonctionnant à 1,25 ou 2,5 W.

Manœuvre d'utilisation : Les dents ont été divisées au hasard en trois groupes (n = 8) : Le groupe 1 (contrôle) a reçu un traitement d'éclaircissement intracronaire avec un gel d'éclaircissement contenant 35 % de peroxyde d'hydrogène pendant 40 minutes, le groupe 2 a reçu le même traitement assisté par un laser Er,Cr:YSGG (2780 nm) fonctionnant à une puissance moyenne de 1,25 W pendant 30 s et le groupe 3 a reçu le même traitement que le groupe 2, mais la puissance moyenne a été ajustée à 2,5 W. Les traitements d'éclaircissement ont été répétés après une semaine. L'analyse spectrophotométrique du changement de couleur de la dent (ΔE) a été mise en œuvre 7 jours après les deux séances d'éclaircissement.

Résultats : Les résultats de l'ANOVA à deux voies ont révélé qu'il y avait une tendance d'aucune différence significative dans le changement de couleur entre les trois groupes expérimentaux ($p = 0,063$). Cependant, les comparaisons entre les groupes ont montré que le groupe laser 2,5 W présentait un ΔE significativement plus élevé que le groupe témoin après la première séance d'éclaircissement. De plus, une interaction significative entre le traitement d'éclaircissement et le nombre d'applications a été détectée ($p = 0,026$).

- Article n° 5

Essai clinique randomisé de 2 techniques d'éclaircissement des dents non vitales : Un suivi d'un an.[94]

Pedrollo Lise D, Siedschlag G, Bernardon JK, Baratieri LN. J Prosthet Dent. 2018 Jan; 119(1):53-59. doi: 10.1016/j.prosdent.2017.03.004. Epub 2017 May 5.

Population : 14 participants (7 hommes et 7 femmes) présentant au moins une dent antérieure décolorée ont été sélectionnés.

La randomisation des dents éligibles et des 2 opérateurs (D.P.L., G.S.) a été effectuée par un autre chercheur (J.K.B.), qui n'a pas eu de contact avec les participants.

L'allocation de groupe de chaque dent a été effectuée par tirage au sort à l'aide d'un logiciel informatique logiciel informatique (Excel 2010 ; Microsoft Corp) le patient a signé le consentement éclairé afin d'autoriser la procédure et l'utilisation de la documentation clinique pour ce rapport de cas

But : Le but de cet essai clinique randomisé était d'étudier l'efficacité de la technique WALKING BLEACH (WB) par rapport à celle de la technique INSIDE-OUTSIDE (I-O) menée sur 4 semaines et de comparer les changements de couleur après 1 an.

Manœuvre d'utilisation : Des dents antérieures décolorées et traitées par endodontie ont reçu un scellement cervical et ont été réparties au hasard en groupes selon la technique. Dans le groupe WB (walking bleaching) [n=9], un mélange de perborate de sodium et de peroxyde d'hydrogène à 20% a été appliqué dans les chambres pulpaire et remplacé chaque semaine jusqu'à 4 semaines. Pour le groupe I-O (inside-outside)[n=8], les participants ont appliqué du peroxyde de carbamide à 10% dans les chambres pulpaire et ont porté des gouttières adaptées pendant 1 heure par jour pendant 4 semaines. Les paramètres CIELab ont été obtenus à l'aide d'un spectrophotomètre au départ, pendant l'éclaircissement (1, 2, 3 et 4 semaines) et après 1 an. Les changements de couleur (ΔE), de luminosité (ΔL^*), de l'axe vert-rouge (Δa^*), de l'axe bleu-jaune (Δb^*) et des paramètres de couleur absolus (L^* , b^* et a^*) pour chaque temps d'évaluation ont été calculés et analysés par analyse de variance (ANOVA) à mesures répétées et test post hoc de Bonferroni ($\alpha=.05$)

Résultats : Aucune différence significative entre les techniques WB et I-O n'a été observée pour les valeurs ΔE , ΔL^* , Δa^* , Δb^* , L^* , a^* ou b^* ($P>.05$) ; cependant, des différences

significatives ont été observées entre les temps d'évaluation ($P < .05$). Les changements de couleur observés après 2 semaines étaient stables après 1 an ; les valeurs ΔL^* et Δa^* après 1 an n'étaient pas significativement différentes de l'évaluation à 1 semaine, et les changements significatifs de Δb^* après 3 semaines se sont maintenus lors du suivi à 1 an. La même tendance a été observée pour les paramètres absolus de couleur CIELab.

- Article n° 6

Le plasma atmosphérique froid pour l'éclaircissement des dents traitées par endodontie : une nouvelle approche clinique.[95]

Pavelić B, Švarc MZ, Šegović S, Bago I. Quintessence Int. 2020 ; 51(5) :364-371. doi : 10.3290/j.qi.a44217.

Population (cas clinique) : Une femme de 20 ans a été référée au Département d'odontologie terminale et de dentisterie restauratrice (Université de Zagreb), avec une plainte principale de douleur locale et de décoloration du tiers cervical de l'incisive latérale droite maxillaire.

La patiente a signé le consentement éclairé afin d'autoriser la procédure et l'utilisation de la documentation clinique pour ce rapport de cas

But : Evaluer l'efficacité de l'application de plasma atmosphérique froid dans la procédure de l'éclaircissement sur la décoloration de la zone cervicale d'une dent traitée par endodontie, le plasma atmosphérique froid est défini comme un gaz partiellement ionisé composé d'une variété de composants tels que des électrons, des ions positifs et négatifs, radicaux libres, photons et autres composants.

Manœuvre d'utilisation : Dans le cas présent, la procédure d'éclaircissement a été réalisée en utilisant un champ induit de plasma atmosphérique froid, obtenu par décharge à barrière diélectrique. L'effet thérapeutique du dispositif utilisé dans la procédure clinique est basé sur la décharge à barrière diélectrique à électrode flottante, dans laquelle l'électrode de verre fonctionne comme électrode primaire, tandis que la zone thérapeutique, qui dans ce cas est la dent, représente l'électrode secondaire. Une sonde parodontale (PA) est un tube de verre rempli d'un gaz noble, qui génère une décharge électrique dans l'espace entre la pointe de la surface de l'électrode et la zone thérapeutique, elle émet de l'énergie autour de la zone traitée et divise la molécule d'oxygène diatomique de l'environnement en radicaux libres d'oxygène, qui forment la base réactive de la procédure d'éclaircissement.

Résultats : L'éclaircissement avec la seule technique d'éclaircissement par plasma atmosphérique froid, sans aucun agent d'éclaircissement conventionnel, a été réalisé avec succès pour une dent traitée par endodontie.

- Article n° 7

Effet de la conception de l'accès sur l'éclaircissement intracronaire des dents traitées par endodontie : Une étude ex vivo.[96]

Marchesan MA, James CM, Lloyd A, Morrow BR, García-Godoy F. J EsthetRestor Dent. 2018 Mar; 30(2):E61-E67. doi: 10.1111/jerd.12335. Epub 2017 Aug 31.

Population de spécimens : Quarante-deux incisives centrales maxillaires intactes ont été sélectionnées.

But : Déterminer l'effet de la conception de l'accès sur l'éclaircissement intracronaire avec du peroxyde de carbamide à 35 % sur les dents décolorées.

Manœuvre d'utilisation : Les spécimens sont coupés et artificiellement coloré avec du sang total. Les mesures de couleur ont été effectuées à l'aide d'un spectrophotomètre : avant l'éclaircissement (T1), après l'éclaircissement (T2), à 7 (T3) et 14 (T4) jours après l'éclaircissement. Après T1, les spécimens ont été stratifiés et divisés aléatoirement en deux groupes selon la conception de l'accès (N = 20) : G1 : accès à la cavité endodontique contractée (CEC) réalisé avec une fraise #848-010M et G2 : accès à la cavité endodontique traditionnelle (CET) réalisé avec une fraise #1157. Les canaux ont été obturés, une barrière cervicale a été placée et du peroxyde de carbamide à 35% a été scellé dans la chambre pendant 7 jours et remplacé à 7 jours pour 7 jours supplémentaires. Les données ont été recueillies selon le système CIELAB-CIE1976 (L^* a^* b^*). Une anova SNK à mesures répétées a été utilisée pour évaluer les effets de la conception de l'accès et du temps sur le changement de couleur (ΔE^*) et la luminosité (L^*) ($\alpha < 0,05$).

Résultats : Pour la CEC, L^* était significativement différent à tous les points de temps ($P < 0,05$). Pour le TEC, les valeurs de L^* étaient significativement différentes à tous les points de temps ($P < 0,05$), sauf pour T0 et T4, qui étaient similaires ($P > 0,05$). Il n'y avait aucune différence statistique pour ΔE^* entre les conceptions CEC et TEC à tous les points de temps ($P > 0,05$).

- Article n° 8

Influence du protocole d'irrigation sur la pénétration du peroxyde dans les tubules dentinaires après un éclaircissement interne : étude par microscopie confocale à balayage laser.[97]

Elbahary S, Gitit Z, Flaisher-Salem N, Azem H, Shemsesh H, Rosen E, Tsesis I. J Clin Pediatr Dent. 2021 Oct 1; 45(4):253-258. doi: 10.17796/1053-4625-45.4.6.

Population de spécimens : 50 prémolaires permanentes extraites.

But : L'objectif de cette étude est d'évaluer l'influence de différents protocoles d'irrigation sur la pénétration du peroxyde dans les tubules dentinaires en utilisant la microscopie confocale à balayage laser (CLSM).

Manœuvre d'utilisation : Des préparations de cavités ont été réalisées sur les 50 prémolaires. Les dents ont été soumises à différentes séquences d'irrigation :

A. contrôle

B. solution saline

C. EDTA, NaOCl

D. acide phosphorique

E. EDTA, NaOCl, acide phosphorique.

Ensuite, un mélange de pâte de perborate de sodium coloré par fluorescence a été placé le long de la chambre pulpaire et de la cavité d'accès coronaire, et a été rechargé aux jours 7, 14 et 21.

Résultats : Les profondeurs de pénétration minimale et maximale étaient respectivement de 324 et 3045 μm , avec une moyenne de 1607 μm . Les zones colorées étaient significativement plus grandes dans les directions buccale et linguale ($P < 0,05$). Les groupes B et C ont montré une pénétration significativement plus importante aux semaines 2 et 3 par rapport à la semaine 1 ($P < 0,05$). Les groupes D et E ont montré une pénétration significativement plus importante par rapport aux groupes B et C à tout moment ($P < 0,05$).

- Article n° 9

Efficacité et impact de la technique du Walking Bleach sur l'auto-perception esthétique et les facteurs psychosociaux : Un essai clinique randomisé en double aveugle.[98]

Bersezio C, Martin J, Peña F, Rubio M, Estay J, Vernal R, Junior OO, Fernández E. Oper Dent. 2017 Nov/Dec; 42(6):596-605. doi: 10.2341/16-133-C.

Population : Cinquante volontaires présentant une décoloration dentaire non vitale ont été recrutés.

Les patients ont signé le consentement éclairé afin d'autoriser la procédure et l'utilisation de la documentation clinique pour cette étude.

But : Cet essai évalue l'impact des perceptions de soi psychosociales et esthétiques des patients subissant un éclaircissement dentaire non vital en utilisant la technique du walking bleach. Nous avons également évalué l'efficacité clinique de l'éclaircissement des décolorations dentaires.

Manœuvre d'utilisation : Les dents ont été réparties au hasard en deux groupes : peroxyde d'hydrogène à 35 % (n=25) et peroxyde de carbamide à 37 % (n=25). L'éclaircissement intracoronaire a été réalisé sur quatre séances en utilisant la technique du walking bleach. La couleur des dents a été évaluée à chaque séance pour mesurer la variation totale de la couleur. Le teintier a été disposé des valeurs les plus élevées (B1) aux plus basses (C4) pour évaluer la couleur et calculer la variation de couleur en nombre d'unités du teintier. Les évaluations subjectives et objectives ont été comparées avec la contrepartie dentaire. L'auto-perception esthétique et les facteurs psychosociaux ont été évalués avant et après le traitement.

Résultats : Le changement de couleur était de $15,48 < 5,17$ pour le peroxyde d'hydrogène et de $14,02 < 4,85$ pour le peroxyde de carbamide. Il n'y avait aucune différence significative à aucun moment ($p > 0,05$) sauf aux séances 3 et 4 ($p < 0,05$). Dans l'ensemble, les valeurs des dents éclaircies étaient similaires à celles des dents homologues ($p > 0,05$). Il y a eu une diminution des scores du questionnaire sur le profil d'impact sur la santé bucco-dentaire et l'impact psychosocial de l'esthétique dentaire après le traitement par rapport au départ ($p < 0,05$).

- **Article n° 10**

Une technique modifiée d'éclaircissement intérieur/extérieur pour les dents décolorées non vitales : un rapport de cas.[99]

Reitzer F, Ehlinger C, Minoux M. Quintessence Int. 2019;50(10):802-807. doi: 10.3290/j.qi.a43248. PMID : 31559399.

Population (cas clinique) : Une femme de 19 ans s'est présentée au service d'endodontie en raison d'une décoloration grisâtre de son incisive centrale maxillaire droite. Le patient avait des antécédents de traumatismes 5 ans auparavant, qui ont induit une nécrose pulpaire associée à une décoloration intrinsèque de la dent.

Avant la procédure clinique, le patient a signé le consentement éclairé afin d'autoriser la procédure et l'utilisation de la documentation clinique pour ce rapport de cas.

But : La technique outside/inside présente l'inconvénient de laisser la cavité d'accès ouverte.

Le rinçage de la cavité d'accès et la mise en place d'une boule de coton fraîche après chaque repas, bien qu'utile, cette procédure ne peut pas empêcher complètement le dépôt de débris alimentaires et la colonisation des tubules dentinaires exposés, ce qui peut réduire l'efficacité de l'éclaircissement. Pour pallier ces inconvénients, il est proposé de sceller l'agent d'éclaircissement dans la cavité d'accès.

Manœuvre d'utilisation : Le patient a été revu 1 semaine plus tard après le traitement endodontique pour commencer la procédure de l'éclaircissement.

La dent a été isolée avec une digue en caoutchouc avant de retirer la restauration provisoire de la cavité d'accès. La gutta-percha dans le canal radiculaire a été réduite de 1,5 mm sous la jonction cémento-émail (CEJ) par un fouloir chauffé et une barrière de 2 mm de ciment oxyde de zinc-eugénol (Dentsply) a été placée sur la gutta-percha restante. Pour protéger à la fois le canal radiculaire et le CEJ de la diffusion de l'agent d'éclaircissement. La cavité d'accès a ensuite été remplie de peroxyde de carbamide à 10 % et scellée avec du ciment d'oxyde de zinc et d'eugénol. Lors de la séance précédente, une empreinte à l'alginat de l'arcade maxillaire a été prise et il a été demandé au prothésiste dentaire de créer une gouttière d'éclaircissement avec un design spécifique.

Après avoir testé l'ajustement de cette gouttière, elle a été remise au patient, qui a reçu pour instruction d'injecter le gel d'éclaircissement dans le réservoir et de la porter toute la nuit (5 à

6 heures). Le patient a été revu pour des contrôles hebdomadaires, sans remplacer le produit dans la dent.

Résultats : Après 3 semaines, le résultat esthétique était bon. Le gel d'éclaircissement a été retiré de la cavité d'accès endodontique, qui a été restaurée provisoirement en plaçant de l'hydroxyde de calcium recouvert de Cavit. Deux semaines plus tard, la restauration définitive en composite a été placée. Un suivi de routine a ensuite été effectué tous les 6 mois. Dix-huit mois après le traitement, la dent est demeurée asymptomatique mais présentait une légère récurrence de dyschromie. Cette récurrence a été traitée par 5 nuits d'éclaircissement externe avec du peroxyde de carbamide à 10%, placé dans la gouttière utilisée pour le traitement initial.

- **Article n° 11**

Activation ultrasonique des agents d'éclaircissement internes. [100]

Cardoso, M., Martinelli, C. S. M., Carvalho, C. A. T., Borges, A. B., & Torres, C. R. G. (2013). Ultrasonic activation of internal bleaching agents. *International Endodontic Journal*, 46(1), 40-46.

Population (cas clinique) : Cinquante canines humaines ont été artificiellement colorées, obturées au niveau des racines.

Avant la procédure clinique, le patient a signé le consentement éclairé afin d'autoriser la procédure et l'utilisation de la documentation clinique pour ce rapport de cas

But : Evaluer l'efficacité de l'activation ultrasonique des agents d'éclaircissement pendant l'éclaircissement interne ex vivo.

Manœuvre d'utilisation : Les canines humaines obturées ont été divisées en cinq groupes (n = 10) qui ont reçu SP - perborate de sodium plus eau désionisée (groupe témoin), CP - gel de peroxyde de carbamide à 37%, CPUS - gel de peroxyde de carbamide à 37% plus application ultrasonique, HP - gel de peroxyde d'hydrogène à 35% ou HPUS - gel de peroxyde d'hydrogène à 35% plus application ultrasonique. Dans les groupes CP et HP, l'agent d'éclaircissement a été laissé dans la chambre pulpaire pendant trois applications de 10 minutes. Dans les groupes CPUS et HPUS, le même processus a été réalisé, mais une vibration ultrasonique a été appliquée à l'agent d'éclaircissement par une pointe en alliage pendant 30 s, avec des intervalles de 30 s. Deux sessions ont été réalisées. La couleur a été mesurée initialement et après chaque session par un spectrophotomètre dentaire intra-oral. La variation (Δ) des paramètres de couleur basée sur le système CIELab L^* , a^* et b^* , et l'altération de la couleur ΔE^* ont été calculées après la première et la deuxième session. Les données ont été analysées par une anova à sens unique et le test de Tukey.

Résultats : Il n'y avait pas de différence significative entre les groupes pour ΔL^* , Δa^* et ΔE^* , mais il y avait une différence significative pour Δb^* lors de la première et de la deuxième session ($P = 0,0006$ et $0,0016$, respectivement). Après la première session, Δb^* était significativement plus important pour les groupes HP et HPUS, sans différence significative entre eux. Pour la deuxième session, le groupe HPUS avait les valeurs Δb^* les plus élevées, mais elles étaient similaires à celles des groupes HP et SP ; le groupe CP avait les valeurs les plus basses, qui étaient similaires à celles des groupes CPUS et SP.

- Article n° 12

Éclaircissement des dents amélioré par plasma à pression atmosphérique à basse température : la technologie de la prochaine génération.[101]

Claiborne D, McCombs G, Lemaster M, Akman MA, Laroussi M. Int J Dent Hyg. 2014 May;12(2):108-14. doi: 10.1111/idh.12031. Epub 2013 Jun 15.

Population de spécimens : L'étude portait sur trente dents humaines extraites.

But : Pour évaluer la sécurité et l'efficacité de l'appareil plasma pencil (PP) en conjonction avec le gel H₂ O₂. Le but de cette étude était de déterminer si le LTAPP (low-temperature atmospheric pressure plasmas) administré à l'aide du PP pouvait améliorer le processus d'éclaircissement des dents sans causer de menace thermique.

Manœuvre d'utilisation : Les dents extraites ont été réparties au hasard en deux groupes : Le groupe I a reçu le LTAPP plus le gel H₂ O₂ à 36 % à 10, 15 et 20 minutes et le groupe II a reçu le gel H₂ O₂ à 36 % uniquement aux mêmes intervalles de temps. La température de la surface des dents a été mesurée périodiquement tout au long de l'expérience à l'aide d'un thermomètre sans contact. Des photographies numériques ont été prises avant et après le traitement et transférées dans Adobe Photoshop pour comparaison, en utilisant le système de valeur de couleur CIELAB. Seules les valeurs L* (luminosité) ont été évaluées dans cette étude. Les données ont été analysées à l'aide de statistiques descriptives et de test-t au niveau de 0,05.

Résultats : Les résultats ont révélé une différence statistiquement significative des valeurs moyennes de la CIE L* après exposition au LTAPP plus 36% de gel H₂ O₂, par rapport à 36% de H₂ O₂ uniquement, dans les groupes de 10 et 20 minutes (P = 0,0003 et 0,0103, respectivement). La température dans les deux groupes de traitement est restée inférieure à 80°F tout au long de l'étude, ce qui est inférieur à la menace thermique pour l'éclaircissement vital des dents.

- Article n° 13

Efficacité du plasma à pression atmosphérique non thermique pour l'éclaircissement des dents.[102]

Nam SH, Lee HJ, Hong JW, Kim GC. ScientificWorldJournal. 2015;2015:581731. doi: 10.1155/2015/581731. Epub 2015 Jan 20.

Population de spécimens : Vingt dents humaines intactes fraîchement extraites.

But : Par conséquent, l'objectif de la présente étude était de démontrer l'efficacité de l'éclaircissement et l'effet morphologique du plasma avec une faible concentration de peroxyde de carbamide (PC) à 15 %.

Manœuvre d'utilisation : Les dents ont été réparties au hasard en deux groupes ($n=10$). Le groupe 1 a reçu une application de gel à 15 % de PC contenant 5,4 % de HP et du plasma pendant 30 minutes. L'extrémité de l'appareil à plasma statique a été positionnée à une distance de 1 cm de la surface de la dent. Ces procédures d'éclaircissement ont été répétées trois fois pendant 30min de traitement. Le groupe 2 a été traité avec une couche uniforme de 1 mm de CP à 15 % seul, sans application de plasma. Après 10 min d'application, les dents ont été soigneusement rincées à l'eau distillée pour éliminer tout le gel et séchées doucement avec une gaze stérile. La procédure a été répétée à intervalles de 10 min de sorte que le temps total d'éclaircissement était de 30 min.

Les images des dents ont été capturées à l'aide d'un système d'imagerie numérique à grossissement 10x composé d'un stéréomicroscope relié à une caméra, Les images ont été chargées sur un ordinateur à l'aide du logiciel Image-Pro et Les changements globaux de couleur (ΔE) ont été évalués sur la base du système de couleurs de laboratoire de la Commission internationale de l'éclairage (CIE, 1979). L'augmentation de la température de chaque dent a été mesurée indépendamment des expériences d'éclaircissement des dents à l'aide d'un système de mesure de la température par fibre optique

Résultats : L'application de plasma a permis d'améliorer l'éclaircissement des dents par rapport aux méthodes conventionnelles. Cette étude révèle qu'il y avait une différence statistiquement significative dans l'efficacité de l'éclaircissement entre le groupe 1 et le groupe 2 ($P < 0,05$). La moyenne $\Delta E \pm$ écart-type après 30 min d'éclaircissement était de $29,91 \pm 1,74$ (groupe 1) et de $8,30 \pm 1,15$ (groupe 2). Le groupe 1A était 3,7 fois plus brillant que le groupe 1B. Les dents

nourries au plasma présentait des valeurs ΔE plus élevées que celles sans plasma. Un changement de couleur remarquable s'est produit au fil du temps dans le groupe traité au plasma.

La température d'une dent traitée au plasma n'a pas dépassé la température corporelle.

Le plasma a mis environ 10min pour atteindre une température d'équilibre, et par la suite, la température a été maintenue en permanence autour de 37°C pendant toute la durée de l'éclaircissement.

Après avoir combiné le plasma avec une faible concentration de 15 % de CP, on a observé que la surface de l'émail blanchi était lisse. D'autre part, la surface de l'émail traitée avec 15 % de CP seul donne une surface beaucoup plus rugueuse que le contrôle. Les résultats de cette étude montrent que l'éclaircissement des dents au plasma n'entraîne pas de modifications morphologiques de l'émail des dents. En fait, la surface de la dent reste lisse.

- **Article n° 14**

Le percarbonate de sodium comme nouvel agent d'éclaircissement intracoronaire : évaluation du risque associé de résorption radiculaire cervicale.[103]

Zoya A, Tewari RK, Mishra SK, Faisal SM, Ali S, Kumar A, Moin S. Int Endod J. 2019 May;52(5):701-708. doi: 10.1111/iej.13035. Epub 2018 Nov 27.

Population de spécimens : Soixante prémolaires mandibulaires à racine unique avec CEJ intactes ont été sélectionnées.

But : Évaluer la libération de peroxyde extraradiculaire du **percarbonate de sodium** par rapport au perborate de sodium comme agent d'éclaircissement intracoronaire.

Manœuvre d'utilisation : Après l'obturation radiculaire, la gutta-percha a été retirée à 4 mm apical de la CEJ et 2 mm de GIC (ciment verre ionomère) ont été condensés sur l'obturation radiculaire. Des agents d'éclaircissement intra-coronaires ont été placés dans six groupes de dents (n = 10) : perborate de sodium avec de l'eau distillée (SPW) ; percarbonate de sodium avec de l'eau distillée (SPCW) ; perborate de sodium avec 30% de peroxyde d'hydrogène (SPHP) ; percarbonate de sodium avec 30% de peroxyde d'hydrogène (SPCHP) ; 30% de peroxyde d'hydrogène comme contrôle positif (HP) et eau distillée comme contrôle négatif (CL). Les dents ont ensuite été montées dans des flacons remplis d'eau distillée, maintenues dans un incubateur et retirées à 1, 3 et 6 jours pour l'analyse spectrophotométrique. La libération de peroxyde extra-radiculaire a été quantifiée par la méthode du ferrothiocyanate. L'analyse statistique a été effectuée avec une anova à sens unique et des tests post hoc de Scheffe.

Résultats : la plus grande libération de peroxyde s'est produite dans le groupe HP, suivi par les groupes SPCHP et SPHP, puis par les groupes SPCW et SPW. La comparaison intergroupe a révélé qu'il n'y avait pas de différence significative dans la libération de peroxyde entre les groupes SPCW et SPW aux jours 1, 3 et 6 ($P > 0,05$). De même, aucune différence significative n'a été constatée entre les groupes traités par SPCHP et SPHP au jour 1, 3 et 6 ($P > 0,05$).

- Article n° 15

Efficacité du peroxyde de carbamide à 10 % comme agent d'éclaircissement intracronaire pour les dents primaires décolorées non vitales : Une étude in vitro[104]

Shaheen MA, Elkateb MA, Bakry NS, El Meligy OA. Efficacy of 10 percent Carbamide Peroxide as an Intracoronary Bleaching Agent in Nonvital Discolored Primary Teeth: An In Vitro Study. J Dent Child (Chic). 2017 Jan 15;84(1):22-29. PMID: 28387186.

Population de spécimens : Trente canines primaires extraites ont été colorées avec du sang de lapin et divisées au hasard en deux groupes de 15 dents par groupe.

But : Le but de cette étude était d'évaluer, in vitro, l'efficacité du peroxyde de carbamide à 10 % utilisé comme agent d'éclaircissement intracronaire sur des dents primaires tachées de sang.

Manœuvre d'utilisation : Les dents tachées du groupe test ont été éclaircies par voie intracronaire avec du peroxyde de carbamide à 10 % pendant 21 jours. L'agent d'éclaircissement a été remplacé aux jours 7 et 14. Le groupe témoin n'a pas été soumis à l'éclaircissement et une boulette de coton humidifiée avec de l'eau distillée a été placée dans la chambre pulpaire. L'altération de la teinte par rapport à la valeur de pré-coloration a été évaluée à l'aide d'un spectrophotomètre VITA Easyshade aux jours zéro, sept, 14 et 21.

Résultats : Tous les spécimens du groupe test ont retrouvé leur teinte initiale de base, sans différence significative par rapport aux valeurs de précoloration ($P=0,097$). Les dents du groupe témoin n'ont subi aucune modification de teinte après la coloration, et aucune différence significative n'a été notée par rapport aux valeurs de précoloration ($P<0,001$).

- **Article n° 16**

Effet de plusieurs agents d'éclaircissement sur des dents colorées par un scellement à base de résine.[105]

Feiz A, Barekatin B, Khalesi S, Khalighinejad N, Badrian H, Swift EJ. Int Endod J. 2014 Jan;47(1):3-9. doi: 10.1111/iej.12116. Epub 2013 May 5.

Population : Trente-cinq incisives centrales maxillaires ont été obturées.

Avant la procédure clinique, le patient a signé le consentement éclairé afin d'autoriser la procédure et l'utilisation de la documentation clinique pour cette étude.

But : Evaluer l'effet des agents d'éclaircissement à base de peroxyde sur les dents colorées avec le scellant AH26 (Dentsply De Trey, Konstanz, Allemagne), en utilisant des images numériques et une analyse informatique.

Manœuvre d'utilisation : Après l'obturation des incisives, les parois internes de la cavité d'accès ont été recouvertes d'un scellant AH26. L'éclaircissement interne a commencé 4 mois après les obturations radiculaires. Dans trois groupes expérimentaux (n = 10), les dents ont été éclaircies pendant 21 jours à l'aide d'un gel de peroxyde de carbamide (CP) à 45 %, de perborate de sodium à 45 % + peroxyde de carbamide (SP + CP) ou de perborate de sodium + eau distillée (SP + W). Aucun éclaircissement n'a été effectué dans le groupe témoin. Des images numériques de chaque spécimen ont été réalisées avant le traitement, 4 mois après le traitement endodontique et 2 semaines après l'éclaircissement. Les différences de couleur (ΔE) ont été calculées en déterminant les valeurs $L^*a^*b^*$ à l'aide d'images numériques et d'un logiciel d'imagerie. Les différences entre la couleur d'origine et les dents colorées par le scellant, entre les dents colorées par le scellant et les dents éclaircies et entre la couleur d'origine et les dents éclaircies ont été calculées. Les données ont été analysées à l'aide d'une anova à sens unique et de tests de Duncan ($\alpha = 0,05$).

Résultats : Les différences de couleur entre la ligne de base et la coloration du scellant étaient de l'ordre de 8,1 à 9,9, mais les différences entre les groupes n'étaient pas significatives. Après l'éclaircissement, le degré d'éclaircissement était essentiellement identique pour les groupes peroxyde de carbamide et perborate de sodium + peroxyde de carbamide, mais était significativement plus important ($P < 0,05$) dans ces deux groupes que dans le groupe perborate de sodium + eau.

- Article n° 17

Effet du peroxyde de carbamide sur la force d'adhérence du ciment verre-ionomère de différentes compositions à la dentine radiculaire lorsqu'il est utilisé comme barrière cervicale.[106]

Lima SN, Venção AC, Kuga MC, Magro MG, Guiotti AM, Segalla JC, Jordão-Basso KC, Ricci WA, Tonetto MR, Bandéca MC. J Contemp Dent Pract. 2015 Dec1;16(12):944-9. doi: 10.5005/jp-journals-10024-1786.

Population de spécimens : Après instrumentation et obturation du canal radiculaire, 40 spécimens de la jonction ciment-émail ont été obtenus après sectionnement transversal du canal radiculaire des canines humaines extraites.

But : évaluer l'effet du peroxyde de carbamide à 37% sur la force d'adhérence des ciments verre-ionomère conventionnels ou modifiés par de la résine lorsqu'ils sont utilisés comme barrière cervicale sur des dents traitées par endodontie.

Manœuvre d'utilisation : Les spécimens de canaux radiculaires ont été standardisés et remplis avec les matériaux suivants (n = 10, chaque groupe) : G1 : phosphate de zinc (contrôle), G2 : Ketac verre-ionomère, G3 : vitrebond verre-ionomère ou G4 : GC GL verre-ionomère. Après 24 heures, les spécimens ont été soumis à une application de peroxyde de carbamide à 37% pendant 21 jours, changés tous les 7 jours et stockés dans une chambre à pulpe artificielle. Les spécimens ont ensuite été soumis à des essais de force d'adhérence par poussée avec une machine d'essai électromécanique (EMIC) et le mode de défaillance de chaque spécimen a été analysé par microscopie confocale (LEXT).

Résultats : G3 et G4 ont montré des valeurs de force d'adhérence plus élevées que les autres groupes ($p < 0,05$), et étaient similaires entre eux ($p > 0,05$). Le groupe G1 a présenté la valeur de force d'adhérence la plus faible ($p < 0,05$).

- **Article n° 18**

Effet de différentes procédures de restauration sur la résistance à la fracture des dents soumises à un éclaircissement interne.[107]

Roberto AR, Sousa-Neto MD, Viapiana R, Giovani AR, Souza Filho CB, Paulino SM, Silva-Sousa YT. Braz Oral Res. 2012 Jan-Feb;26(1):77-82. doi: 10.1590/s1806-83242012000100013.

Population de spécimens : Cinquante incisives centrales supérieures.

But : Le but de cette étude était d'évaluer l'influence de différentes procédures de restauration sur la résistance à la fracture de dents traitées endodontiquement et soumises à un éclaircissement intracronaire.

Manœuvre d'utilisation : ont été réparties en 5 groupes : GI - dents saines ; GII - dents traitées endodontiquement scellées avec du Coltosol ; GIII - dents traitées endodontiquement, éclaircies et scellées avec du Coltosol ; GIV - dents traitées endodontiquement éclaircies et restaurées avec de la résine composite ; et GV - dents traitées endodontiquement éclaircies et restaurées avec un tenon en fibre de verre et de la résine composite. Pour les spécimens éclaircis, un scellement cervical a été effectué avant l'éclaircissement avec du peroxyde d'hydrogène à 38 %. Le gel a été appliqué sur la surface buccale et dans la chambre pulpaire, puis activé par la lumière pendant 45 s. Cette procédure a été répétée trois fois par session pendant quatre séances, et chaque groupe a été soumis aux procédures de restauration décrites ci-dessus. Les spécimens ont été soumis à des tests de résistance à la fracture dans une machine d'essai universelle.

Résultats : Des différences statistiquement significatives ont été constatées entre les groupes ($p < 0,05$). La valeur moyenne trouvée pour GIII était la plus faible (0,32 kN) et était significativement différente des valeurs trouvées pour GI (0,75 kN), GII (0,67 kN), GIV (0,70 kN) et GV (0,72 kN), qui n'étaient pas significativement différentes les unes des autres ($p > 0,05$). Les procédures de restauration utilisant la résine composite ont permis de restaurer avec succès la résistance à la fracture des dents traitées par endodontie et éclaircies.

- Article n° 19

Résistance à la fracture de dents immatures simulées après des procédures d'éclaircissement interne.[108]

Uzunoglu E, Eymirli A, Uyanik MÖ, Nagas E, Çehreli ZC. AustEndod J. 2018 Dec;44(3):235-239. doi: 10.1111/aej.12236. Epub 2017 Sep 21.

Population de spécimens : 60 dents extraites.

But : L'objectif de cette étude était d'évaluer la résistance à la fracture de dents immatures simulées après un éclaircissement interne.

Manœuvre d'utilisation : Les dents ont été réparties comme suit (n = 12/groupe) :

Groupe 1 : la chambre pulpaire a été remplie de ProRootMTA et éclaircie par voie intracoronaire avec du perborate de sodium mélangé à un gel de peroxyde de carbamide à 37 % ;

Groupe 2 : la chambre pulpaire a été remplie de ProRootMTA sans éclaircissement ;

Groupe 3 : la chambre pulpaire a été remplie de Biodentine et éclaircie par voie intracoronaire comme le Groupe 1 ;

Groupe 4 : la chambre pulpaire a été remplie de Biodentine sans éclaircissement ;

Et Groupe 5 : les dents n'ont reçu aucune intervention (contrôle). Les spécimens ont été chargés verticalement jusqu'à ce que la racine se fracture. Les données ont été analysées avec les tests de Kruskal-Wallis et de Dunn.

Résultats : Il n'y avait pas de différence significative entre les résistances à la fracture des groupes expérimentaux ($P > 0,05$). Cependant, tous les groupes expérimentaux présentaient une résistance à la fracture significativement inférieure à celle du groupe témoin ($P < 0,05$). Ni les ciments au silicate de calcium testés ni les procédures d'éclaircissement n'ont eu d'impact significatif sur les valeurs de résistance à la fracture.

- Article n° 20

Effet du rapport entre le pigment et le gel d'éclaircissement sur la résistance à la fracture et la microdureté de la dentine des dents traitées par endodontie.[109]

Galloza MO, Jordão-Basso KC, Bandeca MC, Costa SO, Borges AH, Tonetto MR, Tirintan FC, Keine KC, Kuga MC. J Contemp Dent Pract. 2017 Nov1;18(11):1051-1055. doi: 10.5005/jp-journals-10024-2174.

Population de spécimens : Un total de 40 incisives inférieures ont été traitées par endodontie.

But : Évaluer les effets d'un gel d'éclaircissement utilisant du peroxyde d'hydrogène (HP) à 35 % combiné à un pigment rouge carmin (RC) dans un rapport 3 :1 ou 1 :1 sur la résistance à la rupture et la microdureté de la dentine des dents traitées par endodontie.

Manœuvre d'utilisation : Population de spécimens divisée en quatre groupes (n = 10), selon le protocole d'éclaircissement : G1 (HP3), 35% HP + RC (3 :1) ; G2 (HP1), 35% HP + RC (1:1) ; G3 (positif), 38% HP ; et G4 (négatif), non éclairci. Quatre séances d'éclaircissement dentaire ont été réalisées. Les couronnes dentaires ont été restaurées après la dernière séance et soumises au test de résistance à la fracture. Un total de 60 spécimens de couronnes d'incisives inférieures traitées par endodontie a été préparé pour évaluer les effets sur la microdureté de la dentine. L'analyse a été mesurée (en Knoop) avant et après la dernière séance d'éclaircissement des dents en utilisant des protocoles d'éclaircissement similaires.

Résultats : Le groupe G2 présentait la plus faible résistance à la fracture ($p < 0,05$). Les autres groupes étaient similaires les uns aux autres ($p > 0,05$). Aucune différence n'a été observée dans la réduction de la microdureté de la dentine entre les groupes ($p > 0,05$).

- **Article n° 21**

Effet d'un collage retardé et de l'application d'un antioxydant sur la force d'adhésion à l'émail après un éclaircissement interne :[110]

Kılınç Hİ, Aslan T, Kılıç K, Er Ö, Kurt G. J Prosthodont. 2016 Jul;25(5):386-91. doi: 10.1111/jopr.12303. Epub 2015 May 21.

Population de spécimens : Quatre-vingt-quatre incisives centrales maxillaires humaines.

But : Cette étude a évalué l'effet d'un collage retardé et de l'application d'un antioxydant (AA, ascorbate de sodium à 10%) après un éclaircissement interne (peroxyde de carbamide à 35%) sur la résistance au cisaillement d'un ciment adhésif à l'émail.

Manœuvre d'utilisation : Les dents ont été traitées d'abord par endodontie, le groupe témoin est resté non éclaircie, sans AA (Application d'antioxydant). Les groupes expérimentaux ont tous été éclaircis intérieurement. L'émail buccal a été fini et poli avec du papier métallographique jusqu'à un raffinement de #600, afin d'obtenir une zone de collage plate de 5 mm. Un ciment adhésif (ClearfilEsthetic) a été placé dans un tube en plastique de 3 mm de diamètre interne et de 3 mm de hauteur et a durci sur l'émail. Le collage a eu lieu soit immédiatement après l'éclaircissement (groupe Im), soit après un délai de 7 jours (groupe 7), soit après un délai de 14 jours (groupe 14), et la moitié des échantillons ont été traités avec une application d'antioxydant (groupes Im-AA, 7-AA et 14-AA). Les tests de résistance au cisaillement ont été effectués sur une machine d'essai universelle, et les données ont été analysées par ANOVA et test de Fisher (5%).

Résultats : Le retardement du collage est un facteur utile pour améliorer la résistance au cisaillement ($p < 0,05$), alors que l'AA n'a amélioré la résistance au cisaillement qu'après un éclaircissement retardé de 7 jours ($p < 0,05$). La force de liaison la plus élevée a été observée dans les groupes 7-AA ($20,51 \pm 4,5$ MPa), 14 ($19,82 \pm 4,6$), 14-AA ($20,27 \pm 4,4$) et le groupe témoin ($20,51 \pm 5,1$), qui n'étaient pas significativement différents les uns des autres.

- Article n° 22

Effet d'un traitement à l'ascorbate de sodium à 35 % sur la résistance à la microtraction après un éclaircissement non vital.[111]

Hansen JR, Frick KJ, Walker MP. J Endod. 2014 Oct;40(10):1668-70. doi: 10.1016/j.joen.2014.06.001. Epub 2014 Jul 10.

Population de spécimens : Quarante troisièmes molaires extraites

But : Selon des rapports antérieurs, les effets négatifs de l'éclaircissement des dents sur la force d'adhésion peuvent être inversés en retardant le collage de 1 à 3 semaines ou en appliquant de l'ascorbate de sodium (AS) à 10 % pendant 3 heures ou plus. Cette étude a évalué l'efficacité de l'application à court terme de 35 % d'AS pour contrecarrer les effets d'un régime d'éclaircissement de 7 jours au peroxyde d'hydrogène à 35 % (H₂O₂) sur la force de liaison.

Manœuvre d'utilisation : Les dents extraites ont été montées et sectionnées pour obtenir une surface de dentine plate, puis réparties au hasard en 4 groupes : groupe 1 : restaurées, sans éclaircissement ; groupe 2 : éclaircies, collées immédiatement ; groupe 3 : éclaircies, traitées avec deux applications de SA 35% de 1 minute avant le collage ; et groupe 4 : éclaircies, traitées avec deux applications de SA 35% de 5 minutes avant le collage. Pour le traitement d'éclaircissement dans les groupes 2 à 4, les surfaces de dentine aplaties ont été exposées à H₂O₂ pendant 7 jours à 37°C. Après les traitements respectifs, les surfaces dentinaires ont été reconstituées avec un composite (TPH3 et Prime & Bond NT, DentsplyCaulk, Milford, DE). Après 24 heures de stockage (100% d'humidité, 37°C), les spécimens ont été sectionnés en poutres dentine-composite de 1 mm. Quatre poutres de chaque dent (n = 40/groupe) ont été soumises à des tests de résistance à la microtraction.

Résultats : Les résultats sont les suivants : groupe 1 : $18,1 \pm 8,1$ MPa, groupe 2 : $11,3 \pm 5,7$ MPa, groupe 3 : $11,2 \pm 5,2$ MPa, et groupe 4 : $12,6 \pm 6,1$ MPa. Une analyse de variance à 1 facteur et le test post hoc de Tukey ($\alpha = 0,05$) ont indiqué que l'éclaircissement avait un effet néfaste sur la force d'adhésion et que les traitements de SA à court terme après l'éclaircissement n'amélioreraient pas significativement la force d'adhésion.

- Article n° 23

Changements optiques de la dentine humaine après un éclaircissement non vital et effet du laser Er,Cr:YSGG sur la force d'adhérence par micro-cisaillement d'un système adhésif auto-mordant et d'un système adhésif mordant et rinçant.[112]

Karakaya İ, Özberk T. Lasers Med Sci. 2021 Feb;36(1):189-196. doi: 10.1007/s10103-020-03075-2. Epub 2020 Jun 23.

Population de spécimens : Soixante-douze spécimens de dentine humaine (1 mm) ont été obtenus.

But : L'objectif était d'évaluer les changements optiques de la dentine humaine éclaircie et l'efficacité du laser Er,Cr:YSGG sur la force de liaison par micro-cisaillement (μ SBS) de deux systèmes adhésifs pour des applications immédiates et différées.

Manœuvre d'utilisation : Les mesures de couleur de 30 spécimens (groupes témoin et éclaircissement) ont été effectuées au départ, après l'éclaircissement et après un délai de 7 jours. Les différences de couleur (ΔE_{00}), de translucidité (ΔTP_{00}) et de blancheur (ΔWID) ont été calculées à partir des données enregistrées. Quarante-deux échantillons ont été utilisés pour comparer le μ SBS d'un adhésif auto-mordant (Clearfil SE Bond [SE]) et d'un adhésif mordant et rinçant (Prime&Bond NT [PBNT]) à la dentine éclaircie. En plus d'un groupe négatif, six groupes ont été envisagés pour chaque adhésif, en tenant compte du moment de l'application du composite (immédiat, différé) et du traitement de surface supplémentaire par laser (1 W, 2 W) ou non. Les données de couleur et de μ SBS ont été analysées statistiquement.

Résultats : Pour l'analyse optique, seuls ΔE_{00} et ΔWID calculés pour la différence entre la ligne de base et l'éclaircissement ont été trouvés significativement différents pour les groupes de contrôle et d'éclaircissement. La blancheur des spécimens blanchis a remarquablement diminué après un délai de 7 jours. Bien que les applications immédiates de SE aient montré un μ SBS plus faible que le contrôle négatif, les applications retardées n'ont montré aucune différence significative, sauf celle du mordantage au laser de 2 W. Pour le PBNT, le mordantage au laser a augmenté le μ SBS pour les applications immédiates et différées, et aucune différence significative n'a été observée par rapport au contrôle négatif. En relation avec le système adhésif préféré, le mordantage au laser Er,Cr:YSGG peut être une alternative pour une force de liaison optimale des restaurations immédiates, mais les cliniciens doivent toujours

garder à l'esprit que la couleur et la blancheur perçues changent avec le temps, ce qui peut affecter la correspondance de la teinte.

- **Article n° 24**

Suivi de six mois de l'effet de l'éclaircissement non vital sur l'IL-1 β et le RANK-L : Un essai clinique randomisé.[113]

Bersezio C, Estay J, Sáez M, Sánchez F, Vernal R, Fernández E. Oper Dent. 2019 Nov/Dec;44(6):581-588. doi: 10.2341/18-023-C. Epub 2019 Apr 29.

Population : Cinquante volontaires ont participé.

But : Il a été rapporté que l'éclaircissement génère une augmentation de l'activité des ostéoclastes in vitro. Nous avons quantifié les biomarqueurs RANK-L et IL-1 β dans un essai clinique randomisé en double aveugle évaluant l'effet in vivo du peroxyde d'hydrogène (35%) et du peroxyde de carbamide (37%) six mois après l'éclaircissement.

Manœuvre d'utilisation : chaque volontaire présente un changement de couleur sur une dent non vitale. Cinquante dents ont été divisées au hasard en deux groupes (n=25), et les dents ont été éclaircies intracoronaire a été effectué par une technique "walkingbleach" sur quatre séances. Des échantillons de fluide crévulaire gingival ont été prélevés et utilisés pour quantifier les taux d'IL-1 β et de RANK-L sécrétés. Des échantillons de six sites parodontaux (trois vestibulaires et trois palatins) ont été recueillis jusqu'à six mois (au début de l'étude [ligne de base] et à une semaine, un mois et six mois après le traitement). Le changement de couleur a été contrôlé visuellement à l'aide du guide Vita Bleached (Δ SGU).

Résultats : En comparant chaque évaluation temporelle à l'évaluation de base, une augmentation significative des niveaux d'IL-1 β et de RANK-L à travers les points temporels a été détectée ($p < 0,05$). Le changement de couleur était de 4 dans G1 et G2, et une différence statistiquement significative ($p < 0,05$) a été trouvée au point de temps du mois entre les groupes. Le test de Spearman a permis de détecter une forte corrélation ($> 0,8$) entre les niveaux d'IL-1 β et de RANK-L dans les deux groupes à tous les moments.

- Article n° 25

Évaluation des marqueurs inflammatoires IL-1 β et RANK-L après un éclaircissement non vital : un suivi de 3 mois.[114]

Bersezio C, Sánchez F, Estay J, Ledezma P, Vernal R, Garlet G, Oliveira OB, Fernández E. J EsthetRestor Dent. 2020 Jan;32(1):119-126. doi: 10.1111/jerd.12557. Epub 2019 Dec 26.

Population : Cinquante volontaires ont participé.

But : Cette étude a évalué les niveaux d'IL-1 β et de RANK-L in vivo et la stabilité de la couleur des dents non vitales éclaircies à l'aide de peroxydes d'hydrogène (35 %) et de carbamide (37 %) 3 mois après le traitement.

Manœuvre d'utilisation : Cinquante dents ont été réparties au hasard en deux groupes (n = 25) : peroxyde d'hydrogène (HP) à 35% ou peroxyde de carbamide (CP) à 37%. Quatre sessions de procédure d'éclaircissement intracoronaire technique walkingbleach ont été réalisées. Les taux d'IL-1 β et de RANK-L ont été évalués à partir d'échantillons de liquide crévulaire gingival (provenant de trois sites vestibulaires et de trois sites palatins) à huit moments différents : au début de l'étude (ligne de base), après quatre séances d'éclaircissement intracoronaire, et à une semaine, un mois et trois mois après le traitement. Les variations de couleur ont été détectées visuellement à l'aide du teintier Vita bleach (Δ SGU).

Résultats : Des augmentations significatives des niveaux d'IL-1 β et de RANK-L ont été détectées à tous les points de temps (tous P < 0,05) en comparant chaque point de temps à la ligne de base, et une corrélation élevée (>0,8-Spearman) entre les variables. Selon les valeurs Δ SGU, un changement de couleur de cinq pour HP et quatre pour CP ont été détectés.

- Article n° 26

L'utilisation de la technique de " Walking Bleaching" augmente-t-elle les marqueurs de résorption osseuse ?[115]

Bersezio C, Vildósola P, Sáez M, Sánchez F, Vernal R, Oliveira OB Jr, Jorquera G, Basualdo J, Loguercio A, Fernández E. Oper Dent. 2018 May/Jun;43(3):250-260. doi: 10.2341/16-334-C. Epub 2018 Mar 13.

Population : Cinquante volontaires ont participé.

But : Cet essai clinique randomisé a évalué l'effet du peroxyde d'hydrogène à 35 % par rapport au peroxyde de carbamide à 37 % dans une technique d'éclaircissement non vital de " walking bleaching " (quatre séances de traitement) sur les marqueurs parodontaux : facteur nucléaire kappa B-ligand (RANK-L-marqueur du processus de résorption radiculaire) et interleukine 1 β (IL-1 β -marqueur de la réponse inflammatoire).

Manœuvre d'utilisation : Les volontaires présentent une décoloration des dents non vitales et un traitement endodontique en bon état. Cinquante dents ont été réparties au hasard en deux groupes d'étude en fonction du gel d'éclaircissement : HP = peroxyde d'hydrogène à 35 % (n=25) et peroxyde de carbamide à 37 % (n=25). L'éclaircissement non vital a été réalisé avec une technique d'éclaircissement en marchant consistant en quatre sessions d'application de l'éclaircissement. Des échantillons de fluide créviculaire gingival ont été prélevés afin de quantifier les taux de RANK-L et d'IL-1 β par dosage immuno-enzymatique. Les échantillons ont été obtenus à partir de six sites parodontaux pour chaque dent éclaircie : trois vestibulaires et trois palatins (mésial, moyen et distal) à sept périodes de temps : ligne de base, après chacune des quatre sessions d'éclaircissement non vital, à une semaine et à un mois après l'éclaircissement non vital. Les variations de couleur des dents ont été analysées à chaque session par le VITA Bleachedguide 3D-MASTER (Δ SGU).

Résultats : Des augmentations significatives des niveaux de RANK-L et IL-1 β ont été détectées à chaque temps évalué par rapport à la ligne de base ($p < 0,05$) ; cependant, aucune différence n'a été détectée entre le peroxyde d'hydrogène et le peroxyde de carbamide sur les augmentations des biomarqueurs étudiés. Le changement de couleur était effectif pour les deux thérapies d'éclaircissement non vital ($p < 0,05$).

- Article n° 27

Décoloration des dents après l'utilisation d'un nouveau ciment pouzzolane (Endocem) et d'un agrégat de trioxyde minéral et les effets d'un éclaircissement interne.[116]

Jang JH, Kang M, Ahn S, Kim S, Kim W, Kim Y, Kim E. J Endod. 2013 Dec;39(12):1598-602. doi: 10.1016/j.joen.2013.08.035. Epub 2013 Oct 6.

Population de spécimens : Trente-deux dents.

But : L'objectif de cette étude était d'évaluer la décoloration des dents après l'utilisation d'un agrégat de trioxyde minéral (MTA) et d'examiner l'effet de l'éclaircissement interne sur la décoloration associée au MTA.

Manœuvre d'utilisation : Les dents ont été traitées par endodontie. Des bouchons de trois millimètres de MTA, ProRoot, Angelus ou Endocem ont été placés dans les cavités d'accès de 24 dents. Huit dents ont servi de groupe témoin. Après 24 heures, les cavités d'accès ont été restaurées, et la couleur de la dent a été enregistrée au départ et après 1, 2, 4, 8 et 12 semaines. Après 12 semaines, les matériaux MTA ont été retirés sous microscope, et un traitement d'éclaircissement interne a été effectué. Après le retrait des matériaux MTA et après un traitement d'éclaircissement d'une semaine, les changements de couleur ont été mesurés, et les interfaces MTA-dentine ont été observées au microscope.

Résultats : Les groupes ProRoot et Angelus ont présenté une décoloration croissante pendant une période de 12 semaines. La décoloration associée à ProRoot et Angelus a été observée à l'interface MTA-dentine et sur la surface intérieure de la dentine. Cependant, les groupes Endocem n'ont montré aucune décoloration significative ($P < 0,05$). Aucune décoloration marginale n'a été observée autour du matériau dans le groupe Endocem. Le retrait de l'MTA décoloré a permis de résoudre la décoloration dans tous les groupes expérimentaux ($P < 0,05$). Cependant, un traitement d'éclaircissement interne ultérieur n'a pas été significativement efficace par rapport à l'élimination du MTA.

- **Article n° 28**

Décoloration des dents et éclaircissement interne après l'utilisation d'une pâte triple antibiotique.[117]

Kirchhoff AL, Raldi DP, Salles AC, Cunha RS, Mello I. Int Endod J. 2015 Dec;48(12):1181-7. doi: 10.1111/iej.12423. Epub 2015 Jan 17.

Population de spécimens : Vingt prémolaires mandibulaires humaines extraites.

But : évaluer la décoloration des dents à apex fermé et ouvert après le placement d'une pâte antibiotique triple (TAP, ciprofloxacine, métronidazole et minocycline) dans la chambre pulpaire et déterminer si la décoloration peut être inversée par des procédures d'éclaircissement interne.

Manœuvre d'utilisation : Les dents ont été divisées en 2 groupes (n = 10) : dents à apex fermé (CA) et dents à apex ouvert (OA). Après un accès conventionnel, le TAP a été scellé dans la chambre pulpaire pendant 3 semaines. La pâte a été éliminée par un rinçage à l'hypochlorite de sodium (NaOCl) et un mélange de perborate de sodium et d'eau distillée a été scellé dans la chambre pulpaire pendant 1, 2 et 3 semaines. La teinte a été mesurée par un spectrophotomètre à six périodes de temps : ligne de base (T0), après 3 semaines de mise en place du TAP (T1), après retrait du TAP avec un rinçage au NaOCl (T2) et après 1 (T3), 2 (T4) et 3 (T5) semaines d'éclaircissement interne avec une pâte de perborate de sodium. Les données ont été recueillies sur la base du système CIELAB-CIE1976 (L*a*b*) et analysées à l'aide de tests t et d'anova.

Résultats : Une diminution significative des valeurs moyennes de L* (luminosité) a été observée après le traitement par TAP (T1, P < 0,05). Des augmentations considérables de ces valeurs après l'éclaircissement au perborate de sodium (T3 < T4 < T5) ont été constatées dans les deux groupes. La seule différence significative dans l'analyse intergroupe était entre T1 et T2, dans laquelle les valeurs ΔE (la décoloration) dans le groupe OA étaient plus élevées (P = 0,04).

- Article n° 29

Décoloration dentaire et effets d'éclaircissement interne sur le nouveau matériau d'obturation endodontique SavDen® MTA :[118]

Yang WC, Tsai LY, Hsu YH, Teng NC, Yang JC, Hsieh SC. J Formos Med Assoc. 2021 Jan;120(1 Pt 2):476-482. doi: 10.1016/j.jfma.2020.06.016. Epub 2020 Jun 26.

Population de spécimens : Trente prémolaires mandibulaires monoradiculaires extraites.

But : Mineral trioxide aggregate (MTA) a été largement utilisé dans le traitement endodontique comme matériau biocéramique. Bien que le MTA présente une biocompatibilité élevée, il peut entraîner une décoloration des dents. L'objectif de cette étude était d'examiner la décoloration de deux matériaux biocéramiques différents et les effets d'éclaircissement interne.

Manœuvre d'utilisation : Les dents ont été réparties de manière aléatoire en trois groupes (n = 10) : ProRoot® MTA blanc, SavDen® MTA et un groupe témoin. L'ouverture de l'accès endodontique, le nettoyage et la mise en forme ont été effectués, puis les dents ont été obturées à l'aide des deux matériaux biocéramiques. La couleur des dents a été enregistrée au départ, au jour 1, et 1, 2, 4, 6, 8, 12, 16 et 24 semaines après le traitement. A la fin des 24 semaines, du perborate de sodium a été utilisé pour effectuer un éclaircissement interne. La couleur des dents a été enregistrée 1, 2 et 6 semaines plus tard. Les dents ont été mesurées à l'aide d'un spectrophotomètre DeguDent®, et les données ont été transformées en système L*a*b* de la Commission Internationale de l'Eclairage (CIE).

Résultats : Les dents traitées avec le MTA ProRoot® blanc ont montré un changement de couleur significatif et une diminution de la valeur L*. L'éclaircissement interne a entraîné une diminution de la valeur ΔE^* pour les trois groupes et une augmentation de la valeur L*. Il n'y a pas eu de différence dans la décoloration des dents entre le SavDen® MTA et le groupe témoin après obturation et éclaircissement interne.

- Article n° 30

Analyse spectrophotométrique de la décoloration et de l'éclaircissement interne après utilisation de différentes pâtes antibiotiques.[119]

Fundaoğlu Küçükkekenci F, Çakici F, Küçükkekenci AS. Clin Oral Investig. 2019 Jan;23(1):161-167. doi: 10.1007/s00784-018-2422-1. Epub 2018 Apr 14.

Population de spécimens : Cent vingt incisives humaines maxillaires extraites.

But : Étudier les différences de couleur induites par les antibiotiques dans les dents après l'éclaircissement en utilisant deux techniques différentes.

Manœuvre d'utilisation : Les spécimens ont été répartis au hasard en six groupes, chacun recevant l'une des six pâtes antibiotiques suivantes : (1) pâte triple antibiotique (TAP) avec minocycline, (2) pâte double antibiotique (DAP), (3) TAP avec amoxicilline, (4) TAP avec céfclor, (5) TAP avec doxycycline, et (6) aucune obturation (groupe témoin). Les mesures spectrophotométriques ont été obtenues au départ, puis au cours de la première, de la deuxième et de la troisième semaine après la pose de la pâte. Les spécimens décolorés par les pâtes antibiotiques ont été divisés au hasard en deux sous-groupes : (1) éclaircissement interne avec du peroxyde d'hydrogène (H₂O₂) et (2) éclaircissement interne avec H₂O₂ plus irradiation au laser Nd-YAG. La valeur ΔE a été calculée et analysée à l'aide d'une analyse de variance à deux voies et du test post-hoc de Tukey ($\alpha = 0,05$).

Résultats : Le ΔE de tous les groupes a montré des différences de couleur dépassant le seuil de perceptibilité ($\Delta E > 3,7$) à tous les points temporels, sauf dans les groupes contrôle et DAP. Le TAP induit par la minocycline présentait la décoloration coronale la plus sévère (32,42). Lorsque le ΔE a été examiné, l'éclaircissement thermo/photo ($22,01 \pm 8,23$) a provoqué plus d'éclaircissement que la technique walkingbleach ($19,73 \pm 5,73$) à tous les points de temps ($P = 0,19$). Aucun groupe n'a retrouvé sa couleur d'origine après l'éclaircissement ($P < 0,05$).

- **Article n° 31**

La pré-application de l'agent de scellement dentinaire empêche la décoloration causée par l'agrégat de trioxyde minéral.[120]

Choi YL, Jang YE, Kim BS, Kim JW, Kim Y. BMC Oral Health. 2020 Jun 3;20(1):163. doi: 10.1186/s12903-020-01151-1.

Population de spécimens : Les racines de 50 prémolaires

But : Evaluer la décoloration des dents par les nouveaux matériaux à base de silicate de calcium, et examiner la pré-application d'un agent de liaison dentinaire (DBA) pour prévenir la décoloration causée par les agrégats de trioxyde minéral (MTA).

Manœuvre d'utilisation : Les racines ont été divisées au hasard en cinq groupes (n = 10) et des cavités ont été préparées à partir des surfaces radiculaires réséquées. Du MTA a été placé dans les cavités des dents appartenant aux groupes ProRoot MTA (MTA) et RetroMTA (RMTA). Pour les dents appartenant aux groupes ProRoot + DBA (MTA-B) et RetroMTA + DBA (RMTA-B), le DBA a été appliqué dans les cavités avant l'ajout du MTA. Les dents du groupe témoin ont été restaurées avec de la résine composite uniquement (c'est-à-dire sans MTA). Après 12 semaines, le MTA a été retiré dans les groupes MTA et RMTA et des agents d'éclaircissement ont été appliqués pendant 3 semaines supplémentaires. Les évaluations de la couleur ont été enregistrées au départ, puis à 1, 4 et 12 semaines, ainsi qu'après l'éclaircissement. Une ANOVA à sens unique a été réalisée pour évaluer les différences entre les deux types de MTA et les changements de couleur après la pré-application de l'ADB dans chaque groupe MTA. Une valeur p de < 0,05 a été considérée comme indiquant une signification statistique.

Résultats : Après 12 semaines de traitement par MTA, il y avait une différence significative entre la décoloration dans les groupes ProRoot MTA et RMTA ($p < 0,05$). Cependant, aucune différence significative n'a été observée entre les groupes RMTA et RMTA-B ($p > 0,05$). Après l'éclaircissement, les changements de couleur (valeurs ΔE) du groupe MTA n'étaient pas significativement différents de ceux du groupe MTA-B ($p > 0,05$). La différence de ΔE entre le groupe RMTA après l'éclaircissement interne et le groupe RMTA-B n'était pas non plus significative ($p > 0,05$).

DISCUSSION

Dans notre étude on a rencontré des difficultés comme :

Le manque des articles liées a notre thème, l'utilisation d'une seule base des données (PubMed), les sites prives et les sites payants (SNDL). On a retenue 31 articles qui traite ce sujet et répondent à nos objectifs, ce nombre d'articles est insuffisant pour faire des études et des analyses comparatives afin d'atteindre nos objectifs qui nécessitent des études de longue durée et avec des grands échantillons et différents protocoles. Après l'analyse de ces articles nous constatons que :

A propos des techniques d'éclaircissement dentaires :

L'efficacité de l'éclaircissement des dents dépulpées par la technique walking bleach a été prouvé par les études.[92, 94, 98]

L'article [92] a montré que l'association de la technique intra coronaire walking bleach avec un gel de peroxyde de carbamide à 10% et la technique au fauteuil a donnée des résultats satisfaisante et réussis à long terme après 25 ans de processus d'éclaircissement.

De plus l'étude [98] affirme que la technique walking bleach en utilisant le peroxyde d'hydrogène à 35 % ou de peroxyde de carbamide à 37 % était très efficace sur les dents non vitales. Le HP à 35 % et le CP à 37 % sont tous deux très efficaces pour la technique WALKING BLEACH et permettent d'obtenir un degré élevé de correspondance de couleur avec les dents homologues.

Chaque gel a eu un impact positif sur l'auto-perception esthétique et l'auto-perception psychosociale des patients après un éclaircissement intracoronaire.

D'autre part l'étude [94] qui portait sur la comparaison entre la technique walking bleach et la technique inside/outside a montré que les deux techniques se sont avérées sûres après 1 an, car aucun signe radiographique de résorption cervicale n'a été observé. Pour la WB, un mélange de 20 % de HP et de perborate de sodium qui se dégrade en métaborate de sodium avec un pH neutre (voire alcalin) a été utilisé. Les 10% de CP utilisés pour l'I-O se décomposent en 3,6% de HP et 6,4% d'urée, ce qui augmente le pH dans la chambre à pulpe. Les deux techniques WB et I-O ont présenté une efficacité similaire et ont entraîné une ΔE significative après 2 semaines ; celle-ci est restée stable après 1 an.

De plus, l'article [99] a mené une étude sur la technique INSIDE-OUTSIDE (i-o) modifiée, dans le but de pallier l'inconvénient de laisser la cavité d'accès ouverte, par scellement de l'agent d'éclaircissement dans la cavité d'accès.

Une accumulation de dépôts d'origine alimentaire peut alors se produire. Pour limiter ce phénomène, il est demandé au patient de rincer la cavité d'accès et de placer une boulette de coton fraîche après chaque repas.

Bien qu'utile, cette procédure ne peut pas empêcher complètement le dépôt de débris alimentaires, ce qui peut réduire l'efficacité de l'éclaircissement. En outre, les micro-organismes peuvent coloniser les tubules dentinaires exposés qui, en raison de l'histologie complexe de la dentine, ne peuvent pas être entièrement décontaminés.

Pour surmonter ces inconvénients, la proposition est de sceller l'agent d'éclaircissement dans la cavité d'accès.

Une restauration provisoire avec un ciment à l'oxyde de zinc-eugénol est recommandée, mais il est également possible de coller une résine composite. Si cette alternative est choisie, les bords en émail de la cavité d'accès doivent être mordancés avec de l'acide phosphorique à 37% avant l'application du gel d'éclaircissement. Des fibres de coton recouvertes d'un agent de liaison doivent ensuite être appliquées sur le peroxyde de carbamide et photopolymérisées avant de placer le composite.

Aussi, plusieurs études [91, 95, 101, 102] ont montré l'incroyable développement dans le domaine de l'éclaircissement des dents dépulpées, qui est basé sur l'utilisation de plasma atmosphérique non thermique.

Selon les résultats de l'article [91], Un effet d'éclaircissement remarquable a été obtenu lorsque les agents d'éclaircissement étaient remplacés par de l'eau déionisée (DIW) et lorsqu'ils étaient traités par un plasma atmosphérique non thermique. Le traitement au plasma atmosphérique non thermique pourrait être un nouvel outil pour l'activation des agents d'éclaircissement dans la chambre pulpaire pour la procédure d'éclaircissement des dents non vitales. En outre, DIW pourrait être utilisée comme nouvel agent d'éclaircissement lorsqu'elle est traitée avec le plasma atmosphérique non thermique afin d'éliminer les risques éventuels liés aux agents contenant des peroxydes.

Les efficacités d'éclaircissement des agents d'éclaircissement ont été significativement améliorées lors du traitement par plasma atmosphérique non thermique par rapport à leur application.

En concordance avec les résultats de l'article[101] qui a montré que L'utilisation du dispositif plasma pencil (PP) en conjonction avec 36% d'H₂ O₂ accélère et améliore en toute sécurité le processus d'éclaircissement des dents.

Tout de même l'étude[102] rapporte que La combinaison de plasma à pression atmosphérique non thermique avec 15% de CP a une plus grande capacité pour un éclaircissement efficace des dents que les sources lumineuses conventionnelles. La température de surface de la dent a été maintenue autour de 37°C, indiquant que le plasma ne cause aucun dommage thermique à la dent. L'application de plasma n'a provoqué aucune modification structurelle de la surface éclaircir.

L'étude[95] affirme que La technique d'éclaircissement au plasma atmosphérique froid, qui pourrait être une nouvelle approche pour l'éclaircissement des dents non vitales, donne de bons résultats cliniques et est sûre pour une utilisation clinique.

Le plasma atmosphérique froid a été utilisé simultanément pour la désinfection du canal radiculaire et l'éclaircissement non vital, ce qui n'est pas possible avec d'autres systèmes et méthodes d'éclaircissement. Les premiers effets de l'éclaircissement étaient déjà visibles lors du premier rendez-vous, lorsque le plasma atmosphérique froid a été utilisé pour désinfecter le canal radiculaire pendant le traitement endodontique. L'utilisation du plasma atmosphérique froid, généré avec un appareil Plasma One, pour l'éclaircissement des dents, peut être réalisée comme une technique d'éclaircissement en cabinet, cette approche peut également être classée comme une méthode d'éclaircissement électrique.

L'utilisation du plasma atmosphérique froid, obtenu par décharge à barrière diélectrique, dans une procédure d'éclaircissement sans agent d'éclaircissement a donné de bons résultats cliniques en peu de temps, sans effets indésirables visibles, et pourrait annoncer une nouvelle approche pour l'éclaircissement des dents non vitales.

Quant aux facteurs qui peuvent avoir un effet sur l'efficacité de l'éclaircissement des dents ;l'article[96] et l'article[97] en ont évoqué quelques-uns.

L'étude[96] rapporte que la conception de l'accès d'éclaircissement des dents traitées par endodontie a un effet clair sur ce processus.

Les dents accessibles avec les conceptions CEC (cavité endodontique contractée) ou TEC (cavité endodontique traditionnelle) ont montré un éclaircissement statistiquement similaire en utilisant du peroxyde de carbamide à 35 %. Cependant, les valeurs de luminosité n'ont été rétablies qu'avec l'éclaircissement par un accès TEC.

Malgré la tendance actuelle à conserver la structure de la dent lors de la réalisation d'accès endodontiques, l'utilisation de conceptions d'accès conservatrices pour l'éclaircissement des incisives centrales maxillaires décolorées a affecté le seuil d'acceptabilité par rapport à une conception d'accès traditionnelle. Ces accès plus petits pourraient ne pas être une option de traitement alternative lorsqu'un éclaircissement interne dans la zone esthétique est prévu.

Selon l'article[97], le protocole d'irrigation a également un effet sur le processus de l'éclaircissement des dents dépulpées.

Les agents d'éclaircissement pénètrent jusqu'à la région extra-radiculaire des dents ; cependant, le niveau de pénétration du peroxyde est significativement plus élevé lorsque la séquence d'irrigation consiste en de l'acide phosphorique avant la mise en place de l'agent d'éclaircissement.

Une nouvelle approche discutée dans l'étude[90], Cet article est le premier à présenter un cas d'éclaircissement dentaire non vital à l'aide d'un système à LED violette, à présenter un rapport de cas pour un éclaircissement dentaire non vital utilisant un système de système LED violet. Nos résultats ont démontré que le protocole d'éclaircissement dentaire utilisant la LED violette associée à un agent d'éclaircissement a permis d'obtenir une des améliorations satisfaisantes de la couleur de la dent non vitale décolorée.

En association avec le gel d'éclaircissement, une source LED peut être utilisée afin d'améliorer la réaction d'oxydation

L'utilisation de source LED violette (λ 408 nm \pm 10 nm) s'est imposée comme une alternative pour favoriser l'éclaircissement dentaire, qui peut être utilisée avec ou sans l'utilisation d'agents d'éclaircissement. Lorsque la LED violette est utilisée sans aucun agent d'éclaircissement, le mécanisme décrit devient un processus purement physique. La longueur d'onde de la lumière violette permet l'absorption de la lumière sur la surface dentaire, décomposant les pigments responsables de la coloration des dents.

Le protocole d'éclaircissement des dents non vitales réalisé dans ce rapport de cas à l'aide d'une LED violette associée à du peroxyde d'hydrogène à 35 % peut être une option viable et sûre pour améliorer la décoloration des dents traitées par endodontie.

Par contre les études[93, 100] ont été menées dans le but d'évaluer l'activation ultrasonique et L'irradiation au laser Er,Cr:YSGG sur l'éclaircissement des dents dépulpées.

L'article[93] affirme que L'irradiation au laser Er,Cr:YSGG a augmenté significativement le ΔE uniquement après la première séance d'éclaircissement lorsqu'elle fonctionnait à 2,5 W. Après la deuxième séance d'éclaircissement, ΔE n'était pas différent par rapport au groupe témoin, indépendamment des réglages de puissance du laser. Et l'étude[100] a montré que L'activation ultrasonique des agents d'éclaircissement pendant l'éclaircissement interne ex vivo n'était pas plus efficace que les procédures d'éclaircissement interne conventionnelles, sans activation.

A propos des produits d'éclaircissement dentaire :

Selon l'article[103], la libération de peroxyde extraradiculaire par le percarbonate de sodium était comparable à celle du perborate de sodium, les différences n'étant pas significatives. Pendant environ 3 à 6 jours ; néanmoins la différence n'était pas significative. La libération de peroxyde extraradiculaire de la CPS s'est avérée comparable à celle du perborate de sodium. En l'utilisant en combinaison avec du peroxyde d'hydrogène, il convient d'utiliser une concentration plus faible de peroxyde d'hydrogène.

D'autre part, bien que l'article[105] suggère que Pour l'éclaircissement des dents tachées de scellant AH26, le gel de peroxyde de carbamide et le gel de peroxyde de carbamide mélangé à du perborate de sodium ont été aussi efficaces et significativement meilleurs que le perborate de sodium mélangé à de l'eau.

De plus l'étude[104] affirme que l'éclaircissement intracoronaire au peroxyde de carbamide à 10 % est une méthode efficace pour éclaircir les dents primaires extraites décolorées.

Un seul article[106] a analysé l'effet du peroxyde de carbamide sur la force d'adhérence du ciment verre-ionomère utilisé comme barrière cervicale où il a conclu que les ciments verre-ionomère ont montré des valeurs de force d'adhérence plus élevées que le ciment au phosphate de zinc, et les ciments verre-ionomère modifiés par une résine ont présenté les valeurs de poussée les plus élevées sur la dentine radiculaire (GC, GL et Vitrebond).

A propos de la résistance des dents à la fracture après un éclaircissement interne :

L'étude[107] rapporte que les dents traitées endodontiquement, soumises à un éclaircissement dentaire et scellées avec du Coltosol, ont présenté les valeurs les plus faibles de résistance à la fracture. En outre, les procédures de restauration utilisant la résine composite ont rétabli la résistance à la fracture des dents traitées par endodontie et éclaircies, mais l'association de la résine composite avec des tenons en fibre de verre n'a pas augmenté la résistance à la fracture plus que la restauration des dents avec la résine composite seule.

Le système adhésif utilisé pour le collage des résines composites a la capacité de mouiller et de s'infiltrer dans la dentine après l'élimination de la couche de smear par mordantage à l'acide, ce qui crée une rétention micromécanique, favorisant la distribution des contraintes dans la dentine, et réduire les risques de fracture.

D'autre part ; en ce qui concerne Résistance à la fracture de dents immatures simulées après des procédures d'éclaircissement interne, l'étude[108] rapporte que :

Ni la marque de ciment au silicate de calcium ni l'exposition à la procédure d'éclaircissement n'affectent de manière significative les valeurs de fracture radiculaire. Ce résultat est cohérent avec les études précédentes, qui ont rapporté que la cavité d'accès semble être le facteur le plus nuisible qui affecte les valeurs de résistance à la fracture.

L'étude[109] a utilisé Le pigment carmine rouge, ce pigment est ajouté à la composition définitive du gel d'éclaircissement afin d'accélérer les réactions chimiques et thermiques avec le HP.

Le protocole utilisant 35% de HP et le colorant carmin rouge dans un rapport de 1 :1 a entraîné une réduction significative de la résistance à la fracture dentaire par rapport aux autres protocoles de traitement, bien qu'aucune différence entre les dents en termes de réduction de la microdureté dentinaire n'ait été observée.

La réduction de la résistance à la fracture s'est produite en raison de la catalyse HP plus élevée. Une libération et une concentration plus élevées de radicaux oxydants, ce qui a affecté négativement les propriétés physiques de la résine composite

Des études complémentaires doivent être menées pour trouver un rapport approprié entre le gel de éclaircissement et le pigment pour obtenir un éclaircissement efficace des dents traitées par voie endodontique sans endommager la structure dentaire, puisque cette étude n'a pas utilisé un groupe témoin pour comparer la réduction de résistance à la fracture et la restauration était immédiatement après le traitement d'éclaircissement, en plus, un seul produit été utilisé HP et à une concentration élevée.

A propos du moment approprié pour la restauration post-éclaircissement :

L'étude[110] rapporte qu'après un éclaircissement interne, le scellement adhésif à l'émail n'est recommandé que lorsqu'il est retardé de 14 jours, ou retardé de 7 jours avec une application d'ascorbate de sodium.

A ceci l'article[111] rajoute que l'application de 35 % de SA dans un délai cliniquement pertinent n'a pas été efficace pour inverser les effets d'éclaircissement sur la force d'adhérence. Les procédures de collage devraient être retardées après l'éclaircissement des dents.

D'après l'étude de l'article[112], le collage retardé a entraîné des valeurs de μ SBS plus élevées pour les systèmes SE et PBNT. Des applications supplémentaires du laser Er,Cr:YSGG peuvent être une voie alternative pour une force de liaison optimale pour les restaurations immédiates avec PBNT, alors qu'elle ne sera pas appropriée pour SE. En outre, une augmentation du niveau d'énergie a conduit à une augmentation de la μ SBS de PBNT pour les applications immédiates et différées. En relation avec le système adhésif préféré, un traitement de surface supplémentaire par irradiation laser Er,Cr:YSGG avec des niveaux d'énergie de 1 W et 2 W peut être considéré comme une méthode alternative pour augmenter la force de liaison des restaurations immédiates ou différées des dents non vitales éclaircies. D'un autre côté, les praticiens dentaires doivent toujours garder à l'esprit que la couleur et la blancheur perçues couleur peuvent changer avec le temps, d'où il est préférable de retarder la restauration finale des dents non vitales éclaircies pour une meilleure correspondance de teinte et une meilleure adhésion.

A propos de l'effet de l'éclaircissement interne par la technique walking bleach sur les biomarqueurs l'IL-1 β et le RANK-L :

Les trois Articles [113-115] s'accordent que l'éclaircissement interne par cette technique augmente les niveaux de cytokines associées à l'inflammation et à la résorption osseuse après la fin de la procédure d'éclaircissement ; ceci doit alerter sur les possibles effets néfastes de cette technique d'éclaircissement. Dans cette étude, les biomarqueurs atteignant des niveaux de maladie parodontale active n'ont pas été détectés, mais ils pourraient être d'un niveau permettant de générer certaines altérations chez les individus sensibles.

La RCE est une autre complication importante liée à l'éclaircissement des dents non vitales, bien qu'elle ne soit pas très fréquente, elle a été décrite comme un effet négatif potentiel d'éclaircissement intracronaire, mais son origine n'a pas été complètement décrite. Ces résultats peuvent être une indication de la façon dont le processus de résorption est généré, car l'axe RANK-RANKL-OPG est impliqué dans le processus de résorption radiculaire, Ces résultats peuvent être liés à un stade initial du processus de résorption radiculaire, sans expression clinique. La technique du walking bleach consiste à placer le matériau de d'éclaircissement dans la chambre pulpaire et l'accès est scellé temporairement et l'agent d'éclaircissement reste en contact avec la dent pendant un plus longtemps. Cependant, la pression de la chambre scellée pourrait faciliter la diffusion du peroxyde et la résorption radiculaire qui en résulte. En outre, les études de ces techniques pour évaluer un effet biologique réduit, comme une chambre non scellée sont nécessaires.

A propos de la décoloration et de l'éclaircissement interne après utilisation de différents matériaux d'obturation canalaire :

Selon les articles [116, 118, 120] ProRoot et Angelus ont provoqué une décoloration des dents. Cependant, L'MTA Endocem, et l'MTA SavDen® et RetroMTA, n'ont pas affectés la surface de dentine en contact, donc ces trois produits peuvent être utilisés pour réduire la décoloration des dents dans les traitements endodontiques.

Le retrait des matériaux MTA décolorés a contribué davantage à la résolution de la décoloration dentaire que l'éclaircissement interne après traitement.

Selon l'article[120] la pré-application de DBA (dentin bonding agent) a réduit la décoloration causée par le ProRoot MTA.

Selon les articles [117, 119] toutes les pâtes d'antibiotiques ont provoqué une décoloration, sauf la DAP. Le TAP induit par la minocycline présentait la décoloration coronale la plus sévère, mais toutes les décolorations ont pu être inversées par un traitement d'éclaircissement interne avec une pâte de perborate de sodium ou avec du peroxyde d'hydrogène (H₂O₂) ou du peroxyde d'hydrogène plus irradiation au laser Nd-YAG.

L'utilisation du peroxyde d'hydrogène plus l'irradiation au laser Nd-YAG a provoqué plus d'éclaircissement que la technique walking bleach.

En général, les dents avec des apex fermés et ouverts avaient les mêmes taux de décoloration et d'éclaircissement.

CONCLUSION

L'éclaircissement interne est le traitement de choix pour traiter les dents dépulpées décolorées car c'est un traitement mini-invasif et le moins mutilant, mais il nécessite une connaissance parfaite de ses techniques et différents produits utilisés pour que les résultats soient satisfaisants pour les attentes des patients et durables dans le temps, en plus d'éviter les complications et les problèmes liés à ce traitement principalement la RCE.

Notre étude bibliographique nous a permis de recenser les points suivants :

Le problème qui se pose avec le choix de la technique est que chaque technique présente des avantages et des inconvénients, vu que l'utilisation du perborate de sodium qui a été classé comme cancérigène, mutagène et toxique pour la reproduction par la législation de l'Union européenne en 2015, on peut constater que la technique de choix c'est la technique d'éclaircissement inside/outside initialement décrite, combinant l'application interne et externe de peroxyde de carbamide à 10%. Si de bons résultats esthétiques et de faibles risques de résorptions cervicales externes ont été associés à cette technique, son principal inconvénient est de laisser la cavité d'accès ouverte, une technique modifiée d'éclaircissement interne/externe est proposée pour pallier cet inconvénient par le scellement de l'agent d'éclaircissement dans la cavité d'accès au lieu de laisser cette dernière ouverte.

Cette technique permet de profiter d'un éclaircissement interne et externe et limiter les risques liés aux autres protocoles en ce qui concerne l'application de la chaleur ou l'utilisation de perborate de sodium, sans oublier l'utilisation de peroxyde d'hydrogène fortement dosé.

Outre les tentatives pour surmonter les inconvénients et les désavantages des techniques, il faut mentionner les progrès et les évolutions dans le domaine de l'éclaircissement des dents dépulpées, qui se traduisent par l'apparition de nouveaux mécanismes de blanchiment, notamment le plasma atmosphérique non thermique et le LED violet. Ce qui est considéré comme ayant des avantages remarquables, dont le plus important est la possibilité d'obtenir un blanchiment des dents sans produits chimiques, en plus du temps considérable qui peut être économisé s'il est utilisé comme un activateur de l'agents d'éclaircissement, et les résultats sont très bons.

Cependant, malgré tous ces avantages, il convient de souligner que certaines de ces études, y compris LED Violet dans l'éclaircissement des dents dépulpées, en dépit de ses bons résultats, est une étude récente (dans les trois dernières années), qui le regroupe sous le titre de la technologie de nouvelle génération.

Sur la base des résultats obtenus dans les différentes études présentées, on peut affirmer que le peroxyde de carbamide, utilisé à une concentration de 10% dans la technique Outside-inside, et à une concentration de 37% dans la technique Walking-bleach, a montré une bonne efficacité et de bons résultats, et peut donc être considéré comme le meilleur agent d'éclaircissement des dents dépulpées.

L'utilisation du colorant carmin rouge avec le HP à 35% vis à accélérer l'action de ce dernier mais leur utilisation dans un rapport 1:1 à entrainer une réduction significative de la résistance à la fracture dentaire, donc cette association nécessite plus des études pour arriver au protocole idéale.

La cavité d'accès provoque une réduction significative des valeurs de résistance à la fracture par rapport aux protocoles d'éclaircissement, cette théorie semble être la plus Juste.

La restauration post-éclaircissement doit être retarder de 14 jours ou de 7 jours avec une application d'ascorbate de sodium mais, il est possible de faire la restauration immédiate si traitement de surface se fait par le laser Er,Cr:YSGG, avec l'utilisation du système adhésif type PBNT.

L'augmentation des niveaux de cytokines associées à l'inflammation et à la résorption osseuse après la fin de la procédure d'éclaircissement par la technique walking bleach pour une période allant jusqu'à 6 mois (la plus longue durée de suivi) peuvent être liés à un stade initial du processus de résorption radiculaire, ce qui indique la nécessité d'une étude de longue durée et en utilisant les différents produits et technique pour arriver au protocole idéal d'éclaircissement interne et comprendre le mécanisme dont ou les facteurs qui associe le risque de la RCE à l'éclaircissement interne.

La décoloration de la dent peut être un effet secondaire courant du traitement endodontique de régénération/revitalisation suit à l'utilisation des différents types d'MTA et les pates antibiotiques mais, certains matériaux sont moins colorants par rapports aux autres et en toutes les cas décoloration répond favorablement au traitement d'éclaircissement interne et le résultat est amélioré si les matériaux décolorants sont retirés avant le traitement. Les types d'MTA ProRoot et Angelus provoque plus décoloration que les autres types l'MTA Endocem, et l'MTA SavDen® et RetroMTA qui peuvent être utilisés pour réduire la décoloration des dents dans les traitements endodontiques. Il est possible de réduire cette décoloration par pré-application de DBA (dentine bonding agent) qui a donné un bon résultat.

La DAP par minocyclines était le mélange qui a donné moins de décoloration par rapport à l'autre mélanges et la TAP a provoqué la décoloration la plus sévère. Cette décoloration liée à l'utilisation des pâtes antibiotique peut être inversées par un traitement d'éclaircissement interne pour toutes les pâtes.

Le praticien doit respecter les protocoles d'éclaircissements pour arriver au résultat souhaiter en évitant tout facteurs qui peuvent être incriminer dans la complication liée à ce traitement

À travers ce modeste travail de mémoire de fin d'études, nous espérons qu'il aboutira au future de base pour d'autres études cliniques ou expérimentales plus approfondies et plus étayées avec plus de résultats et de meilleures perspectives.

BIBLIOGRAPHIE

1. Duc, T., *L'éclaircissement dentaire: comparaison entre méthodes employées au cabinet dentaire et système du commerce*. 2012, Université de Lorraine.
2. BARAKAH, R. and R. ALWAKEEL, *Non-vital Endo Treated Tooth Bleaching with Sodium Perborate*. Current Health Sciences Journal, 2019. **45**(3): p. 329.
3. Bahadır, H.S., G. Karadağ, and Y. Bayraktar, *Minimally invasive approach for improving anterior dental aesthetics: Case report with 1-year follow-up*. Case Reports in Dentistry, 2018. **2018**.
4. Sproull, R.C., *Color matching in dentistry. Part III. Color control*. The Journal of prosthetic dentistry, 1974. **31**(2): p. 146-154.
5. Joiner, A., *Tooth colour: a review of the literature*. Journal of dentistry, 2004. **32**: p. 3-12.
6. Kershaw, S., J. Newton, and D. Williams, *The influence of tooth colour on the perceptions of personal characteristics among female dental patients: comparisons of unmodified, decayed and 'whitened' teeth*. British dental journal, 2008. **204**(5): p. E9-E9.
7. Hasegawa, A., et al., *Color of natural tooth crown in Japanese people*. Color Research & Application: Endorsed by Inter-Society Color Council, The Colour Group (Great Britain), Canadian Society for Color, Color Science Association of Japan, Dutch Society for the Study of Color, The Swedish Colour Centre Foundation, Colour Society of Australia, Centre Français de la Couleur, 2000. **25**(1): p. 43-48.
8. D'INCAU, E., J. Pia, and J. Pivet, *Couleur et choix de la teinte en odontologie*. Esthétique en odontologie. Nov, 2014: p. 25-39.
9. Lasserre, J.-F., *Les sept dimensions de la couleur des dents naturelles*. Clinic, 2007. **28**: p. 1-14.
10. Lasserre, J. and S. Pineau, *Les fondamentaux de la couleur*. Prise de teintes. Des techniques conventionnelles aux techniques électroniques. Paris: ADF, 2010: p. 5-30.
11. *Dyschromie*. [cited 2022 20/06]; Available from: <https://fr.wikipedia.org/wiki/Dyschromie>.
12. Aboudharam, G., et al., *Éclaircissement dentaire*. EMC-Médecine Buccale, 2008. **3**(1): p. 1-15.
13. Faiez, N., A. Muawia, and A. Qudeimat, *Al-Rimawi. Dental Discolouration: An Overview*. J Esthet Restor Dent, 1999. **11**(6): p. 291-310.
14. Alqahtani, M.Q., *Tooth-bleaching procedures and their controversial effects: A literature review*. The Saudi dental journal, 2014. **26**(2): p. 33-46.
15. Touati, B., P. Miara, and D. Nathanson, *Dentisterie esthétique et restaurations en céramique*. 1999: Wolters Kluwer France.
16. Miara, A. and P. Miara, *Traitements des dyschromies en odontologie*. 2006: Wolters Kluwer France.
17. Nau, J.-Y.J.R.m.s., *Gencives et aorte; tabac et cerveau*. 2011. **7**(296): p. 1172-1173.
18. Faucher, A.-J., G.F. Koubi, and C. Pignoly, *Les dyschromies dentaires: de l'éclaircissement aux facettes céramiques*. 2001: Wolters Kluwer France.
19. Dayan, D., et al., *Tooth discoloration--extrinsic and intrinsic factors*. Quintessence International, dental digest, 1983. **14**(2): p. 195-199.
20. Shourie, K., *Mesenteric line or pigmented plaque: a sign of comparative freedom from caries*. Journal of the American Dental Association, 1947. **35**: p. 805-807.
21. Hattab, F.N., M.A. Qudeimat, and H.S. AL-RIMAWI, *Dental discoloration: an overview*. Journal of Esthetic and Restorative Dentistry, 1999. **11**(6): p. 291-310.
22. Watts, A. and M. Addy, *Tooth discoloration and staining: a review of the literature*. British dental journal, 2001. **190**(6).

23. Sulieman, M., *An overview of tooth discoloration: extrinsic, intrinsic and internalized stains*. Dental update, 2005. **32**(8): p. 463-471.
24. Mortazavi, H., M. Baharvand, and A. Khodadoustan, *COLORS IN TOOTH DISCOLORATION: A NEW CLASSIFICATION AND LITERATURE REVIEW*. International Journal of Clinical Dentistry, 2014. **7**(1).
25. Buxeraud, J., *Colorations et taches dentaires, comment les atténuer?* Actualités pharmaceutiques, 2012. **51**(516): p. 47-49.
26. Piette, E. and M. Goldberg, *La dent normale et pathologique*. 2001: De Boeck Supérieur.
27. Bloch-Zupan, A. and A. Chafaie, *Les amélogénèses imparfaites*. Clinic, 2010. **31**(10): p. 512-516.
28. Molla, M., C. Naulin-Ifi, and A. Berdal, *Anomalies de minéralisation de l'émail: fréquence, étiologie, signes d'alerte et prise en charge*. Archives de pédiatrie, 2010. **6**(17): p. 758-759.
29. Bidra, A.S. and F. Uribe, *Successful bleaching of teeth with dentinogenesis imperfecta discoloration: a case report*. Journal of esthetic and restorative dentistry, 2011. **23**(1): p. 3-10.
30. DECHAUME, M., *Précis de stomatologie*. 1959.
31. Rosenthal, P., A. Ramos, and R. Mungo, *Management of children with hyperbilirubinemia and green teeth*. The Journal of pediatrics, 1986. **108**(1): p. 103-105.
32. Ladjouze-Rezig, A., S.R. de Cordoba, and R. Aquaron, *Le rhumatisme alcaptonurique en Algérie: étude clinique, radiologique, biologique et moléculaire: à propos de 14 cas dans 11 familles*. Revue du rhumatisme, 2006. **73**(5): p. 469-478.
33. G, G.-M., *Le guide de l'éclaircissement ambulatoire*. The Dentalist. 2013.
34. Boksman, L. and R.E. Jordan, *Conservative treatment of the stained dentition: Vital bleaching*. Australian Dental Journal, 1983. **28**(2): p. 67-72.
35. Horowitz, H.S., *Indexes for measuring dental fluorosis*. Journal of Public Health Dentistry, 1986. **46**(4): p. 179-183.
36. Feinman, R., R. GOLDSTEIN, and D. and GARBBER, *Bleaching Teeth*, Chicago: Quintessence Pub. 1987, Co.
37. Elbeze, L., *LES ÉCLAIRCISSEMENTS DES DENTS DÉPULPÉES*.
38. Holliday, R., *Cohen's pathways of the pulp*. British Dental Journal, 2011. **210**(5): p. 242-242.
39. Louis, J. and E. Bonnet, *Techniques d'éclaircissement dentaire et projet esthétique*. Réalités Cliniques, 2005. **14**: p. 393-407.
40. Ingle, J.I., L.K. Bakland, and J.C. Baumgartner, *Ingle's endodontics 6*. 2008: Pmph usa.
41. Marin, P., P. Bartold, and G. Heithersay, *Tooth discoloration by blood: an in vitro histochemical study*. Dental Traumatology, 1997. **13**(3): p. 132-138.
42. Lévy, G., *Dentisterie esthétique: traitements mini-invasifs*. 2017: Elsevier Health Sciences.
43. Allal, N. and L. Henaoui, *Traitements chimiques des dyschromies dentaires: Revue systématique de la littérature*. Le Courrier du Dentiste, 2017.
44. Scholtanus, J.D., M. Özcan, and M.-C.D. Huysmans, *Penetration of amalgam constituents into dentine*. journal of dentistry, 2009. **37**(5): p. 366-373.
45. *plombage-dentaire*. [cited 2022 16/05]; Available from: <https://tourisme-dentaire-hongrie.com/plombage-dentaire.html>.

46. Machado, A.W., *10 commandments of smile esthetics*. Dental Press Journal of Orthodontics, 2014. **19**: p. 136-157.
47. Auschill, T.M., et al., *Efficacy, side-effects and patients' acceptance of different bleaching techniques (OTC, in-office, at-home)*. Oper Dent, 2005. **30**(2): p. 156-63.
48. Azer, S.S., et al., *Effect of home bleaching systems on enamel nanohardness and elastic modulus*. Journal of dentistry, 2009. **37**(3): p. 185-190.
49. *Blanchiment Dentaire*. [cited 2022 26/06]; Available from: https://fr.wikipedia.org/wiki/Blanchiment_dentaire.
50. Krug, A.Y. and C. Green, *Changes in patient evaluation of completed orthodontic esthetics after dental bleaching*. Journal of esthetic and restorative dentistry, 2008. **20**(5): p. 313-319.
51. Goldstein, R.E. and D.A. Garber, *Complete dental bleaching*. 1995: Quintessence Publishing (IL).
52. Claisse-Crinquette, A., E. Bonnet, and D. Claisse, *Blanchiment des dents pulpées et dépulpées*. Encycl Méd Chir, 2000.
53. Maguin, H., *La dent dépulpée dyschromiée: techniques d'éclaircissement interne*. 2013, Université de Lorraine.
54. Lopes, G.C., et al., *Effect of bleaching agents on the hardness and morphology of enamel*. Journal of Esthetic and Restorative Dentistry, 2002. **14**(1): p. 24-30.
55. Lewinstein, I., et al., *Effect of hydrogen peroxide and sodium perborate on the microhardness of human enamel and dentin*. Journal of endodontics, 1994. **20**(2): p. 61-63.
56. Santos, J.N., et al., *Surface morphology alterations in bovine dentin exposed to different bleaching agents*. Brazilian Journal of Oral Sciences, 2009. **8**(1): p. 25-29.
57. Rajaa, B., et al., *INTOXICATION PAR LE PEROXYDE D'HYDROGENE DESTINE A LA DECOLORATION DE CHEVEUX: DONNEES DU CENTRE ANTIPOISON ET DE PHARMACOVIGILANCE DU MAROC*. European Scientific Journal, 2013. **9**(36).
58. Gerlach, R.W., M.L. Barker, and H.L. Tucker, *Clinical response of three whitening products having different peroxide delivery: comparison of tray, paint-on gel, and dentifrice*. The Journal of clinical dentistry, 2004. **15**(4): p. 112-117.
59. Pontefract, H., S. Sheen, and J. Moran, *The benefits of toothpaste—real or imagined? Review of its role in tooth whitening*. Dental update, 2001. **28**(2): p. 67-74.
60. Kelleher, M.G., *The 'daughter test' in aesthetic ('esthetic') or cosmetic dentistry*. Dent Update, 2010. **37**(1): p. 5-11.
61. Worschech, C.C., et al., *Brushing effect of abrasive dentifrices during at-home bleaching with 10% carbamide peroxide on enamel surface roughness*. J Contemp Dent Pract, 2006. **7**(1): p. 25-34.
62. Giannini, M., et al., *Effect of carbamide peroxide-based bleaching agents containing fluoride or calcium on tensile strength of human enamel*. Journal of Applied Oral Science, 2006. **14**: p. 82-87.
63. Carrasco, L.D., et al., *Effect of internal bleaching agents on dentinal permeability of non-vital teeth: quantitative assessment*. Dental traumatology, 2003. **19**(2): p. 85-89.
64. Tipton, D.A., S.D. Braxton, and M.K. Dabbous, *Effects of a bleaching agent on human gingival fibroblasts*. Journal of periodontology, 1995. **66**(1): p. 7-13.
65. Freccia, W.F., et al., *An In Vitro Comparison of Non-Vital Bleaching Techniques in the Discolored Tooth*. 1981, ARMY INST OF DENTAL RESEARCH WASHINGTON DC.

66. Kinomoto, Y., D.L. Carnes Jr, and S. Ebisu, *Cytotoxicity of intracanal bleaching agents on periodontal ligament cells in vitro*. Journal of Endodontics, 2001. **27**(9): p. 574-577.
67. Plotino, G., et al., *Nonvital tooth bleaching: a review of the literature and clinical procedures*. Journal of endodontics, 2008. **34**(4): p. 394-407.
68. Zimmerli, B., F. Jeger, and A. Lussi, *Bleaching of nonvital teeth*. Schweiz Monatsschr Zahnmed, 2010. **120**(4): p. 306-13.
69. Goldberg, M., F. Bohin, and E. Bonnet, *L'éclaircissement dentaire—évaluation des thérapeutiques*. Paris. Association Dentaire Française, 2005.
70. Garg, N. and A. Garg, *Textbook of endodontics*. 2010: Boydell & Brewer Ltd.
71. De Oliveira, L.D., et al., *Sealing evaluation of the cervical base in intracoronaral bleaching*. Dental traumatology, 2003. **19**(6): p. 309-313.
72. Vosoughhosseini, S., et al., *Microleakage comparison of glass-ionomer and white mineral trioxide aggregate used as a coronal barrier in nonvital bleaching*. 2011.
73. Attin, T., et al., *Review of the current status of tooth whitening with the walking bleach technique*. International endodontic journal, 2003. **36**(5): p. 313-329.
74. Cavalli, V., et al., *Influence of intracoronaral bleaching agents on the ultimate strength and ultrastructure morphology of dentine*. International endodontic journal, 2009. **42**(7): p. 568-575.
75. Chng, H., et al., *Effect of traditional and alternative intracoronaral bleaching agents on microhardness of human dentine*. Journal of oral rehabilitation, 2004. **31**(8): p. 811-816.
76. Dahl, J., et al., *Bleaching of the discolored traumatized tooth*. Textbook and color atlas of traumatic injuries to the teeth. Edition Oxford: Blackwell, 2007: p. 852-860.
77. Carrasco, L.D., J.D. Pécora, and I.C. Fröner, *In vitro assessment of dentinal permeability after the use of ultrasonic-activated irrigants in the pulp chamber before internal dental bleaching*. Dental Traumatology, 2004. **20**(3): p. 164-168.
78. Greenwall, L., *Bleaching techniques in restorative dentistry: An illustrated guide*. 2001: CRC Press.
79. Prunel, L., *Eclaircissement de la dent dépulpée en 2018*. 2018, Université Toulouse III-Paul Sabatier.
80. Sikri, V.K., *Essentials of Endodontics* Deuxième édition 2019.
81. *SYSTEME TOUCH'N HEAT 5004*.
82. Carrasco, L., et al., *Efficacy of intracoronaral bleaching techniques with different light activation sources*. International endodontic journal, 2007. **40**(3): p. 204-208.
83. Kwon, S.-R., S.-H. Ko, and L. Greenwall, *Tooth whitening in esthetic dentistry*. 2009: Quintessence Publishing Company Limited.
84. So-Ran, K., S.-H. Ko, and W. Greenwall, *Tooth whitening in esthetic dentistry: principles and techniques*. UK: Quintessence Publishing Co, Ltd, 2009.
85. Bonnet, E., *Technique d'éclaircissement sur dents dépulpées*. Le fil dentaire, 2007. **23**: p. 30-33.
86. Dietschi, D., *Nonvital bleaching: general considerations and report of two failure cases*. European Journal of Esthetic Dentistry, 2006. **1**(1).
87. Lazzaroni, S., *Les résorptions cervicales externes: étiologie, diagnostic et traitement*. 2016, éditeur inconnu.
88. Jiménez-Rubio, A. and J.J. Segura, *The effect of the bleaching agent sodium perborate on macrophage adhesion in vitro: implications in external cervical root resorption*. Journal of endodontics, 1998. **24**(4): p. 229-232.

89. Koulaouzidou, E., et al., *Role of cementoenamel junction on the radicular penetration of 30% hydrogen peroxide during intracoronal bleaching in vitro*. Dental Traumatology, 1996. **12**(3): p. 146-150.
90. de Almeida, E.N.M., et al., *Violet LED for non-vital tooth bleaching as a new approach*. Photodiagnosis and Photodynamic Therapy, 2019. **28**: p. 234-237.
91. Çelik, B., et al., *Deionized water can substitute common bleaching agents for nonvital tooth bleaching when treated with non-thermal atmospheric plasma*. Journal of oral science, 2019: p. 17-0419.
92. Amato, A., et al., *In-office and walking bleach dental treatments on endodontically-treated teeth: 25 years follow-up*. Minerva Stomatologica, 2018. **67**(6): p. 225-230.
93. Papadopoulos, A., et al., *Spectrophotometric evaluation of the effectiveness of Er, Cr: YSGG laser-assisted intracoronal tooth bleaching treatment using different power settings*. Photodiagnosis and Photodynamic Therapy, 2021. **34**: p. 102272.
94. Lise, D.P., et al., *Randomized clinical trial of 2 nonvital tooth bleaching techniques: A 1-year follow-up*. The Journal of prosthetic dentistry, 2018. **119**(1): p. 53-59.
95. Pavelić, B., et al., *Cold atmospheric plasma for bleaching endodontically treated tooth: a new clinical approach*. Quintessence Int, 2020. **51**(5): p. 364-71.
96. Marchesan, M.A., et al., *Effect of access design on intracoronal bleaching of endodontically treated teeth: An ex vivo study*. Journal of Esthetic and Restorative Dentistry, 2018. **30**(2): p. E61-E67.
97. Elbahary, S., et al., *Influence of irrigation protocol on peroxide penetration into dentinal tubules following internal bleaching: A confocal laser scanning microscopy study*. Journal of Clinical Pediatric Dentistry, 2021. **45**(4): p. 253-258.
98. Bersezio, C., et al., *Effectiveness and impact of the walking bleach technique on esthetic self-perception and psychosocial factors: a randomized double-blind clinical trial*. Operative Dentistry, 2017. **42**(6): p. 596-605.
99. Reitzer, F., C. Ehlinger, and M. Minoux, *A modified inside/outside bleaching technique for nonvital discolored teeth: a case report*. Quintessence international (Berlin, Germany: 1985), 2019. **50**(10): p. 802-807.
100. Cardoso, M., et al., *Ultrasonic activation of internal bleaching agents*. International Endodontic Journal, 2013. **46**(1): p. 40-46.
101. Claiborne, D., et al., *Low-temperature atmospheric pressure plasma enhanced tooth whitening: the next-generation technology*. International journal of dental hygiene, 2014. **12**(2): p. 108-114.
102. Nam, S.H., et al., *Efficacy of nonthermal atmospheric pressure plasma for tooth bleaching*. The Scientific World Journal, 2015. **2015**.
103. Zoya, A., et al., *Sodium percarbonate as a novel intracoronal bleaching agent: assessment of the associated risk of cervical root resorption*. International endodontic journal, 2019. **52**(5): p. 701-708.
104. Shaheen, M.A.E.M., et al., *Efficacy of 10 percent carbamide peroxide as an intracoronal bleaching agent in nonvital discolored primary teeth: an in vitro study*. Journal of Dentistry for Children, 2017. **84**(1): p. 22-29.
105. Feiz, A., et al., *Effect of several bleaching agents on teeth stained with a resin-based sealer*. International Endodontic Journal, 2014. **47**(1): p. 3-9.
106. Lima, S., et al., *Effect of Carbamide Peroxide on the Push-out Bond Strength of Different Composition Glass-Ionomer Cement to Root Canal Dentin when used as Cervical Barrier*. The Journal of Contemporary Dental Practice, 2015. **16**(12): p. 944-949.

107. Roberto, A.R., et al., *Effect of different restorative procedures on the fracture resistance of teeth submitted to internal bleaching*. Brazilian oral research, 2012. **26**: p. 77-82.
108. Uzunoglu, E., et al., *Fracture resistance of simulated immature teeth after internal bleaching procedures*. Australian Endodontic Journal, 2018. **44**(3): p. 235-239.
109. Galloza, M.O., et al., *Effects of the Ratio between Pigment and Bleaching Gel on the Fracture Resistance and Dentin Microhardness of endodontically treated Teeth*. The Journal of Contemporary Dental Practice, 2017. **18**(11): p. 1051-1055.
110. Kılınc, H.İ., et al., *Effect of delayed bonding and antioxidant application on the bond strength to enamel after internal bleaching*. Journal of Prosthodontics, 2016. **25**(5): p. 386-391.
111. Hansen, J.R., K.J. Frick, and M.P. Walker, *Effect of 35% sodium ascorbate treatment on microtensile bond strength after nonvital bleaching*. Journal of Endodontics, 2014. **40**(10): p. 1668-1670.
112. Karakaya, İ. and T. Özberk, *Optical changes of human dentin after non-vital bleaching and effect of Er, Cr: YSGG laser on micro-shear bond strength of a self-etch and an etch-and-rinse adhesive system*. Lasers in Medical Science, 2021. **36**(1): p. 189-196.
113. Bersezio, C., et al., *Six-month follow-up of the effect of nonvital bleaching on IL-1 β and RANK-L: A randomized clinical trial*. Operative Dentistry, 2019. **44**(6): p. 581-588.
114. Bersezio, C., et al., *Inflammatory markers IL-1 β and RANK-L assessment after non-vital bleaching: A 3-month follow-up*. Journal of Esthetic and Restorative Dentistry, 2020. **32**(1): p. 119-126.
115. Bersezio, C., et al., *Does the Use of a "Walking Bleaching" Technique Increase Bone Resorption Markers?* Operative Dentistry, 2018. **43**(3): p. 250-260.
116. Jang, J.-H., et al., *Tooth discoloration after the use of new pozzolan cement (Endocem) and mineral trioxide aggregate and the effects of internal bleaching*. Journal of endodontics, 2013. **39**(12): p. 1598-1602.
117. Kirchhoff, A., et al., *Tooth discolouration and internal bleaching after the use of triple antibiotic paste*. International Endodontic Journal, 2015. **48**(12): p. 1181-1187.
118. Yang, W.-C., et al., *Tooth discoloration and the effects of internal bleaching on the novel endodontic filling material SavDen® MTA*. Journal of the Formosan Medical Association, 2021. **120**(1): p. 476-482.
119. Fundaoğlu Küçükkekenci, F., F. Çakici, and A.S. Küçükkekenci, *Spectrophotometric analysis of discoloration and internal bleaching after use of different antibiotic pastes*. Clinical Oral Investigations, 2019. **23**(1): p. 161-167.
120. Choi, Y.-L., et al., *Pre-application of dentin bonding agent prevents discoloration caused by mineral trioxide aggregate*. BMC Oral Health, 2020. **20**(1): p. 1-8.

RESUME

Introduction : L'éclaircissement interne est une thérapeutique mini invasive de choix pour traiter les dents dépulpées décolorées, qui nécessite une grande vigilance du praticien.

Objectif : Notre recherche a pour objectif d'identifier les études récentes dans le domaine du blanchiment des dents non vitale.

Matériel et méthode : Une revue de la littérature faite sur « pubmed » rassemblant les articles traitant le thème « l'éclaircissement des dents dépulpées », faites sur être humain sur une période de 10 ans allant de 2012 à 2022. Le site web Deepl Traducteur a été utilisé pour la traduction des articles.

Résultats : Notre étude a identifié 31 articles qui traitaient les techniques d'éclaircissement (technique walking bleach et technique inside/outside) et LES NOUVELLES APPROCHES dans l'évolution des technique de blanchiment interne (plasma atmosphérique non thermique, LED Violet), évaluer les effets et l'efficacité de certains agents de blanchiment (peroxyde d'hydrogène, peroxyde de carbamide, perborate de sodium, percarbonate de sodium), étudier la décoloration des dents et l'éclaircissement interne après l'utilisation de certains matériau d'obturation canalaire (MTA, les pates antibiotique) et de déterminer le moment approprié pour la restauration post-éclaircissement, analyser l'effet de l'éclaircissement interne sur le niveau des biomarqueurs d'inflammation l'IL-1 β et le RANK-L dans les tissus parodontaux, et identifier la résistance des dents à la fracture après un éclaircissement interne dont la cavité d'accès semble être le facteur le plus nuisible qui affecte les valeurs de résistance à la fracture.

Conclusion : Ce travail nous a permis d'objectiver les concepts actuels et les évolutions dans le domaine d'éclaircissement des dents dépulpées.

À travers ce travail, nous espérons qu'il aboutira au future de base pour d'autres études cliniques ou expérimentales plus approfondies et plus étayées avec plus de résultats et de meilleures perspectives.

Mots clés : éclaircissement interne - dyschromie dentaire – agents d'éclaircissement – walking bleach – inside/outside – peroxyde d'hydrogène – peroxyde de carbamide.

ABSTRACT

Introduction: Internal lightening is a minimally invasive therapy of choice to treat discolored depulped teeth, which requires great vigilance by the practitioner.

Objective: The objective of our research was to identify recent studies in the field of non-vital tooth whitening.

Material and method: A review of the literature made on "pubmed" gathering the articles dealing with the theme "the lightening of depulped teeth", made on human beings over a period of 10 years from 2012 to 2022. The website Deepl Translator was used for the translation of the articles.

Results: Our study identified 31 articles that dealt with bleaching techniques (walking bleach technique and inside/outside technique) and NEW APPROACHES in the evolution of internal bleaching techniques (non-thermal atmospheric plasma, LED Violet), evaluate the effects and efficacy of some bleaching agents (hydrogen peroxide, carbamide peroxide, sodium perborate, sodium percarbonate), study tooth discoloration and internal bleaching after the use of some root canal filling material (MTA, antibiotic pastes) and determine the appropriate time for post-thinning restoration, analyze the effect of internal thinning on the level of inflammation biomarkers IL-1 β and RANK-L in periodontal tissues, and identify the resistance of teeth to fracture after internal thinning in which the access cavity appears to be the most detrimental factor affecting fracture resistance values.

Conclusion: This work has allowed us to objectify the current concepts and developments in the field of pulp thinning.

Through this work, we hope that it will lead to the future basis for other clinical or experimental studies more thorough and more supported with more results and better prospects.

Key words: internal lightening - dental dyschromia - lightening agents - walking bleach - inside/outside - hydrogen peroxide - carbamide peroxide.