

**UNIVERSITÉ TOULOUSE III – PAUL SABATIER**  
**FACULTÉ DE CHIRURGIE DENTAIRE**

ANNÉE 2020

2020 TOU3-3030

**THÈSE**

POUR DIPLÔME D'ÉTAT DE DOCTEUR EN CHIRURGIE DENTAIRE

Présentée et soutenue publiquement

Par

**Athina TEMMAR**

Le 25 septembre 2020

**Eclaircissement dentaire aux peroxydes  
de carbamide à 10 et 16% : étude in vitro.**

Directeur de thèse: Dr Thibault CANCEILL

**JURY**

Président : Dr Franck DIEMER

1er assesseur : Dr Karim NASR

2ème assesseur : Dr Paul MONSARRAT

3ème assesseur : Dr Thibault CANCEILL





## Faculté de Chirurgie Dentaire

### ➔ DIRECTION

#### DOYEN

M. Philippe POMAR

#### ASSESEUR DU DOYEN

Mme Sabine JONIOT  
Mme Sara DALICIEUX-LAURENCIN

#### CHARGÉS DE MISSION

M. Karim NASR (*Innovation Pédagogique*)  
M. Olivier HAMEL (*Maillage Territorial*)  
M. Franck DIEMER (*Formation Continue*)  
M. Philippe KEMOUN (*Stratégie Immobilière*)  
M. Paul MONSARRAT (*Intelligence Artificielle*)

#### PRÉSIDENTE DU COMITÉ SCIENTIFIQUE

Mme Cathy NABET

#### DIRECTRICE ADMINISTRATIVE

Mme Muriel VERDAGUER

### ➔ PERSONNEL ENSEIGNANT

### ➔ HONORARIAT

#### DOYENS HONORAIRES

M. Jean LAGARRIGUE +  
M. Jean-Philippe LODTER +  
M. Gérard PALOUDIER  
M. Michel SIXOU  
M. Henri SOULET

### ➔ ÉMÉRITAT

M. Damien DURAN  
Mme Geneviève GRÉGOIRE  
M. Gérard PALOUDIER

## Section CNU 56 : Développement, Croissance et Prévention

### 56.01 ODONTOLOGIE PEDIATRIQUE et ORTHOPEDIE DENTO-FACIALE (Mme Isabelle BAILLEUL-FORESTIER)

#### ODONTOLOGIE PEDIATRIQUE

Professeurs d'Université : Mme Isabelle BAILLEUL-FORESTIER, M. Frédéric VAYSSE  
Maîtres de Conférences : Mme Emmanuelle NOIRRI-ESCLASSAN, Mme Marie- Cécile VALERA, M. Mathieu MARTY  
Assistants : Mme Alice BROUTIN, Mme Marion GUY-VERGER  
Adjoint d'Enseignement : M. Sébastien DOMINE, M. Robin BENETAH

#### ORTHOPEDIE DENTO-FACIALE

Maîtres de Conférences : M. Pascal BARON, Mme Christiane LODTER, Mme Christine MARCHAL, M. Maxime ROTENBERG  
Assistants : Mme Isabelle ARAGON, Mme Anaïs DIVOL,

### 56.02 PRÉVENTION, ÉPIDÉMIOLOGIE, ÉCONOMIE DE LA SANTÉ, ODONTOLOGIE LÉGALE (Mme NABET Catherine)

Professeurs d'Université : M. Michel SIXOU, Mme Catherine NABET, M. Olivier HAMEL  
Maître de Conférences : M. VERGNES Jean-Noël  
Assistant : M. Julien ROSENZWEIG  
Adjoints d'Enseignement : M. Alain DURAND, Mlle. Sacha BARON, M. Romain LAGARD, Mme FOURNIER Géromine, M. Fabien BERLIOZ

## Section CNU 57 : Chirurgie Orale, Parodontologie, Biologie Orale

### 57.01 CHIRURGIE ORALE, PARODONTOLOGIE, BIOLOGIE ORALE (M. Bruno COURTOIS)

#### PARODONTOLOGIE

Maîtres de Conférences : M. Pierre BARTHET, Mme Sara DALICIEUX-LAURENCIN, Mme Alexia VINEL  
Assistants : Mme Charlotte THOMAS, M. Joffrey DURAN  
Adjoints d'Enseignement : M. Loïc CALVO, M. Christophe LAFFORGUE, M. Antoine SANCIER, M. Ronan BARRE ,  
Mme Myriam KADDECH

### CHIRURGIE ORALE

Professeur d'Université : Mme Sarah COUSTY  
Maîtres de Conférences : M. Philippe CAMPAN, M. Bruno COURTOIS  
Assistants : Mme Léonore COSTA-MENDES, M. Clément CAMBRONNE  
Adjoints d'Enseignement : M. Gabriel FAUXPOINT, M. Arnaud L'HOMME, Mme Marie-Pierre LABADIE, M. Luc RAYNALDY, M. Jérôme SALEFRANQUE

### BIOLOGIE ORALE

Professeur d'Université : M. Philippe KEMOUN  
Maîtres de Conférences : M. Pierre-Pascal POULET, M. Vincent BLASCO-BAQUE  
Assistants : M. Antoine TRIGALOU, Mme Inessa TIMOFEEVA, M. Matthieu MINTY, Mme. Cécile BLANC  
Adjoints d'Enseignement : M. Mathieu FRANC, M. Hugo BARRAGUE

## **Section CNU 58 : Réhabilitation Orale**

### **58.01 DENTISTERIE RESTAURATRICE, ENDODONTIE, PROTHESES, FONCTIONS-DYSFONCTIONS, IMAGERIE, BIOMATERIAUX** (M. Serge ARMAND)

#### DENTISTERIE RESTAURATRICE, ENDODONTIE

Professeur d'Université : M. Franck DIEMER  
Maîtres de Conférences : M. Philippe GUIGNES, Mme Marie GURGEL-GEORGELIN, Mme Delphine MARET-COMTESSE  
Assistants : Mme Pauline PECQUEUR, M. Jérôme FISSE, M. Sylvain GAILLAC, Mme Sophie BARRERE  
M. Dorian BONNAFOUS, Mme. Manon SAUCOURT  
Adjoints d'Enseignement : M. Eric BALGUERIE, M. Jean- Philippe MALLET, M. Rami HAMDAN

#### PROTHÈSES

Professeurs d'Université : M. Serge ARMAND, M. Philippe POMAR  
Maîtres de Conférences : M. Jean CHAMPION, M. Rémi ESCLASSAN, M. Florent DESTRUHAUT  
Assistants : M. Victor EMONET-DENAND, M. Antonin HENNEQUIN, M. Bertrand CHAMPION,  
Mme Caroline DE BATAILLE, Mme Margaux BROUTIN  
Adjoints d'Enseignement : M. Antoine GALIBOURG, M. Christophe GHRENASSIA, Mme Marie-Hélène LACOSTE-FERRE,  
M. Laurent GINESTE, M. Olivier LE GAC, M. Louis Philippe GAYRARD, M. Jean-Claude COMBADAZOU, M. Bertrand ARCAUTE, M. Eric SOLYOM, M. Michel KNAFO, M. Alexandre HEGO DEVEZA

#### FONCTIONS-DYSFONCTIONS, IMAGERIE, BIOMATERIAUX

Maîtres de Conférences : Mme Sabine JONJOT, M. Karim NASR, M. Paul MONSARRAT  
Assistants : M. Thibault CANCEILL, M. Damien OSTROWSKI, M. Julien DELRIEU  
Adjoints d'Enseignement : M. Yasin AHMED, Mme Sylvie MAGNE, M. Thierry VERGÉ, Mme Josiane BOUSQUET

-----

Mise à jour pour le 02 mars 2020

## REMERCIEMENTS

**A ma mère**, qui m'a toujours soutenue, encouragée et surtout supportée pendant toutes mes études. Je ne te remercierai jamais assez pour tout ce que tu m'apportes chaque jour, pour l'éducation et les valeurs que tu m'as inculquées. Merci d'être toi, merci d'être la merveilleuse femme que tu es. Je suis tellement fière de toi et j'espère qu'aujourd'hui tu es à ton tour fière de moi. Ce diplôme je te le dois..

**A Vanessa**, ma sœur préférée, ma confidente, ma meilleure amie, qui a toujours été là pour moi, dans les durs comme dans les bons moments, malgré mon caractère un peu trop trempé...

**A ma grand-mère**, la plus importante à mes yeux, et pour qui j'en suis là aujourd'hui.

**A mon oncle, Karim**, un homme exceptionnel que j'ai toujours admiré et voulu rendre fier.

**A Cathy**, ma deuxième maman, que je remercie d'être présente aujourd'hui.

**A Fanny**, ma cousine, ma meilleure alliée, avec qui j'ai tout traversé.

**A Virginie**, ma deuxième sœur qui sait m'écouter et me conseiller.

**A Tom et Benoit, mes meilleurs amis**, qui m'ont permis de m'évader et qui m'ont fait passer les meilleures années de ma vie, en s'occupant de moi et en me protégeant comme des frères le font pour leur petite sœur.

**A Marine, Johanna et Abi** avec qui j'ai partagé mes plus beaux moments pendant ces études qui n'ont pas été faciles, avec qui j'ai partagé mes premiers plus beaux voyages.

**A Robin et Dorian, mes 2 acolytes**, qui m'ont toujours entraîné à faire des folies les veilles de cours mais qui veilleront sur moi toute ma vie.

**A Thomas**, mon fidèle ami depuis des années, sur qui je pourrai toujours compter.

**A Vincent**, mon super binôme et avant tout mon ami, qui m'a supporté malgré mon tempérament pas facile tous les jours !

**A Lukiss**, mon confident au sale caractère mais qui a une grande place dans mon cœur,

**A tous mon entourage que je n'ai pas pu énumérer**, mais qui font de ma vie un réel bonheur chaque jour.

**Et enfin à Thibault**, qui n'a pas été qu'un simple professeur, qui m'a suivi tout le long de mes études à la faculté, qui m'a donné l'opportunité de travailler à ses côtés pour me prodiguer son savoir-faire. Merci de ta confiance et de m'avoir gentiment supporté pendant 5ans !

***A notre président du jury,***

**Monsieur le Professeur Franck DIEMER**

- Professeur des Universités, Praticien Hospitalier d'Odontologie
- Docteur en Chirurgie Dentaire,
- D.E.A. de Pédagogie (Education, Formation et Insertion) Toulouse Le Mirail,
- Docteur de l'Université Paul Sabatier,
- Responsable du Diplôme Inter Universitaire d'Endodontie à Toulouse,
- Responsable du Diplôme universitaire d'hypnose
- Co-responsable du diplôme Inter-Universitaire d'odontologie du Sport
- Vice- Président de la Société Française d'Endodontie
- Lauréat de l'Université Paul Sabatier

*Nous sommes très sensibles à l'honneur que vous nous faites en acceptant la présidence de ce Jury de Thèse.*

*Qu'il nous soit permis de vous exprimer nos sincères remerciements et notre respect le plus profond.*

***A notre jury,***

**Monsieur le Docteur Karim NASR**

- Maître de Conférences des Universités, Praticien Hospitalier d'Odontologie,
- Docteur en Chirurgie Dentaire,
  - Lauréat de l'Université Paul Sabatier.
- Master1 mention Biotechnologie-Biostatistiques
- Master 2 Recherche en Science des Matériaux
- certificat d'Etudes Supérieures de technologie des matériaux employés en Art Dentaire
- Certificat d'Etudes Supérieures de prothèse Dentaire (Option prothèse Scellée)
- Responsable du domaine d'enseignement Imagerie et Numérique
- Responsable de l'Attestation d'Etudes Universitaires d'Imagerie Maxillo-Faciale (CBCT).
- Responsable du Diplôme Universitaire de CFAO en Odontologie
- Chargé de mission à la Faculté de Chirurgie Dentaire de Toulouse

*Vous m'avez fait l'honneur d'accepter de faire partie de ce jury de  
Thèse*

*Nous vous remercions pour votre enseignement de CFAO, que nous  
souhaitons mettre en application dans notre futur cabinet.*

*Veillez trouver dans ce travail l'expression de ma gratitude.*

***A notre jury,***

**Monsieur le Docteur Paul MONSARRAT**

- Maître de Conférences des Universités - Praticien Hospitalier en Odontologie,
- Master 1 Recherche : Biosanté et Méthodes d'Analyse et de Gestion en Santé Publique,
- Master 2 Recherche : mention : Biologie, santé; spécialité : Physiopathologie,
- Lauréat de la faculté de Médecine Ranguel et de Chirurgie Dentaire de l'Université Paul Sabatier,
- Docteur de l'Université Paul Sabatier - Spécialité Physiopathologie,
- Diplôme Universitaire d'Imagerie 3D maxillo-faciale,
- CES Biomatériaux en Odontologie.
- Diplôme universitaire de Recherche Clinique en Odontologie

*Vous m'avez fait l'honneur d'accepter de faire partie de ce jury de Thèse.*

*Votre gentillesse, votre disponibilité et votre empathie auront marqué mes études.*

*Ce fut un réel plaisir d'avoir été encadré par vous-même lors de ma clinique en 5<sup>e</sup> année.*

*Veillez trouver ici le témoignage de ma plus grande gratitude.*

***A mon directeur de thèse,***

**Monsieur le Docteur Thibault CANCEILL**

- Assistant Hospitalier-Universitaire
- Docteur en Chirurgie Dentaire
- Master 1 Santé Publique : Biostatistiques, modélisation et méthodologie des essais cliniques
- Master 2 de Physiopathologie : du moléculaire au médical
- CES Biomatériaux en Odontologie
- D.U.de conception Fabrication Assisté par ordinateur en Odontologie (CFAO)
- D.U. de Recherche Clinique en Odontologie
- Attestation de Formation aux gestes et Soins d'Urgence Niveau 2

*Vous m'avez fait le très grand honneur de diriger cette thèse.*

*Je vous remercie de la qualité de votre enseignement ainsi que de votre simplicité et votre gentillesse durant toutes mes années d'étude.*

*Veillez trouver dans ce travail l'expression de ma gratitude et de mes sentiments les plus sincères.*

## Table des matières

I – Introduction.....	11
II - Généralités .....	13
a) Structure de la dent .....	13
<i>a. L'émail</i> [9] .....	13
<i>b. La dentine</i> .....	13
<i>c. La pulpe</i> .....	14
b) Propriétés optiques .....	15
<i>a. Perception de la couleur</i> .....	15
<i>b. Les 3 dimensions fondamentales de la Couleur : Teinte, Luminosité, Saturation : trivalence de la couleur</i> .....	16
<i>c. Les dimensions complémentaires</i> [14] .....	16
<i>d. Définir la teinte à travers les teintiers : exemple de la gamme VITA®</i> .....	18
c) Couleur physiologique de la dent.....	20
d) Couleur pathologique .....	21
<i>a. Introduction / classifications</i> .....	21
<i>b. Facteurs prédisposants</i> [19].....	22
<i>c. Causes extrinsèques</i> .....	23
<i>d. Causes intrinsèques</i> [19] .....	26
III – Qu'est-ce que l'éclaircissement ? .....	32
a) Diffusion .....	33
b) Interaction [21].....	34
c) Modifications de couleur [38] .....	35
IV - Les produits d'éclaircissements externes ambulatoires.....	37
a) Le peroxyde d'hydrogène [49] .....	37
b) Le peroxyde de carbamide [50] .....	37
c) Les autres composants [21] .....	38
d) Les facteurs influençant.....	39
<i>a. La température</i> .....	39
<i>b. La concentration</i> .....	40
<i>c. Le temps</i> [55] .....	40
<i>d. Le pH</i> [58].....	40
e) Les produits éclaircissants ambulatoires sur le marché .....	40
V – Les éclaircissements externes ambulatoires .....	42
a) Principales contre-indications.....	42
b) Les mesures pré-opératoires .....	43

<i>a. Examen clinique et radiologique</i> [59] .....	43
<i>b. La prise de teinte</i> .....	43
<i>c. Recommandations</i> .....	44
c) Modalités de réalisation de l'éclaircissement ambulatoire [59], [60] .....	44
VI – Etude <i>in vitro</i> .....	46
a) Brève introduction et objectif de l'étude .....	46
b) Matériels et méthodes.....	47
c) Résultats .....	49
d) Discussion .....	54
VII – Conclusion.....	59
VIII – Bibliographie .....	60
IX – Table des figures.....	66
X – Table des tableaux.....	67

## I – Introduction

L'esthétique dentaire occupe une part de plus en plus importante dans la société actuelle, que ce soit au niveau de l'alignement des dents, du sourire ou même de leur teinte. La dénomination de sourire « *hollywoodien* » est utilisée en référence aux nombreuses publicités qui mettent en valeur des célébrités aux sourires blancs et harmonieux. Cela a une influence sur les comportements de soins des populations, les individus les plus sensibles à l'esthétique dentaire semblant être les étudiants [1]. En effet, une étude sur leur perception dentaire a été réalisée et montre que 75% des étudiants sondés souhaitaient modifier l'aspect de leurs dents. Parmi eux, la majorité (56%) souhaitait changer de couleur, tandis que seulement 32% souhaitaient modifier leur disposition [2].

Le problème est sensiblement le même dans la population générale puisque par exemple, d'après une étude réalisée en 2004 au Royaume-Uni, 28% des adultes n'étaient pas satisfaits de leurs dents [3].

Dans cette enquête, sur 3215 sujets du Royaume-Uni, 50% disent percevoir une sorte de décoloration des dents [3]. Les résultats peuvent suggérer qu'une augmentation de la demande d'éclaircissements des dents et d'interventions à visée esthétique en général est à prévoir d'autant que la santé orale fait partie intégrante de la santé générale et contribue à améliorer la qualité de vie des sujets [4]. C'est la santé des tissus oraux et péri-oraux qui permet de manger, de parler et d'établir des relations sociales avec les autres individus, sans gêne ni inconfort, et qui contribue au bien-être général.

Une autre étude [2] montre qu'en Malaisie et en Turquie le pourcentage des adultes insatisfaits de leur dents est plus élevé (respectivement 52,8% et 42,7%). Cela reflète bien que la perception de l'esthétique dentaire est différente en fonction des cultures et des valeurs inculquées à chaque individu [5].

Dans un souci thérapeutique ou purement esthétique, il existe différentes méthodes pour éclaircir les dents. La première est le recours aux dentifrices blancheurs contenant par exemple de la covarine [6] ou des agents détergents, abrasifs, etc. Leurs effets sont très limités et lorsqu'ils existent, se limitent à des périodes de temps très courtes. Une étude en cours au sein de la Faculté de Chirurgie Dentaire de Toulouse s'intéresse de près à l'effet de ces dentifrices et les résultats confirment leur faible pouvoir éclaircissant. La seconde

méthode correspond à l'utilisation à domicile de gels ou de bandes éclaircissant(e)s qui sont à base de peroxyde d'hydrogène et qui sont appliqués directement sur la surface des dents. Les instructions du fabricant sont généralement des applications deux fois par jour pendant 14 jours. Cela permet de gagner 1 ou 2 nuances de teinte au maximum. Les autres méthodes sont mises en œuvre par un chirurgien-dentiste. Elles font suite à un nettoyage professionnel de la surface des dents (détartrage et polissage) et peuvent s'accompagner d'éclaircissements internes (dents traitées endodontiquement), d'éclaircissements externes, voire de soins plus invasifs comme l'érosion/infiltration ou même les facettes en céramique.

## II - Généralités

### a) Structure de la dent

La couronne est composée en épaisseur de trois différentes couches : l'émail en surface, la dentine, et la pulpe dans sa partie la plus interne.

La nature, la composition et l'épaisseur de ces couches caractérisent la couleur de la dent. Ces paramètres sont menés à évoluer au cours de la vie, ce qui entraîne le changement de la teinte globale de la dent dans le temps.

Au fur et à mesure du temps l'émail devient plus fin, la couleur de la dentine devient plus visible, ce qui donne un effet de « dents jaunes » [7], [8].

#### a. L'émail [9]

C'est la couche la plus externe et la plus protectrice de la couronne clinique de l'humain. Grâce à sa composition (cristaux d'hydroxyapatite de calcium et de phosphate), elle a le potentiel de résister aux agressions et aux forces physico-chimiques.

C'est le tissu le plus minéralisé du corps humain. Cette caractéristique lui confère une grande translucidité, d'environ 70%. Plus l'émail est minéralisé, plus sa transparence est grande et laissera donc apparaître la couleur de la dentine sous-jacente. C'est le cas des personnes âgées. Chez les enfants, en particulier sur les dents déciduales, l'émail est plus épais et moins minéralisé. La dent apparaît ainsi plus blanche.

En effet, une étude montre que la densité minérale et les pourcentages en poids de calcium et de phosphate retrouvés dans la couche externe d'émail chez des personnes âgées étaient significativement plus élevés que chez des patients jeunes [10]

#### b. La dentine

Tissu moins minéralisé que l'émail, sa teinte est plutôt jaune (Figure 1). Elle recouvre la pulpe et est entourée par l'émail. C'est elle qui caractérise essentiellement la teinte de la dent. On distingue trois types de dentine :

- La dentine primaire nettement moins minéralisée que l'émail et ayant une composante organique plus importante, elle apparaît plus opaque ;

- La dentine secondaire plus minéralisée que la première, sa translucidité est plus grande, ainsi que sa chromacité (voir plus bas pour les définitions) ;
- La dentine réactionnelle ou tertiaire : elle se forme secondairement à une agression. Elle est plus saturée que les deux autres types de dentine, mais reste localisée au niveau de la zone réactionnelle.

Dans la dentine, le diamètre des tubulis diminue progressivement avec l'âge en raison de leur remplissage progressif en minéraux. Ce processus débute dans la troisième décennie de la vie et se poursuit jusqu'à ce que les lumières soient complètement obstruées. C'est à ce moment que le tissu est considéré comme sclérotique. En conséquence, la teneur en minéraux de la dentine augmente avec l'âge [11].



**Figure 1** : Coupe d'une dent observée sous loupe binoculaire. La dentine (\*) apparaît beaucoup moins translucide que l'émail (iconographie du Dr. Canceill).

### c. La pulpe

C'est la partie vivante, et la plus interne de la dent. Constituée de nerfs et de vaisseaux sanguins, elle a une couleur rouge foncée. Dans le cas de dents jeunes avec une chambre pulpaire volumineuse, elle peut donner une teinte rosée à la dent.

La pulpe dentaire contient une population importante de cellules souches avec un potentiel de différenciation sur plusieurs lignées qui ont la possibilité de régénérer les tissus de la dentine et de la pulpe en raison de leur propriétés angiogéniques notamment [12].

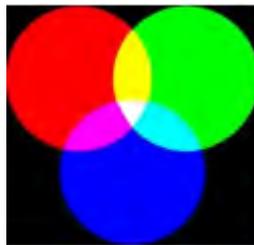
## b) Propriétés optiques

### a. Perception de la couleur

Le spectre du visible se situe entre une longueur d'onde allant de 380 nanomètres (violet), à 700 nm (rouge). La combinaison de toutes les couleurs spectrales produit la lumière blanche. La rétine, fine membrane tapissant le fond de l'œil, est destinée à recevoir les informations lumineuses. Elle est composée de nombreux photorécepteurs : les bâtonnets et les cônes.

- Les bâtonnets, 100 fois plus sensibles que les cônes, détectent de faibles luminosités mais ne perçoivent pas les couleurs. Ils sont responsables de la vision nocturne.
- Les cônes sont responsables de la vision des couleurs. Chez l'Homme, il existe trois types de cônes sensibles à trois domaines de couleurs : ceux proches du bleu, ceux proches du vert et ceux proches du rouge. Ainsi on dit que l'Homme est trichromate puisqu'il a 3 types de cônes.

Ne possédant que 3 types de cônes, le cerveau humain doit recevoir la même intensité de la part des cônes verts et des cônes rouges pour fabriquer du jaune par exemple (Figure 2). C'est le même principe pour obtenir de la lumière blanche, les trois types de cônes (rouge, vert, bleu) doivent être stimulés avec la même intensité.



**Figure 2** : Constitution des couleurs en fonction des composantes rouge, verte, bleue de la lumière.

La perception des couleurs est particulièrement liée à l'expérience et à l'éducation du sens visuel. Elle dépend de l'âge, de facteurs environnementaux, de l'intégrité des récepteurs oculaires et du fonctionnement cérébral. Elle est donc subjective et varie d'un individu à l'autre [13].

b. Les 3 dimensions fondamentales de la Couleur : Teinte, Luminosité, Saturation : trivalence de la couleur

L'analyse de la couleur passe par la connaissance de son caractère trivariant. Classiquement, une couleur se définit par trois dimensions : la luminosité, la saturation et la teinte [13].

i. La luminosité

Elle correspond à la quantité de blanc contenue dans la couleur, ou encore à la quantité de lumière réfléchi. C'est le facteur le plus important dans la réussite de la couleur d'une prothèse dentaire.

Son appréciation s'effectue mieux dans une ambiance lumineuse de faible intensité ou seuls les bâtonnets rétinien sont stimulés (extinction du scialytique par exemple)

ii. La saturation

Elle désigne la densité ou l'intensité d'une couleur. C'est la quantité de pigment pur contenue dans une couleur. C'est le deuxième facteur à relever lors d'une détermination de couleur.

iii. La teinte (ou tonalité chromatique)

Elle est définie par la longueur d'onde dominante de la lumière réfléchi par l'objet. Elle correspond aux différentes sensations colorées (rouge, vert, bleu, jaune, etc.).

c. Les dimensions complémentaires [14]

On dit que l'émail est translucide et opalescent, alors que la dentine est opaque et colorée.

i. La translucidité

Celle de la dentine est de 40 %, celle de l'émail est de 70 %. Ainsi, le noyau dentinaire opaque donne la tonalité chromatique (=teinte) et l'émail semi-translucide est responsable des effets de luminosité. L'affinement de la couche d'émail du bord libre jusqu'au collet donne un effet de dégradé. Le dégradé cervical ne correspond qu'à l'affinement de la couche d'émail vers le collet, laissant davantage apparaître la couleur dentinaire de fond.

Ainsi, plus une dent est translucide, moins elle est lumineuse, car une grande partie de la lumière pénètre dans la dent.

#### ii. L'opalescence

Il s'agit d'un effet d'optique se rapportant à la pierre opale qui grâce à la taille très fine de ses cristaux, réfléchit préférentiellement le bleu, et filtre le rouge-orangé. Les cristaux d'hydroxyapatite très fins de l'émail lui confèrent cette propriété. Cet effet d'optique se retrouve au niveau du bord libre (Figure 3), et sur les dents jeunes, quand l'émail est épais. L'opalescence et la fluorescence sont des caractéristiques optiques souvent confondues.



**Figure 3 :** Opalescence du bord libre d'après James Fondriest [15].

#### iii. La fluorescence

C'est la capacité d'un corps soumis à un rayonnement ultraviolet non visible de réémettre cette lumière dans une bande spectrale visible de longueurs d'onde courtes. Les dents naturelles présentent une fluorescence nette blanc-bleutée (Figure 4). La dentine est essentiellement responsable de cette propriété.

Il a été introduit depuis longtemps dans les poudres de céramiques des terres rares qui donnent aux dents prothétiques une fluorescence bleutée comparable aux dents naturelles.



**Figure 4 :** Fluorescence bleutée d'une incisive éclairée avec des rayons UV d'après Pignoly et al. [14].

d. Définir la teinte à travers les teintiers : exemple de la gamme VITA®

i. VITA Classical [16]

Ce teintier comporte 16 teintes allant de A1 à D4 (Figure 5)



Figure 5 : Teintier Vita Classical.

La classification proposée sur ce teintier simple d'utilisation permet de **trouver la nuance/teinte la plus proche de la dent** puis de définir la luminosité. Les nuances sont organisées tout d'abord par teintes :

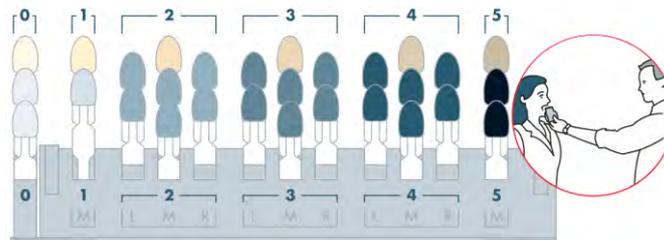
- Rougeâtre-brunâtre : lettre A
- Rougeâtre-jaunâtre : lettre B
- Grisâtre : lettre C
- Gris-rougeâtre : lettre D

Puis, au sein de ces teintes (A, B, C ou D), les nuances sont classées par un numéro du plus clair, le 1, au plus foncé et intense, le 4. Ainsi, une nuance A1 sera une nuance à la couleur rougeâtre tirant vers le brun, tout comme la nuance A2 mais cette dernière sera plus sombre.

ii. VITA SYSTEM 3D MASTER [14]

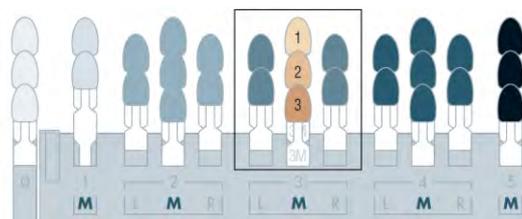
La marque VITA a amélioré son nuancier pour couvrir davantage de nuances de blancs retrouvées réellement chez les patients. Ce teintier comprend donc 26 nuances et trois étapes de sélection de la couleur sont désormais nécessaires. Il faut d'abord identifier le groupe de luminosité, ensuite trouver la teinte puis le niveau de saturation.

Les luminosités sont classées de la plus claire (groupe 0, correspondant aux couleurs *bleach*) à la plus foncée (groupe 5) (Figure 6). Il est à noter que l'utilisation d'une photo du nuancier en noir et blanc permet de trouver plus facilement le groupe de luminosité.



**Figure 6 :** Choix de la luminosité d’après le manuel d’utilisation du teintier.

Ensuite, les dents peuvent avoir une couleur tirant sur le jaune ou sur le rouge. Cela s’identifie grâce aux lettres L (jaune), M (neutre) ou R (rouge) inscrites au sein des catégories de luminosités (Figure 7).



**Figure 7 :** Choix de la couleur des dents (lettres L, M et R) et de la saturation (numéros 1, 2 et 3), au sein de chaque catégorie de luminosité.

La dernière étape consiste à trouver le niveau de saturation. Parmi les nuances du groupe identifié, il faut choisir l’intensité allant de 1 à 3 (Figure 7).

### iii. Teintier électronique Vita Easyshade Advance 4.0®

Le teintier électronique est un spectrophotomètre portable qui permet un enregistrement numérique de la teinte du patient (Figure 8). Une seule valeur peut être relevée sur la face vestibulaire ou plusieurs (au collet, au centre et au bord libre) si la teinte est complexe. L’appareil donne diverses informations. De façon simple, celui-ci indique l’analogie avec les teintiers manuels Classical (A3, B4...) et System 3D Master (1M2...).



**Figure 8 :** Teintier électronique Vita Easyshade Advance 4.0.

Il est également possible de cliquer sur les boutons de navigation du menu pour sélectionner un affichage des composantes de la couleur selon plusieurs systèmes comme le L, a, b [17].

### c) Couleur physiologique de la dent

La couleur des dents varie d'un individu à un autre, d'un groupe de dents à un autre, et sur la surface même d'une dent.

Ainsi une couronne se caractérise par trois zones ayant chacune des particularités de colorations :

- Le bord incisif, ou l'extrémité cuspidienne des prémolaires et molaires, généralement translucide car souvent constitué uniquement d'émail. Il peut apparaître bleuté par effet d'opalescence ;
- Le corps de la dent caractérisé par une teinte plus soutenue, pouvant aller du jaune au gris, est moins translucide ;
- Le bord cervical, au niveau du collet anatomique, est en général plus opaque, plus jaune ou plus coloré.
- À cela peuvent s'ajouter des taches, des zones de transparence, des bandes plus ou moins marquées, des fissures ou des microreliefs qui vont influencer et caractériser la couleur des dents.

En outre, la couleur évolue au cours de la vie, en corrélation avec les changements de structure. Ainsi, avec l'âge, l'émail va subir progressivement des phénomènes d'usure et de minéralisation. Ces deux processus combinés mènent à une transparence accrue de la

couche amélaire qui va laisser transparaître plus fortement la couleur de la dentine, plus jaune, augmentant ainsi la saturation de la couleur perçue de la dent [18].

## d) Couleur pathologique

### a. Introduction / classifications

La décoloration des dents est un phénomène fréquent. Elle présente de nombreuses formes qui diffèrent par leur étiologie, leur apparence, leur composition, leur emplacement, leur sévérité et leur adhérence à la surface de la dent [19]. Si la couleur des dents est fonction de la nature et de l'épaisseur de ses composants internes, elle se trouve également sous l'influence d'échanges avec le milieu extérieur. En effet, la dent est un lieu d'échange permanent avec des fluides, que cela soit endogène avec le sang contenu dans la pulpe, ou exogène en relation avec la cavité buccale par l'intermédiaire de la salive.

Il existe fondamentalement deux types de dyschromies suivant le siège de la coloration [20] :

- Celles d'origine externe ne touchant que la surface amélaire. Causées par des agents externes, on les appelle dyschromies extrinsèques ou acquises. Elles sont superficielles et prennent préférentiellement ancrage au niveau des sillons, dépressions et rainures de l'émail ;
- Celles d'origine interne situées principalement dans les structures amélodentaires : les dyschromies intrinsèques, dites congénitales ou systémiques.

Il est important de déterminer l'étiologie des dyschromies car elle permet directement de poser l'indication ou pas d'un traitement d'éclaircissement. Elle est également nécessaire à la mise en place de la thérapeutique la plus adaptée, l'intensité des taches pouvant être aggravée s'il y a des défauts de l'émail par exemple. Leur gestion devra alors être comprise dans le traitement.

Les taches dentaires extrinsèques [21] sont causées par des facteurs tels que la plaque dentaire et le tartre, les aliments et les boissons, le tabac, les bactéries chromogènes, les

composés métalliques et les médicaments topiques. Les composés colorés provenant de ces sources sont adsorbés dans la pellicule dentaire acquise ou directement sur la surface de la dent, ce qui provoque l'apparition d'une tache.

Les taches dentaires intrinsèques [21] sont causées par des matériaux dentaires (restaurations dentaires, par exemple), des affections dentaires et des caries, des traumatismes, des infections, la prise de médicaments, des carences nutritionnelles et d'autres troubles parmi lesquels les complications de la grossesse, les troubles de la coagulation, les défauts et maladies héréditaires (par exemple, ceux qui affectent le développement ou la maturation de l'émail et/ou de la dentine).

Le système de classification de Nathoo des colorants dentaires extrinsèques décrit 3 catégories comme suit [22] :

- Catégorie de Nathoo type 1 (N1) : un matériau coloré de type N1 (chromogène) se lie à la surface de la dent. La couleur du chromogène est similaire à celle des taches dentaires causées par le thé, le café, le vin, les bactéries chromogènes et les métaux.
- Catégorie de Nathoo type 2 (N2) : le matériau coloré de type N2 change de couleur après la liaison à la dent. Les taches sont en fait des taches de type N1 qui s'assombrissent avec le temps.
- Catégorie de Nathoo type 3 (N3) : un matériau incolore ou préchromogène de type N3 se lie à la dent et subit une réaction chimique qui provoque une tache. Les taches de type N3 sont causées par des aliments riches en glucides (comme les pommes, les pommes de terre), le fluorure stanneux et la chlorhexidine.

#### b. Facteurs prédisposants [19]

Certains facteurs prédisposent les enfants et les adultes aux taches extrinsèques, notamment les défauts de l'émail, le dysfonctionnement salivaire et une mauvaise hygiène buccale.

- Les fissures et les défauts de la surface extérieure de l'émail sont sensibles à l'accumulation d'aliments, de boissons, de tabac et d'autres agents topiques produisant des taches.
- Étant donné que la salive joue un rôle majeur dans l'élimination physique des débris alimentaires et de la plaque dentaire des surfaces dentaires externes et interproximales, la diminution du débit salivaire contribue à la décoloration extrinsèque. Une diminution du débit peut être causée par une maladie locale (obstructions et infections salivaires, par exemple), une maladie systémique (par exemple le syndrome de Gougerot-Sjögren), une radiothérapie pour cancer, une chimiothérapie ou encore plusieurs médicaments (anticholinergiques, antihypertenseurs, antipsychotiques, antihistaminiques).
- La cause la plus commune des taches extrinsèques est une mauvaise hygiène buccale. L'impossibilité d'éliminer les matières produisant des taches et / ou l'utilisation de dentifrices dont les actions de nettoyage et de polissage sont inadéquates provoquent des décolorations.

### c. Causes extrinsèques

#### *i.* La plaque, le tartre [23]

De nombreuses bactéries sont présentes habituellement en bouche et se déposent continuellement à la surface des dents. La pellicule exogène acquise (PEA) est la première étape de formation de la plaque dentaire. C'est un substrat d'origine salivaire (protéines) qui se forme quelques minutes après le brossage. Elle comporte des récepteurs reconnus par les adhésines bactériennes. Puis des bactéries dites pionnières (principalement Streptocoques et Actinomyces) adhèrent de manière irréversible à cette PEA.

Ces bactéries aérobies et anaérobies facultatives forment des microcolonies. Puis secondairement d'autres bactéries anaérobies strictes viennent s'y fixer grâce à des phénomènes d'adhérence inter-bactérienne. Toutes ces bactéries vont produire une matrice organique qui va les protéger du milieu extérieur. Une véritable dynamique s'installe, si aucune action mécanique (brossage dentaire) ne vient contrarier son développement. La

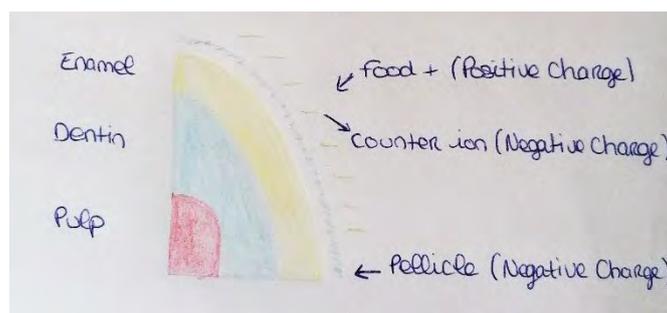
plaque évolue en trois dimensions avec augmentation de sa résistance. La plaque présente une couleur variant du gris au jaune.

Progressivement la plaque dentaire se minéralise, en incorporant des sels de phosphate de calcium d'origine salivaire. Ceci donne naissance au tartre qui peut prendre plusieurs couleurs lui aussi : brunâtre voire noir en sous-gingival à cause du fer contenu dans le sang et blanc ou jaunâtre en supra-gingival qui peut être coloré secondairement au contact d'aliments ou du tabac.

## ii. Les habitudes de vie : tabac/alimentation/boissons

La perméabilité de la dent tout au long de la vie permet la pénétration de pigments qui proviennent des aliments, boissons et tabac. Les aliments, le café, le tabac provoquent surtout des colorations superficielles, alors que les drogues provoquent surtout des colorations profondes [22]. Les substances contenues dans certaines boissons et qui sont responsables des colorations dentaires sont des composés qui génèrent de la couleur en raison de la présence de doubles liaisons conjuguées. La surface de la dent est chargée négativement, alors que la nourriture et les boissons sont chargées positivement (Figure 9). Il y a donc des interactions ioniques qui permettent aux chromogènes ou au pré-chromogènes de se fixer à la surface de la dent. La ténacité de l'adhésion du chromogène varie. Par exemple, les taches provoquées par le thé et café sont plus difficiles à enlever avec l'âge [22].

*The N1 Type Mechanism – Binding of food substances via Ion Exchange Mechanism*



**Figure 9 :** Mécanisme d'apparitions des colorations liées à l'alimentation sur la surface de la dent [22].

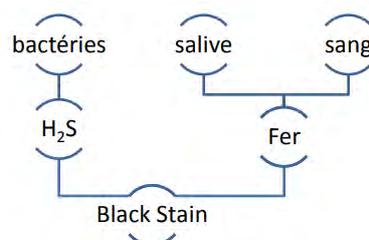
Les dépôts de tanins présents dans le thé, le café et d'autres boissons provoquent des taches brunes sur les surfaces externes (buccale, labiale) et internes (linguale, palatine). Les taches de tabac provenant des cigarettes, des cigares, des pipes et du tabac à chiquer provoquent des taches tenaces de couleur marron foncé et noire qui couvrent du tiers cervical à la moitié de la dent (Figure 10).



**Figure 10** : Exemple de coloration lié au tabac à chiquer sur les surfaces dentaires [22].

### iii. Les bactéries chromogènes

Les bactéries chromogènes provoquent des taches, généralement sur le bord gingival de la dent appelée « *black stain* » en anglais. Cette tache contient un composé ferrique insoluble, noir, probablement le sulfate ferrique. Il est estimé depuis longtemps que le composé provient de l'interaction de l'hydrogène sulfuré produit par des bactéries dans l'environnement parodontal et du fer dans la salive ou dans le fluide gingival [24]. La raison pour laquelle certaines personnes accumulent un tel composé alors que d'autres non n'est pas claire, cela peut être dû aux différences de flore ou de composition de la salive. En réalité, bien que le mécanisme de formation de ces taches soit décrit depuis plus de 30 ans (Figure 11), des études continuent encore aujourd'hui de rechercher les facteurs bactériens ou même alimentaires prédisposant leur apparition [25]. Comprendre la raison de l'apparition de « *black stain* » chez un patient permettra de mieux gérer le traitement.



**Figure 11** : Schéma du mécanisme de formation de « *black stain* » selon Reid et Beelay [24].

#### iv. Les médicaments

Les médicaments topiques provoquent des taches. La réalisation de bains de bouche à la chlorhexidine par exemple provoque une coloration brune après plusieurs semaines d'utilisation (Figure 12) [22].



**Figure 12 :** Coloration dentaire extrinsèque causée par l'utilisation topique à long terme d'un bain de bouche à la chlorhexidine à 0,12% [22]

#### v. Les composés métalliques [26]

Les composés métalliques sont également impliqués dans les décolorations dentaires en raison de l'interaction des métaux avec la plaque dentaire et la salive. L'exposition industrielle au fer, au manganèse et à l'argent peut tacher les dents en noir. Le mercure et la poussière de plomb peuvent provoquer une tache bleu-verte ; le cuivre et le nickel des teintes vertes à bleues-vertes ; les vapeurs d'acide chromique des taches oranges foncées; et les solutions d'iode une coloration brune.

#### d. Causes intrinsèques [19]

##### i. Les matériaux dentaires

Les biomatériaux peuvent être responsables de colorations sur une dent [27]. Les restaurations à l'amalgame peuvent générer des produits de corrosion laissant diffuser des

espèces ioniques métalliques autour de la restauration, ce qui donne une couleur grise-noire à la dent (Figure 13). Les restaurations résines peuvent également être indirectement à l'origine de colorations car la percolation des fluides buccaux et l'infiltration du joint peuvent être responsables de colorations jaunes autour de la restauration.



**Figure 13** : Coloration grisâtre de la dentine liée à la présence d'un volumineux amalgame sur une molaire maxillaire (iconographie du Dr. CANCEILL)

Outre les matériaux de restauration, ceux à visée endodontique peuvent également entraîner des colorations des tissus dentaires. Les biomatériaux d'obturation endodontique peuvent conduire à un changement de teinte de la dent qui peut devenir légèrement grisâtre [28]. De même, les matériaux bioactifs comme la Biodentine ou surtout le MTA utilisés en coiffages pulpaire ont pour principal inconvénient de teinter les tissus en gris [29].

## ii. Le vieillissement

Du fait des phénomènes chroniques d'attrition, d'abrasion et d'érosion qui dégradent les tissus dentaires à mesure que les dents permanentes vieillissent, la denture devient progressivement plus grise et jaune. Le mécanisme est purement lié à l'âge et à la révélation de la couleur jaune naturelle de la dentine sous-jacente (Figure 14).



**Figure 14** : Usure dentaire par attrition sur des incisives et canines mandibulaires. La dentine de couleur jaunâtre apparaît une fois l'émail détruit (iconographie du Dr. CANCEILL)

Au fil du temps, plusieurs facteurs sont à l'origine d'une accentuation de cette coloration jaune de la dent : l'apposition de dentine secondaire physiologique et réactionnelle, le rétrécissement de la chambre pulpaire ou encore l'amincissement de la couche amélaire (comme expliqué précédemment).

### iii. Les traumatismes

La décoloration d'une dent peut être le résultat de processus pré-éruptifs ou post-éruptifs liés à un traumatisme [30]. Une compréhension du moment de la formation des dents (en particulier des séquences de calcification et d'éruption) peut aider à expliquer les causes de la décoloration. En effet, un traumatisme peut perturber la formation de l'émail et peut entraîner une hypoplasie de l'émail, ce qui se traduit par une opacité localisée sur la dent en éruption. Les incisives permanentes sont généralement atteintes après une intrusion des incisives lactéales chez les jeunes enfants qui tombent sur le visage.

Un choc sur une dent, lactéale ou définitive, peut également entraîner une lésion du paquet vasculo-nerveux. Si le paquet vasculo-nerveux est étiré, une hémorragie localisée peut survenir. Le sang pénètre alors dans les tubules, se dégrade en libérant de l'hémoglobine, qui libère à son tour des ions  $Fe^{2+}$ . En s'oxydant, ces ions peuvent donner des oxydes de fer qui pourront s'associer aux sulfures et former des sulfures de fer, à l'origine d'une coloration gris foncé de la dent. En plus de l'hémorragie, la pulpe réagit fortement en produisant notamment de la dentine secondaire qui pourra être à l'origine d'une oblitération totale de la lumière pulpaire. La dent apparaît alors d'une couleur plus saturée, plus opaque et gris orangé voire brun foncé. Si le paquet vasculo-nerveux est rompu, l'hémorragie peut être

plus importante. Le sang va envahir tous les canalicules et va donner à la dent une coloration rouge sous l'émail. Le type et l'intensité de cette coloration dépendra du délai entre la perte de la vitalité et le traitement endodontique.

#### iv. La carie et le leucome précarieux

Selon le type de carie (arrêtée ou active) les colorations peuvent être brunâtres, jaunes ou noires (Figure 15), avec un aspect lisse ou rugueux, mat ou brillant. Les leucomes précarieux (aussi appelée « *white spot* » en anglais) sont des hypominéralisations amélaire, caractérisées par un émail blanc-crayeux (Figure 16). De tailles et de formes variables, les contours sont plus ou moins diffus. La surface de l'émail est rugueuse, poreuse et opaque.



**Figure 15** : Lésions carieuses multiples chez un patient polycarié (iconographie Dr. CANCEILL)



**Figure 16** : Leucomes pré-carieux produisant des taches de couleur blanc-crayeux [31]

#### v. Les infections

Les infections odontogènes périapicales des dents lactéales peuvent perturber l'amélogénèse normale des dents permanentes sous-jacentes qui vont leur succéder. Ceci peut impliquer une hypoplasie localisée de l'émail.

Bien que rare, l'infection par la rubéole maternelle ou par le cytomégalovirus et la toxémie gravidique de la grossesse peuvent entraîner elles-aussi une décoloration des dents de l'enfant.

#### vi. Les carences nutritionnelles

Les vitamines C et D, le calcium et le phosphate sont nécessaires à la bonne formation des dents. Des carences peuvent donc entraîner une hypoplasie des tissus dentaires.

#### vii. Les défauts génétiques et les maladies héréditaires

Les défauts génétiques dans la formation d'émail ou de dentine incluent l'amélogénèse imparfaite (AI), la dentinogénèse imparfaite (DI) et la dysplasie dentinaire (DD) [32] (Figures 17 et 18). Ce sont des maladies héréditaires avec une propension à la décoloration intrinsèque des dents.



**Figure 17** : Amélogénèse imparfaite [33]



**Figure 18** : Dentinogenèse imparfaite [34]

viii. Les médicaments

Le fluor inhibe la déminéralisation des lésions carieuses débutantes et favorise la reminéralisation de l'émail en un émail plus résistant (le fluor se substitue notamment au phosphate de l'hydroxyapatite pour former de la fluoroapatite). Cependant, au-delà d'une certaine dose (>1mg/kg/j) administrée pendant la période de formation des dents, de la naissance à l'âge de 8 ans, il y a un risque de fluorose. La fluorose dentaire est une hypominéralisation de l'émail due à une perturbation de la phase de maturation tardive de la minéralisation de l'émail (Figure 19) [35]. En effet le fluor altère la dégradation de l'amélogénine, aboutissant à une augmentation du contenu en protéines de l'émail au détriment de la minéralisation [36].



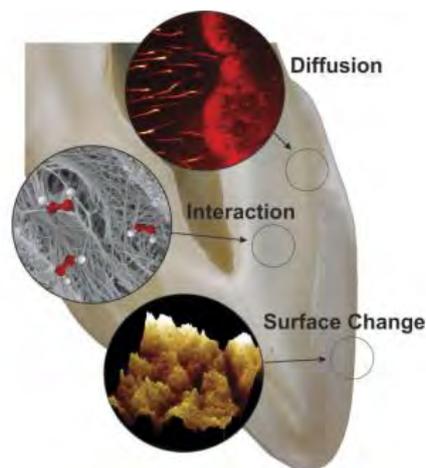
**Figure 19** : Fluorose visible sur les incisives maxillaires [35]

Tétracyclines : Les tétracyclines diffusent depuis la pulpe à travers la dentine jusqu'à l'interface émail-dentine en chélatant les ions calcium et en les incorporant à l'hydroxyapatite en tant que complexe orthophosphate stable [37]. Cela crée des stries gris foncé ou brunes sur les dents.

### III – Qu'est-ce que l'éclaircissement ?

L'enjeu de l'éclaircissement est d'une part de réduire la portion de lumière disponible pour l'absorption dentinaire en augmentant l'opacité de l'émail (permise par une diminution de son homogénéité structurale), et d'autre part de désaturer la dentine en dégradant les volumineux agglomérats de chromophores constitués tout au long de la vie. La digestion des chromophores nécessite l'allongement du temps de contact agent éclaircissant/dent comme cela sera détaillé plus loin. Le principe général est donc basé sur la modification micromorphologique de la dent qui va entraîner une modification de la perception de la couleur de la dent. Ceci s'explique en trois phases distinctes [38] (Figure 20) :

- 1) La diffusion du produit éclaircissant (= le peroxyde d'hydrogène ( $H_2O_2$ )) à travers les tissus dentaires,
- 2) Une interaction chimique entre le peroxyde d'hydrogène et les chromophores et
- 3) L'altération de la surface de la structure de la dent de telle sorte qu'elle reflète la lumière différemment.



**Figure 20** : Les trois phases conduisant à l'éclaircissement de la dent [38]

Le résultat de cette séquence d'événements est le changement de couleur de la dent après l'éclaircissement. Il faut toutefois minimiser les dommages concomitants sur la structure de la dent et du parodonte selon l'agressivité des produits. C'est cette notion de sécurité qui a conduit les autorités à exiger la supervision des thérapeutiques d'éclaircissement par les professionnels de santé.

## a) Diffusion

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) [39]. 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. Un tel phénomène est permis par la grande perméabilité des tissus dentaires aux fluides [40]. Le plus grand écoulement de fluide dans l'émail et la dentine se fait dans les espaces interprismatiques et les tubulis dentinaires [39].

Cette diffusion est influencée par plusieurs paramètres :

- **Le temps de contact et la température du produit** [41]. En effet, la diffusion du produit éclaircissant est nettement améliorée par la prolongation du temps de contact, ainsi qu'une température plus élevée. Initialement conservé au frais, le produit est inactif, puis une fois placé en bouche à température corporelle il s'active et les résultats apparaissent.
- **La concentration du peroxyde** [38] : les concentrations plus élevées permettent d'obtenir un effet plus rapide que les concentrations plus faibles.
- **La structure naturelle de la dent et son évolution au cours de la vie** [42]. Les dents jeunes (qui ont des cristaux d'hydroxyapatite de l'émail plus petits et des tubulis dentinaires larges) permettent une bonne diffusion du produit. Les dents âgées (qui ont des cristaux d'hydroxyapatite plus importants et des tubulis moins larges) freinent en revanche la diffusion [43]. Les dents deviennent également moins lumineuses avec le temps. Elles prennent une couleur jaune et parfois même un peu rouge/orangée voire marron du fait de la réduction des composants organiques (majoritairement eau, protéines et collagène) en faveur d'une hyperminéralisation de l'émail et de la dentine (notamment par l'apposition continue de dentine secondaire). La dent âgée devient alors un milieu optiquement relativement homogène. Ainsi la diffusion du produit éclaircissant en son sein diminue et elle apparaît plus translucide. De plus, il existe également très souvent une usure mécanique et/ou chimique des tissus dentaires, entraînant un amincissement de

l'émail. Enfin, les colorants extrinsèques finissent par pénétrer dans l'épaisseur de la dent, contribuant à la saturation de dent. De ce fait, l'émail âgé, affiné et plus translucide, permet qu'une plus grande part (en comparaison avec une dent jeune) du rayon lumineux incident soit transmise à la dentine, devenue plus saturée. Au final, la dent âgée, par l'augmentation de la saturation et de la visibilité de la dentine, manque nettement de luminosité.

Il faut aussi savoir que les dents hypominéralisées (MIH par exemple) permettent une meilleure diffusion notamment au niveau des zones hypominéralisées [44].

- **La présence de restaurations** [45]. Le peroxyde pénètre aussi dans les dents restaurées. C'est en grande partie dû aux propriétés de micro-fuite des matériaux de restauration, puisqu'aucun de ces matériaux ne peut l'empêcher complètement. Toutefois la diffusion reste très limitée [46].

En conclusion, il existe un grand nombre de facteurs d'influence en ce qui concerne la diffusion du principe actif de l'agent éclaircissant. Cela rend le traitement d'éclaircissement très variable non seulement d'un individu à l'autre, d'une dent à l'autre, mais aussi au sein même d'une dent.

## b) Interaction [21]

Les chromophores sont des molécules organiques colorées possédant de longues chaînes conjuguées (composées alternativement de simples et doubles liaisons). Leur décoloration est permise par leur oxydation par l'agent actif comme le  $H_2O_2$ , qui entraîne une dégradation d'une ou plusieurs doubles liaisons de la chaîne carbonée.

En effet, le peroxyde d'hydrogène est un agent oxydant qui, en diffusant dans la dent, se dissocie pour produire des radicaux libres instables qui attaqueront les doubles liaisons des molécules chromophores dans les tissus dentaires.

Suite à ce processus oxydatif, à l'origine de l'éclaircissement dentaire, la double liaison stable du chromophore est transformée en simple liaison avec un électron non apparié.

L'électron non apparié entraîne une grande instabilité de la molécule, il faut donc lui laisser le temps de se lier à une autre molécule, afin de la stabiliser.

C'est donc le changement de conjugaison (double liaison en simple liaison) qui produit des constituants plus petits et moins fortement pigmentés. Il y aura donc un changement dans le spectre d'absorption des molécules de chromophore. Ainsi, l'éclaircissement des tissus dentaires se produit.

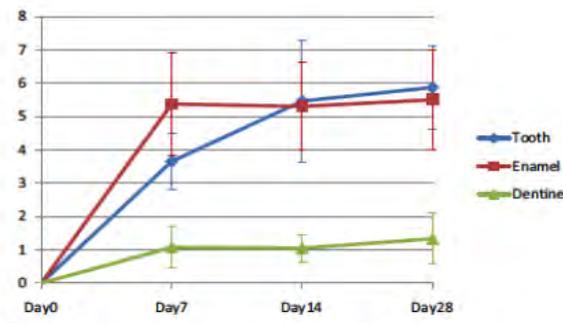
Le retour à une situation plus stable (via la reformation d'une double liaison), apparaît être une hypothèse expliquant une part des récives post-éclaircissement.

### c) Modifications de couleur [38]

La perception de la couleur des dents est influencée par de nombreux facteurs, y compris les conditions d'éclairage, l'objet en cours de visualisation, et le spectateur. Il est donc difficile de surveiller les changements minimes de couleur. C'est d'autant plus compliqué lorsqu'on prend en compte toutes les propriétés optiques des tissus dans la perception des couleurs, c'est-à-dire l'opacité, la translucidité, l'opalescence et la fluorescence.

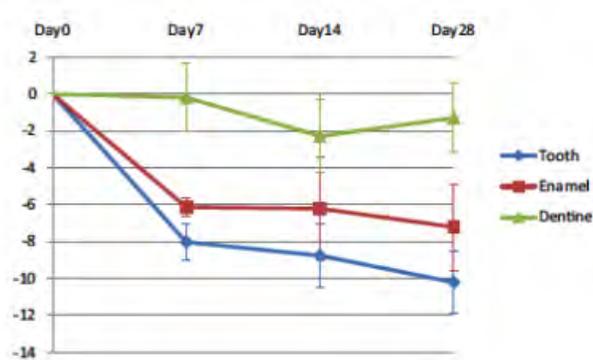
La couleur est déterminée par la dentine mais c'est l'émail qui joue un rôle plus important dans la perception de la couleur, car la diffusion de la lumière sera différente en fonction de la qualité et de la dureté de la couche externe de l'émail des dents. C'est donc l'émail qui cause le changement de couleur de la dent le plus perceptible en raison des changements de translucidité [47]. Lors de l'éclaircissement, il y a une diminution de la translucidité de l'émail, dû aux altérations micromorphologiques de l'émail le plus superficiel par déprotéinisation, déminéralisation et oxydation. Il en découle une moindre visibilité de la couleur de la dentine sous-jacente [48]. Après l'éclaircissement, il y a une reminéralisation et une réabsorption accrue des minéraux, d'où la diminution de l'effet blanchissant.

Au cours de l'éclaircissement, la dentine gagne peu en luminosité ; l'émail *a contrario* est éclairci de 5 unités en à peine 1 semaine, puis son gain de luminosité se stabilise [47] (Figure 21). Finalement, la dent se trouve plus lumineuse, majoritairement grâce à la composante émail. De plus on peut noter que l'effet du traitement global en terme de luminosité est obtenu pour un peu plus que la moitié (3,5 unités /6) à l'issue de la 1ère semaine.



**Figure 21** : Evolution de la luminosité de la dent, de l'émail et de la dentine au cours du temps sous l'effet d'une thérapeutique d'éclaircissement (d'après Ma et al [47]).

La désaturation de l'émail est rapide, mais celle de la dentine est beaucoup plus lente [47] (Figure 22). C'est pour cela que l'éclaircissement des dents calcifiées est indiqué sur une période prolongée. C'est aussi pour cette même raison que les dents âgées répondent moins bien ou moins vite que les dents jeunes (pour lesquelles il n'y a pas eu d'apposition de dentine secondaire et/ou tertiaire).



**Figure 22** : Evolution de la désaturation de la dent, de l'émail et de la dentine au cours du temps sous l'effet d'une thérapeutique d'éclaircissement (d'après Ma et al [47]).

La qualité de l'éclaircissement est liée dans ce cas à la désaturation de l'émail, puis à celle de la dentine qui prendra le relais. Il faut donc une augmentation du temps de contact entre le produit et la dentine pour que sa diffusion puisse se faire en profondeur et qu'ainsi la dégradation des chromophores soit complète.

## IV - Les produits d'éclaircissements externes ambulatoires

### a) Le peroxyde d'hydrogène [49]

Le peroxyde d'hydrogène est un dérivé de l'eau oxygénée qui oxyde les molécules foncées contenues à l'intérieur de la dent pour obtenir des molécules plus claires. Son faible poids moléculaire permet son passage à travers l'émail et la dentine. De formule  $H_2O_2$ , il est constitué de deux atomes d'hydrogène et de deux atomes d'oxygène. Il est incolore et légèrement plus visqueux que l'eau.

Lors de sa scission, il libère une molécule d'eau et une d'oxygène selon la réaction suivante :



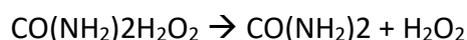
Selon le pH, le type de produit est différent. En effet, à pH acide, la dissociation aboutit à la production de radicaux libres  $O^-$  dont le pouvoir oxydant est faible. À pH basique, une dissociation anionique se produit et donne naissance à des ions perhydroxyl  $HO_2^-$  plus réactifs et des protons  $H^+$ .

Le peroxyde d'hydrogène est actif pendant 30 à 60 minutes. De nature acide, il entraîne plus de sensibilités, plus de récurrences, plus d'altération des tissus dentaires. Les concentrations élevées diminuent le temps de traitement mais sont plus agressives.

### b) Le peroxyde de carbamide [50]

Il se compose d'une molécule de peroxyde d'hydrogène couplée à une molécule d'urée. Sa formule chimique est :  $CO(NH_2)2H_2O_2$ . Ses cristaux blancs sont incolores et inodores.

Le peroxyde de carbamide, au contact de l'eau, libère une molécule de peroxyde d'hydrogène ( $H_2O_2$ ) et une molécule d'urée ( $CO(NH_2)_2$ ) selon la formule :



Le peroxyde d'hydrogène libère par la suite des radicaux libres.

L'urée se décompose en dioxyde de carbone ( $\text{CO}_2$ ) et en ammoniac. Elle permet de rendre la solution plus basique en augmentant le pH, facilitant grandement le processus d'éclaircissement par une augmentation de la production d' $\text{H}_2\text{O}_2$ . L'urée dégrade la matrice organique de l'émail en clivant les liaisons hydrogènes, permettant ainsi l'action du  $\text{H}_2\text{O}_2$ . C'est donc bien le peroxyde d'hydrogène qui est 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 en tant que produit éclaircissant pur relargue une molécule d'oxygène dès ses premières secondes de contact avec les surfaces dentaires et agit ensuite rapidement, alors que le peroxyde de carbamide relargue 50% de son peroxyde en 2 heures puis est actif pendant 2 à 10 heures [51].

Il est établi depuis longtemps que diverses concentrations de peroxydes de carbamide peuvent être utilisées [52], sachant que des concentrations inférieures mettent plus de temps à éclaircir les dents. Il est discuté en revanche de savoir si elles aboutissent finalement au même résultat que des concentrations plus élevées. De façon simple, 1% de peroxyde d'hydrogène correspond environ à 3% de peroxyde de carbamide.

### c) Les autres composants [21]

Les agents éclaircissants actuels contiennent à la fois des ingrédients actifs et inactifs. Les ingrédients actifs comprennent du peroxyde d'hydrogène ou des composés de peroxyde de carbamide. Les principaux ingrédients inactifs peuvent inclure des agents épaississants, un support, un tensioactif, un dispersant de pigment, un conservateur ou encore un arôme.

Agents épaississants : Le carbopol (carboxypolyméthylène) est l'agent épaississant le plus couramment utilisé dans les produits éclaircissants. Sa concentration est généralement comprise entre 0,5% et 1,5%. Ce polymère d'acide polyacrylique de haut poids moléculaire présente deux avantages principaux. Premièrement, il augmente la viscosité des matériaux d'éclaircissement, ce qui permet une meilleure rétention du gel d'éclaircissement dans le

plateau. Deuxièmement, il augmente jusqu'à 4 fois le temps de libération d'oxygène actif du matériau éclaircissant [53].

Le support : La glycérine et le propylène glycol sont les plus couramment utilisés dans les agents éclaircissants commerciaux. Ils permettent le maintien de l'humidité et aident à dissoudre les autres ingrédients.

Tensioactif et dispersant pigmentaire : Les gels contenant un tensioactif ou des dispersants pigmentaires peuvent être plus efficaces que ceux qui n'en contiennent pas [54]. Le surfactant agit comme un agent mouillant de surface qui permet à l'agent actif de diffuser. De plus, un dispersant pigmentaire maintient les pigments en suspension.

Conservateur : Le méthylparaben, le propylparaben et le benzoate de sodium sont couramment utilisés comme conservateurs. Ils ont la capacité d'empêcher la croissance bactérienne dans les matériaux d'éclaircissants. De plus, ces agents peuvent accélérer la dégradation du peroxyde d'hydrogène en libérant des métaux de transition tels que le fer, le cuivre et le magnésium.

Arômes : (menthe poivrée, anis) : Ces substances sont utilisées pour améliorer le goût et l'acceptation par le patient des produits éclaircissants.

## d) Les facteurs influençant

### a. La température

Tous les agents d'éclaircissement agissent plus rapidement lorsque la température augmente. La chaleur accélère la pénétration du peroxyde d'hydrogène dans l'émail et son action sur la substance colorée [55]. Cependant, le peroxyde d'hydrogène associé à la chaleur peut être dangereux pour les cellules pulpairees en causant des dommages directs aux odontoblastes. Cela entraîne une diminution de leur activité métabolique [56].

*b. La concentration*

La présence d'un plus grand nombre de molécules réactives entraîne une activité accrue, bien que la performance selon des concentrations plus élevées ne soit pas linéaire pour les produits d'éclaircissements [57].

*c. Le temps [55]*

En général, les concentrations plus élevées permettent d'obtenir un effet plus rapide que les concentrations plus faibles. Cependant, des concentrations plus faibles peuvent s'approcher de l'efficacité de concentrations plus élevées avec des temps de traitement prolongés. Ce sera l'objet de l'étude menée à la fin de ce manuscrit que de pouvoir déterminer à quel moment l'efficacité du produit le plus concentré se distingue de celle du produit le moins concentré.

*d. Le pH [58]*

L'alcalinité accélère la décomposition du peroxyde d'hydrogène. Le peroxyde d'hydrogène a un pH acide donc plus il se décompose, plus le pH du milieu devient acide lui aussi, ce qui diminue son efficacité. L'autre inconvénient d'une acidification du milieu proche est le risque d'endommager la structure de la dent.

### **e) Les produits éclaircissants ambulatoires sur le marché**

Les produits d'éclaircissements ne sont considérés ni comme des médicaments, ni comme des dispositifs médicaux : il s'agit de produits cosmétiques.

En 2012, un arrêté a interdit en France l'utilisation de produits dont la concentration en peroxyde d'hydrogène dépasse 6 %. Seules sont autorisées des concentrations comprises entre 0,1 % et 6%.

Une liste non-exhaustive des produits disponibles sur le marché français est donnée à titre d'exemple dans le Tableau 1.

**Tableau 1** : Exemples de produits disponibles pour un éclaircissement ambulatoire en France.

<b>Produits éclaircissants</b>	<b>Exemples</b>
<b>10 % peroxyde de carbamide</b>	- SDI polanight 10% - Ultradent Opalescence 10% - VOCO Perfect Bleach 10%
<b>16% peroxyde de carbamide</b>	- SDI polanight 16% - Ivoclar Vivadent Vivastyle Touch Up - Ultradent Opalescence 16% - VOCO Perfect Bleach 16%
<b>3% peroxyde d'hydrogène</b>	- SDI Poladay 3%
<b>6% peroxyde d'hydrogène</b>	- SDI Poladay 6%

D'autres produits pour un usage au fauteuil sont également disponibles. Ils ne sont pas détaillés ici, l'étude présentée dans la suite de ce travail se concentrant sur des produits pour un usage ambulatoire.

## V – Les éclaircissements externes ambulatoires

### a) Principales contre-indications

Les indications des traitements éclaircissants répondent essentiellement aux différentes situations de colorations pathologiques des dents détaillées dans la partie II.d. Outre les techniques d'éclaircissement ambulatoires, il est possible de réaliser plus localement sur une dent un éclaircissement au fauteuil, ou des restaurations esthétiques de plus ou moins grande étendue par résines composites, par facettes ou par couronnes en céramique. Il est possible d'associer l'éclaircissement chimique à la réalisation d'une pièce prothétique. En effet, pour gérer une dent trop sombre, la réalisation d'une facette céramique par exemple sera plus facile et moins mutilante si la dent a été préalablement éclaircie.

Il existe cependant des contre-indications plus ou moins absolues à la réalisation de tels traitements d'éclaircissement pour des cas :

- Chez des femmes enceintes ou allaitantes ;
- Chez des mineurs (contre-indication juridique) : immaturité des tissus et volume pulpaire important
- Chez des patients allergiques à un des différents composants des produits d'éclaircissement ;
- Chez des patients atteints de pathologies générales comme la porphyrie congénitale, l'érythroblastose fœtale ou encore l'ictère hémolytique ; pour lesquels la réalisation d'un éclaircissement externe ne peut solutionner la pathologie systémique sous-jacente ;
- Où le manque de compliance de la part du patient est évident ou que ses attentes sont déraisonnables ;
- De patients présentant une sensibilité dentinaire excessive ;
- Où les dents présentent d'importantes altérations tissulaires, des fractures, des fêlures ;
- De dents atteintes de caries non traitées ;
- De dents antérieures porteuses de restaurations importantes ;

- De dents atteintes de lyses osseuses parodontales importantes avec expositions radiculaires ;
- De dents présentant des lésions cervicales d'usure
- De dents dont la dentine a été colorée en profondeur par d'anciennes restaurations en amalgame
- De fluoroses et dyschromies sévères (l'indication pour facettes ou autres restaurations est davantage indiquée +/- éclaircissement préalable).
- De patients atteints de troubles dysfonctionnels articulaires qui devraient porter des gouttières d'éclaircissement inadaptées à leur pathologie des articulations temporo-mandibulaires.

## b) Les mesures pré-opératoires

### a. Examen clinique et radiologique [59]

Avant de débiter un traitement d'éclaircissement ambulatoire chez son patient, le chirurgien-dentiste doit réaliser un examen clinique minutieux : faire le diagnostic des caries et les traiter, réévaluer les obturations existantes, vérifier leur étanchéité et identifier celles qui sont défectueuses afin de les restaurer.

Un bilan parodontal est réalisé et, le cas échéant, un traitement approprié est proposé.

Un détartrage et un polissage est de toute façon réalisé même en l'absence de pathologie parodontale avérée.

Il est également nécessaire d'évaluer la qualité de l'émail, d'identifier les fêlures, fissures, érosions et abrasions importantes sur les dents qui pourront être concernées par l'éclaircissement. De même, il faut évaluer les sensibilités au chaud et au froid.

Enfin, le praticien doit réaliser un bilan radiologique afin d'éliminer toute pathologie apicale et évaluer et prévoir les réponses pulpaires éventuelles en fonction du volume du parenchyme.

### b. La prise de teinte

Avant le traitement, il paraît essentiel de réaliser des photographies et une prise de teinte des dents. Cela permet à la fin du traitement d'évaluer son efficacité. Les informations et les clichés sont ajoutés au dossier du patient.

### c. Recommandations

Il faut prodiguer au patient des conseils hygiéno-diététiques à adopter durant le traitement. Un régime évitant tout apport alimentaire trop coloré est préconisé [59]. Aussi il faut limiter, et de préférence arrêter, la consommation de betterave, de thé, de café, de myrtilles...etc. De même, le patient fumeur devra réduire fortement sa consommation de tabac.

Il faut prévenir le patient des risques importants de sensibilités. Il devra notamment éviter la consommation de boissons très chaudes ou très froides le temps que des sensibilités dentinaires perdureront.

Pour prévenir et diminuer ce problème d'hypersensibilité, le praticien peut prescrire au patient un dentifrice ou des bains de bouche contenant des agents désensibilisants, comme des fluorures, du chlorure de strontium ou des nitrates de potassium.

En outre, en technique ambulatoire, il est possible de lui donner un gel désensibilisant à mettre dans les gouttières pendant quelques heures, voire une nuit sur deux en cas de sensibilités importantes [59].

### **c) Modalités de réalisation de l'éclaircissement ambulatoire [59], [60]**

L'éclaircissement ambulatoire consiste à appliquer du produit éclaircissant dans une gouttière pour la porter sur plusieurs heures (la nuit par exemple) et laisser agir le produit.

Le traitement par le praticien commence donc par la confection des gouttières. Celui-ci envoie son empreinte (physique en alginate ou empreinte optique) au laboratoire de prothèse afin qu'elles soient coulées en plâtre dur. Les modèles sont dépourvus de socle puis taillés de manière à ne conserver que la forme des arcades dentaires.

De petits réservoirs peuvent être préfigurés sur les faces vestibulaires des dents à éclaircir à l'aide d'une résine photopolymérisable. Ces réservoirs sont appelés « espacements » puisqu'ils correspondront à un vide entre la gouttière et la face réelle de la dent. Traditionnellement, une épaisseur de 0,5 à 2 mm de cette résine est déposée à une distance de 1 mm environ de la gencive marginale, des limites proximales, du bord libre ou de la face occlusale des dents concernées. La réalisation d'espacements n'est pas obligatoire. Si elle s'avère indispensable, cela est précisé dans la notice d'utilisation du produit éclaircissant par le fabricant.

La gouttière est ensuite réalisée en polyvinyle souple par thermoformage sur le modèle. Elle est découpée avec précision pour suivre le contour de la gencive marginale. Cette découpe s'effectue après refroidissement complet, afin d'éviter les déformations.

Le jour de leur remise au rendez-vous suivant, les gouttières sont essayées et ajustées en vérifiant l'étanchéité au niveau des limites vestibulaires et linguales pour limiter les fuites de produit. Elles doivent exercer une action de constriction dans la zone critique du collet.

Plusieurs seringues du produit sont données au patient, il convient de lui expliquer qu'elles doivent être conservées dans un endroit frais à l'abri de la lumière.

Le praticien doit montrer au patient comment mettre en place le gel dans la gouttière et quelle quantité appliquer en fonction du type de seringue. Il lui fait également placer les gouttières, par pressions digitales verticales et horizontales sur les réservoirs, et il lui montre comment éliminer les excès de gel par brossage léger.

Il lui expliquera ensuite qu'il faudra porter les gouttières pendant une durée comprise entre 6 et 8h par jour (pour la majorité des produits, mais adaptable selon les informations du fabricant). Le port de la gouttière la nuit est donc conseillé.

Pour finir, il faudra lui préciser de se brosser les dents avant le port de la gouttière et délicatement après l'avoir retirée.

Le suivi du patient s'avère très important pendant le traitement pour s'assurer de la bonne utilisation des produits, vérifier sa compliance et le rassurer sur la survenue éventuelle de sensibilités.

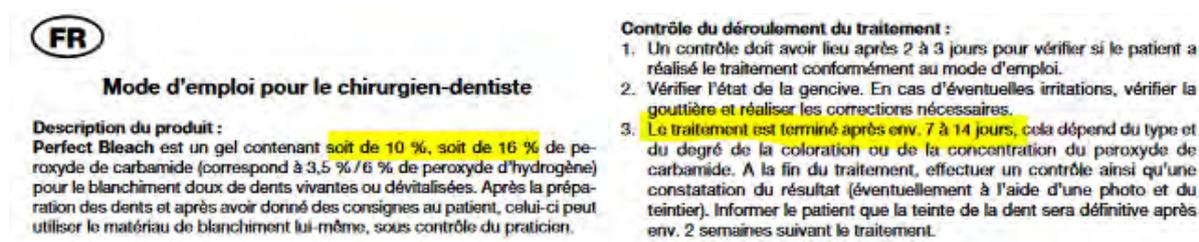
A la fin du traitement, des photographies finales sont réalisées pour les comparer à celles de la première consultation. Selon les sensibilités apparues durant le traitement, des dentifrices, des bains de bouche ou des gels désensibilisants peuvent être prescrits. Le patient devra être informé de ne pas reprendre trop rapidement ni trop régulièrement la consommation d'aliments teintés (épices, café, thé...) pour ne pas recolorer rapidement les tissus alors qu'ils sont en cours de reminéralisation.

## VI – Etude *in vitro*

### a) Brève introduction et objectif de l'étude

L'éclaircissement ambulatoire est un traitement effectué par les patients à leur domicile mais sous la supervision d'un chirurgien-dentiste. La réalisation à domicile offre de nombreux avantages comme la réduction du temps passé au fauteuil et une meilleure sécurité liée à l'utilisation de produits moins concentrés. Cependant, elle n'est pas dénuée d'inconvénients car l'observance active du patient est obligatoire et que les résultats peuvent être moins importants. En effet, le changement de teinte dépend du respect strict de l'utilisation du produit et du suivi des recommandations délivrées par le praticien.

Cette technique est utilisée depuis plusieurs décennies toutefois, la durée d'application des produits et la durée globale du traitement sont encore peu claires dans les instructions d'utilisation de nombreux fabricants. Les recommandations du mode d'emploi de certains produits de concentrations différentes sont parfois les mêmes, laissant au praticien et à son patient un degré de liberté difficile à gérer pour anticiper un temps de traitement suffisant avec le produit le plus adapté (Figure 23).



**Figure 23 :** Captures d'écran du mode d'emploi commun aux produits Perfect Bleach 10% et 16% (VOCO) qui mettent en évidence le degré de liberté laissé au praticien dans la séquence de traitement.

L'objectif de notre étude est donc de comparer *in vitro* le pouvoir éclaircissant de deux produits à base de peroxyde de carbamide à 10% et 16% au cours du temps. Des recommandations de bonnes pratiques pourront être éditées pour faciliter l'organisation des séquences de traitement par les praticiens qui y auront recours dans le futur.

## b) Matériels et méthodes

- Design de l'étude

Une étude *in vitro* a été mise en place au sein du plateau technique de la Faculté de Chirurgie Dentaire de Toulouse (Université Toulouse III – Paul Sabatier). 40 dents naturelles extraites pour raisons orthodontiques ou parodontales ont été récupérées, nettoyées, désinfectées et préservées dans un milieu aqueux contenant de la chloramine à 1% en attendant le début de l'étude. Pour être utilisables, les dents devaient respecter les critères d'inclusion suivants :

- Etre des incisives, des canines ou des prémolaires ;
- Ne pas présenter de restauration compromettant la face vestibulaire ni la translucidité de la dent ;
- Ne pas présenter de coloration pathologique ou iatrogène ;
- Ne pas avoir été dévitalisées ;
- Etre dépourvues de caries ;
- Etre dépourvues de fêlures de la face vestibulaire compromettant la prise de teinte.

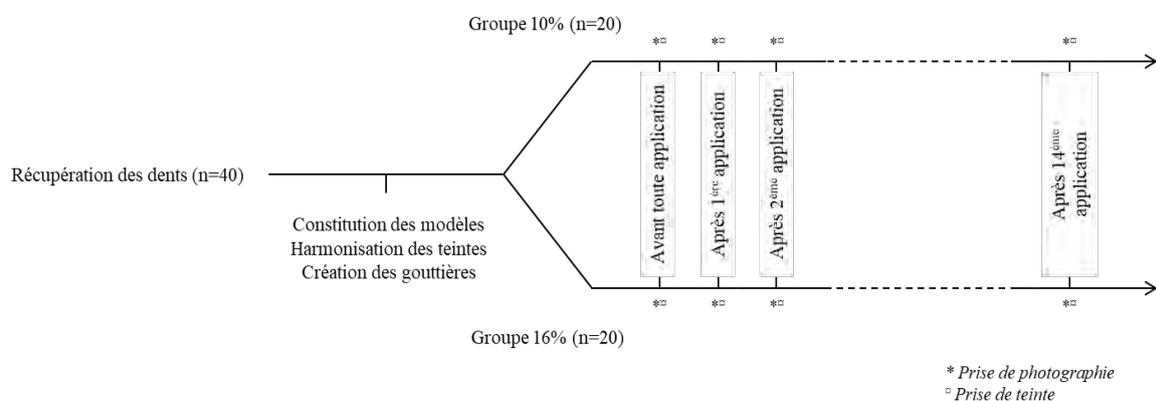
Une fois toutes les dents collectées, elles ont été séparées par types et un enregistrement numérique de leur teinte à l'aide du teintier électronique Vita Easyshade 4.0 Advance (Vita®) a été réalisé. Quatre arcades ont été constituées en positionnant les dents sur du plâtre, chacune comprenant deux secteurs (réduits car sans molaires) et en respectant une harmonisation des teintes entre les modèles. Une gouttière d'éclaircissement sans espacement a ensuite été conçue par thermoformage sur chacun d'eux.

Deux des modèles en plâtre ont reçu un traitement éclaircissant au peroxyde de carbamide à 10% (Perfect Bleach 10%, VOCO®) et les deux autres ont reçu un traitement éclaircissant au peroxyde de carbamide à 16% (Perfect Bleach 16%, VOCO®). Les séquences d'application des produits ont été strictement identiques entre les groupes. Chaque arcade a été placée pendant 14 jours dans un incubateur à 37°C dans son propre récipient hermétique contenant un fond d'eau. Tous les jours, le même opérateur enduisait les gouttières thermoformées de produit éclaircissant en respectant la dose du fabricant puis les

positionnait sur les modèles correspondants. Les arcades dans leurs récipients étaient laissées au repos pendant 6 heures dans l'incubateur pour mimer un port nocturne chez les patients. A l'issue de la séquence, l'opérateur retirait les gouttières et nettoyait à la fois les dents et les gouttières, avant de repositionner les modèles sans produit d'éclaircissement dans l'incubateur en attendant l'application suivante. La teinte de chaque dent de l'étude a été relevée avec le teintier électronique au centre de sa face vestibulaire une première fois avant la toute première application de produit puis après chaque application. Toutes les arcades ont également été photographiées selon les mêmes paramètres aux mêmes moments que les prises de teinte. Le schéma du déroulé de l'étude est présenté sur la figure 24.

Le relevé des teintes à l'aide du teintier électronique a permis de distinguer les scores de luminosité, d'intensité et de saturation de chaque dent selon le principe du teintier Vita System 3D Master (Vita®).

A l'issue des 14 jours d'expérimentations, les photographies du temps initial T0 et du temps final T14 ont été présentées en aveugle à deux évaluateurs entraînés à la prise de teinte mais étrangers au déroulé de l'étude pour effectuer une évaluation subjective du changement de teinte de chacune des dents. Un score binaire simple « Oui/Non » a été attribué pour chaque dent en fonction de son éclaircissement avéré ou pas.



**Figure 24** : Schéma résumant le déroulé de l'étude.

- Analyses statistiques

Les données de luminosité, d'intensité, de saturation et d'évaluation subjective de l'éclaircissement ont été regroupées et traitées à l'aide des logiciels Microsoft Excel 2010®, Stata v13.0® et Prism 5®. Les moyennes des variables numériques ont été comparées à l'aide de tests non paramétriques de Mann-Whitney Wilcoxon et les scores qualitatifs ont été traités à l'aide de tests de Fisher. Le seuil de significativité a été fixé à 5%.

### c) Résultats

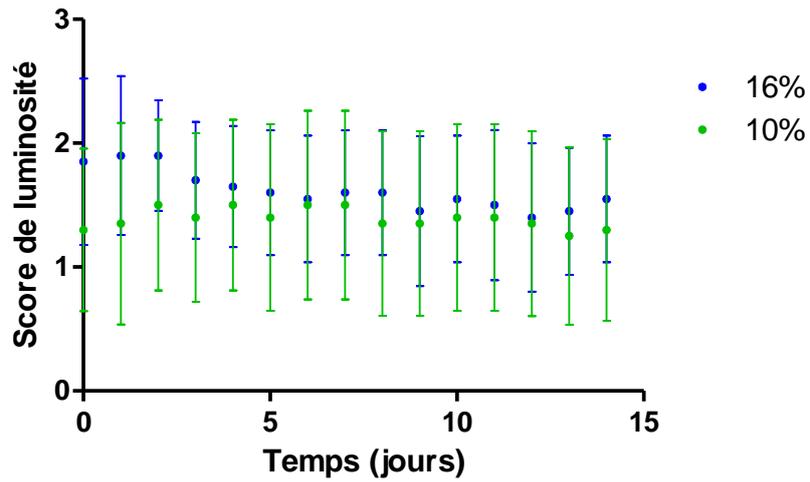
- Evaluation numérique de la teinte

La luminosité moyenne des dents ne diffère pas entre les groupes quel que soit le temps de traitement étudié (Figure 25). Les dents traitées au peroxyde de carbamide à 10% ne présentent pas d'évolution de leur luminosité qui soit statistiquement significative (Figure 26), en revanche les dents traitées au peroxyde de carbamide à 16% deviennent significativement plus lumineuses à partir du 12<sup>ème</sup> jour par rapport à l'origine (Figure 27).

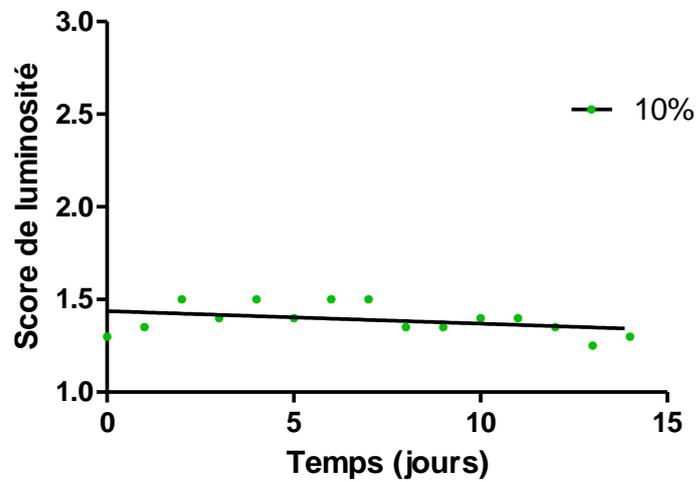
L'intensité de la teinte évolue légèrement dans les deux groupes avec une tendance à une réduction de l'intensité plus importante dans le groupe des dents traitées avec le peroxyde de carbamide à 16% sans que les différences ne soient statistiquement significatives (Figure 28).

La saturation des dents suit une légère diminution toutes dents confondues et reste comparable tout au long du traitement entre les deux groupes (Figure 29). Dans le groupe des dents traitées avec le produit concentré à 10%, la tendance globale est à une réduction de la saturation mais sans qu'il n'y ait de différence significative d'un point de vue statistique (Figure 30). Les dents traitées avec le produit concentré à 16% présentent en revanche une très nette réduction de la saturation et ce dès le troisième jour (Figure 31).

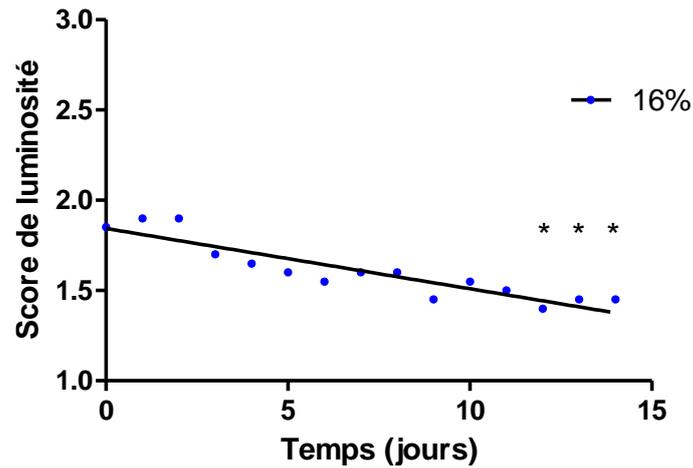
A l'issue des 14 jours de traitement, 14 dents (soit 70%) du groupe traité par peroxyde de carbamide à 16% ont présenté un changement de teinte confirmé par le teintier électronique (Tableau 2) et seulement 9 (soit 45%) dans le groupe traité par peroxyde de carbamide à 10% ( $p=0,2$ ).



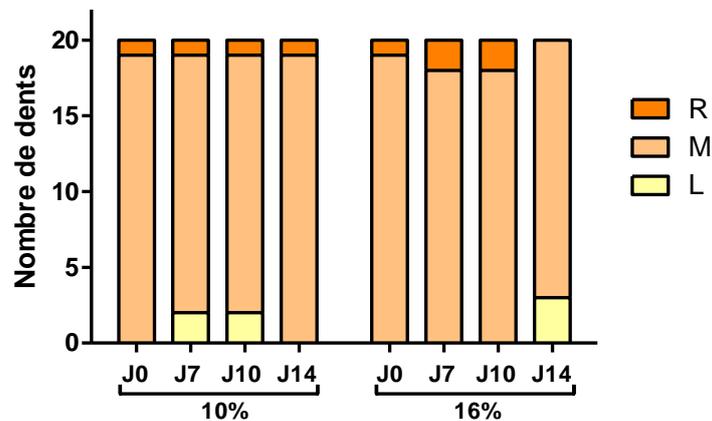
**Figure 25 :** Evolution de la luminosité moyenne des dents selon le type de produit utilisé (n=20 par groupe). Aucune différence n'apparaît statistiquement significative entre les groupes.



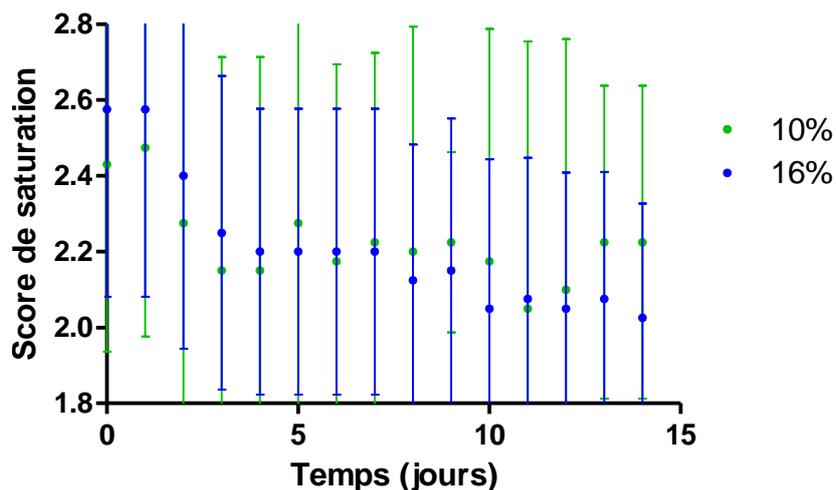
**Figure 26 :** Evolution de la luminosité des dents traitées au produit concentré à 10% (n=20). Aucune différence n'apparaît statistiquement significative au cours du temps par rapport au temps 0. La ligne noire indique l'évolution moyenne au cours du temps (il est normal qu'elle soit orientée en bas et à droite car le score de luminosité doit diminuer pour que la luminosité augmente).



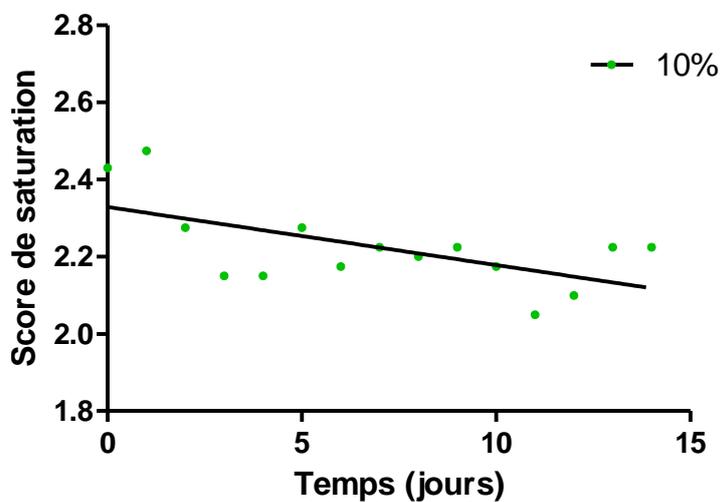
**Figure 27** : Evolution de la luminosité des dents traitées au produit concentré à 16% (n=20). Les astérisques montrent une différence statistiquement significative par rapport au temps 0 après application de tests non paramétriques de Mann-Whitney Wilcoxon (\* :  $p < 0,05$  ; \*\* :  $p < 0,01$  ; \*\*\* :  $p < 0,001$  ; \*\*\*\* :  $p < 0,0001$ ). La ligne noire indique l'évolution moyenne au cours du temps (il est normal qu'elle soit orientée en bas et à droite car le score de luminosité doit diminuer pour que la luminosité augmente).



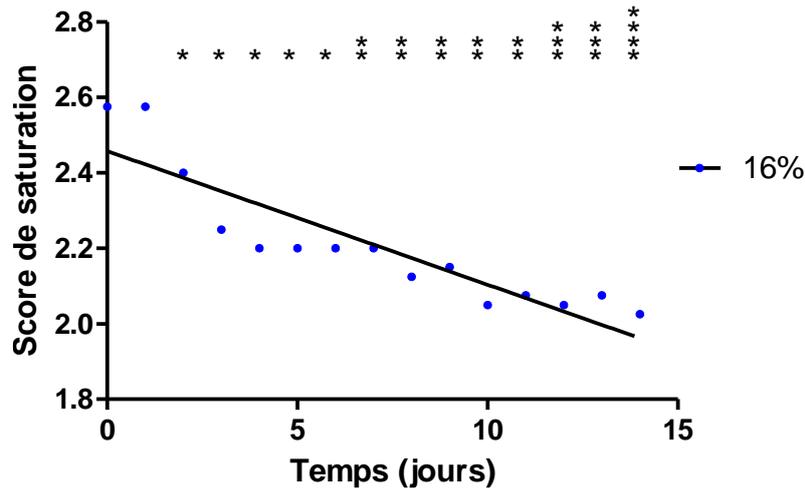
**Figure 28** : Evolution entre J0 et J14 du nombre de dents à teinte d'intensité médiane (en rose-orangé), à intensité plus claire (en jaune) ou à intensité renforcée (en orange) selon les produits utilisés (n=20 par groupe). Aucune différence n'apparaît statistiquement significative ni entre les groupes, ni au sein d'un même groupe à différents temps.



**Figure 29** : Evolution de la saturation moyenne des dents selon le type de produit utilisé (n=20 par groupe). Aucune différence n'apparaît statistiquement significative entre les groupes.



**Figure 30** : Evolution de la saturation des dents traitées au produit concentré à 10% (n=20). Aucune différence n'apparaît statistiquement significative au cours du temps par rapport au temps 0. La ligne noire indique l'évolution moyenne au cours du temps.



**Figure 31 :** Evolution de la saturation des dents traitées au produit concentré à 16% (n=20). Les astérisques montrent une différence statistiquement significative par rapport au temps 0 après application de tests non paramétriques de Mann-Whitney Wilcoxon (\* :  $p < 0,05$  ; \*\* :  $p < 0,01$  ; \*\*\* :  $p < 0,001$  ; \*\*\*\* :  $p < 0,0001$ ). La ligne noire indique l'évolution moyenne au cours du temps.

**Tableau 2 :** Nombre de dents ayant présenté un changement de teinte perceptible par le teintier électronique à l'issue des 14 jours d'application (n=20 par groupe). La comparaison entre tous les groupes a été assurée grâce à un test exact de Fisher.

	10%	16%	p
Nombre de dents ayant présenté un changement de teinte	9 (45%)	14 (70%)	0,2

- Evaluation subjective de la teinte

Les deux évaluateurs ont présenté un degré de concordance de 67,5% sur leurs réponses. Le coefficient Kappa est calculé à 0,35 ( $p = 0,002$ ). Il est ainsi classé comme « Agrément limité » [61]. Les deux observateurs ne sont pas d'accord, l'un voyant des dents éclaircies dans les deux groupes, l'autre considérant qu'elles ne le sont que pour la moitié d'entre elles dans chacun des groupes (Tableau 3).

**Tableau 3 :** Présentation des changements de teinte en faveur d'un éclaircissement observés par les deux évaluateurs à l'issue des 14 jours d'éclaircissement. La comparaison entre les deux observateurs a été assurée grâce à un test exact de Fisher.

	Observateur 1	Observateur 2	p
	n=20 par produit	n=20 par produit	
<b>10%</b>			
- Eclaircissement	10 (50%)	17 (85%)	0,04
- Pas de changement observé	10 (50%)	3 (15%)	
<b>16%</b>			
- Eclaircissement	10 (50%)	17 (85%)	0,04
- Pas de changement observé	10 (50%)	3 (15%)	

#### d) Discussion

Les résultats de notre étude mettent en évidence que le peroxyde de carbamide à 16% améliore significativement la luminosité des dents à partir du 12<sup>ème</sup> jour et leur saturation dès le 3<sup>ème</sup> jour.

Ces résultats sont concordants, les cinétiques de traitement attendues pour le produit concentré à 16% pourraient conduire à éditer une recommandation de traitement éclaircissant chez des patients présentant des dents sans décoloration pathologique. Il serait conseillé le recours au peroxyde de carbamide à 16% durant au moins 12 jours, si le patient respecte la démarche de ne pas consommer d'aliments et de boissons colorants, de se brosser les dents comme indiqué par son chirurgien dentiste, etc.

Toutefois, l'absence de changement significativement perceptible dans le groupe des dents traitées avec le produit concentré à 10% est surprenante. Un nombre de dents plus important aurait pu permettre de dégager avec plus de précision le temps d'action réel de ce peroxyde. La mesure de paramètres différents comme le système L-a-b aurait également pu souligner de façon quantitative les variations des paramètres colorimétriques de la dent [62] avec des différences potentiellement mises en évidence selon les groupes.

Il paraissait en outre plus cohérent dans notre protocole de comparer deux peroxydes de carbamide de concentrations différentes car une méta-analyse de 2016 soulignait un effet éclaircissant légèrement supérieur pour ces produits par rapport aux peroxydes d'hydrogène [63] sans qu'il soit pour autant question des concentrations. Entre les produits concentrés à 10 et à 16%, la littérature est discordante et les données les plus récentes issues d'une méta-

analyse publiée en 2018 mettent en évidence l'absence de différence entre les produits plus ou moins concentrés sur le changement de teinte [64].

En incluant davantage de dents, il aurait été également possible de séparer les résultats par type de dent. Les incisives de par leur morphologie auraient peut-être tendance en effet à être éclaircies davantage. Ici, nous avons choisi de reconstituer des secteurs esthétiques complets pour reproduire les conditions d'un éclaircissement ambulatoire, thérapeutique semble-t-il privilégiée par les praticiens d'après une enquête sur questionnaire menée dans le sud du Brésil [65]. L'éclaircissement à domicile, qui offre plus de libertés au patient pour gérer son traitement et qui réduit considérablement le temps passé au fauteuil, ressortait comme la solution plébiscitée par 78,1% des personnes interrogées [65]. Il ressortait également des résultats du questionnaire que le peroxyde de carbamide à 10% était le produit le plus utilisé (par 63 des 187 chirurgiens dentistes interrogés) dans cette région du Brésil.

Il a en revanche plus rarement été étudié la technique d'éclaircissement combinée, c'est-à-dire l'association d'une thérapeutique ambulatoire et d'une autre au cabinet. L'intérêt est de pouvoir cumuler les avantages de chacune d'elles : rapidité et effet immédiat de la technique au fauteuil ; simplicité de mise en œuvre et utilisation d'agents moins concentrés pour la technique ambulatoire. La séquence de traitement consiste à commencer par une séance au fauteuil qui s'avère plus courte qu'elle ne le serait en cas d'éclaircissement exclusivement réalisé au cabinet et qui permet de renforcer la motivation du patient par l'observation immédiate de la modification de la teinte des dents. S'en suit une phase de traitement à domicile grâce à des gouttières et des agents éclaircissants moins concentrés. Un essai clinique randomisé en 2016 n'a pas mis en évidence de différence statistiquement significative concernant l'éclaircissement obtenu ou le changement de la morphologie d'émail entre un traitement combiné et un traitement purement ambulatoire [66]. Il s'est avéré que sont apparues par contre davantage de sensibilités post-opératoires chez les patients traitées par technique combinée [66].

En effet, les effets secondaires des traitements éclaircissants ne peuvent pas être niées et concernent plusieurs points. Les dents apparaissent plus blanches immédiatement après

l'éclaircissement mais elles perdent ensuite rapidement de leur éclat [67]. L'effet éclaircissant après le traitement s'estompe donc un peu puis reste plus stable [68] durant plusieurs mois voire plusieurs années. Il a été montré que même après 12 mois post-éclaircissement, la teinte des dents n'était pas revenue à ses niveaux d'origine [69]. Une reprise de traitement peut être proposée tous les trois ans si le changement de teinte n'est plus perceptible. En réalité, cette atténuation de l'effet de la thérapeutique d'éclaircissement a plus à voir avec le phénomène de déshydratation des tissus qu'avec les niveaux de peroxyde [67]. Les gels qui contiennent une teneur en eau plus élevée peuvent aider à prévenir la perte d'éclat causée par la déshydratation. Une autre des raisons invoquées pour expliquer l'atténuation de l'effet éclaircissant est liée à la déminéralisation des tissus dentaires [70]. En effet, les boissons acides entraînent une perte minérale au sein de l'émail, ce qui pourrait modifier la surface et réduire la résistance aux taches après l'éclaircissement [71]. Bien que certains produits, notamment à base de peroxyde de carbamide chargé en sphères de phosphate de calcium, agissent déjà sur la reminéralisation en plus de leur effet éclaircissant [72], des procédures de reminéralisation à base de dentifrices [73] ou de gels reminéralisants peuvent être mise en œuvre en post-traitement, sachant qu'il a été montré qu'elles n'interféraient pas avec l'efficacité de l'éclaircissement [70].

Dans la cavité buccale, la présence des produits éclaircissants peut également avoir un effet sur les restaurations dentaires existantes.

L'éclaircissement peut par exemple entraîner une libération d'ions métalliques au contact d'un amalgame car les ions hydroxydes, par leur potentiel d'oxydation et de réduction, peuvent avoir une influence sur les structures contenant de l'argent et du mercure [74]. Un des principaux éléments à être relargués lors de cette dégradation chimique des amalgames reste le mercure, sachant que la quantité qu'il en est libérée semble inversement proportionnelle à la teneur en argent de l'amalgame (elle s'avère significativement supérieure pour les amalgames avec une teneur en argent de 43% par rapport à ceux avec une teneur en argent de 69% ( $p < 0,001$ ) [75]). Les conséquences d'une telle libération ne sont cependant que minimales car il est reconnu que l'absorption de mercure lié à la présence d'amalgames n'est pas responsable d'intoxications mercurielles chez les patients [76] et que l'absorption de mercure organique lié aux aliments est six fois supérieure à l'absorption de

mercure provenant des amalgames [77]. L'éclaircissement peut donc être utilisé en toute sécurité.

D'autres études montrent par ailleurs que l'application de peroxyde d'hydrogène ou de carbamide sur des résines composites est à l'origine d'une augmentation de leur rugosité de surface ou d'une diminution de leur micro dureté [78]. Ces effets s'expliqueraient par l'oxydation et la dégradation de la matrice résineuse par le peroxyde d'hydrogène qui, associé à un brossage dentaire, entraînerait des pertes de matériau [27]. En revanche, d'autres études sont plus nuancées et concluent qu'il n'y a pas de modification de l'état de surface et que l'utilisation d'agents d'éclaircissement dentaire externe sur les résines composites est sûre [79] , [80]. D'une manière générale, il apparaît que les composites polis se comportent mieux que ceux non polis (qui eux présentent des altérations de surface). Polir les anciens composites est donc recommandé pour minimiser l'effet des agents éclaircissants sur l'état de surface [80]. L'effet sur l'état de surface du composite dépend surtout du type de composite utilisé et du temps d'exposition de l'agent éclaircissant [81]. Les patients doivent tout de même être informés sur ce risque ainsi que sur celui, plus limité toutefois, de changement de couleur potentiel des restaurations en résine composite [82].

A une époque où l'odontologie minimalement invasive est en plein essor, il est légitime de s'interroger sur la capacité d'une dent ayant reçu un traitement éclaircissant à recevoir une restauration collée de façon pérenne. Une thérapeutique d'éclaircissement entraîne effectivement une réduction de la force de liaison d'une résine à une dent [83] et il est connu depuis longtemps que la présence résiduelle de peroxyde d'hydrogène sur la surface dentaire inhibe la polymérisation complète d'un composite [84]. Certains auteurs expliquent aussi cette diminution de liaison par la capacité du peroxyde d'hydrogène à modifier la teneur en minéraux et protéines des couches superficielles de l'émail (réduisant alors la force d'adhésion du composite). En effet, les produits éclaircissants entraînent une diminution significative des concentrations relatives de calcium et de phosphate, ainsi que des altérations morphologiques des cristaux les plus superficiels de l'émail [85]. Pour contrer ce phénomène et afin d'augmenter la force de liaison d'une résine à une dent venant d'être éclaircie, plusieurs moyens ont été étudiés dans la littérature : l'usage d'agents antioxydants comme l'ascorbate de sodium à 10% (appliqué pendant 10 minutes sur les surfaces dentaires) ou de solvants comme les adhésifs à base d'acétone [86], [87]. Toutefois,

patienter 7 jours après l'éclaircissement avant d'entamer une procédure de collage reste tout de même la meilleure option pour obtenir une force de liaison la plus forte possible [88], d'autant qu'il n'a pas été montré de différence significative sur la force d'adhésion de la résine composite entre des protocoles basés sur le recours à de l'ascorbate de sodium à 10% ou le trempage des dents dans une salive artificielle pendant 7 jours [82]. Au final, même si les produits éclaircissants compromettent le collage d'une résine, cela resterait relativement temporaire. Il sera donc préférable de reporter le soin pour optimiser le résultat tant sur le plan mécanique qu'esthétique.

L'évaluation esthétique du traitement mis en place dans notre étude a d'ailleurs donné lieu à une double évaluation visuelle en aveugle de l'évolution des teintes. Cependant, malgré l'implication de deux évaluateurs entraînés à la prise de teinte en clinique, aucune conclusion n'a pu être dégagée de leurs évaluations. En effet, la comparaison entre l'état initial et l'état final des dents rendait indispensable le recours à la photographie avec les limites évidentes posées par l'analyse d'une teinte sur cliché numérique. Le degré de concordance de 67,5% sur leurs réponses est trop limité mais cela reflète qu'il est souvent difficile de se prononcer sur un changement ou pas de la teinte d'une dent. Le coefficient Kappa calculé à 0,35 ( $p=0,002$ ) est classé comme « Agrément limité » [61] indiquant que les évaluateurs ne sont pas suffisamment d'accord sur leurs évaluations et que cela n'est pas simplement dû au hasard. Le recours à davantage d'évaluateurs aurait pu permettre de dégager des tendances plus claires sur le changement effectif ou non de la teinte de toutes les dents traitées.

Remerciements : Nous tenons à remercier M. Xavier DUSSEAU qui a réalisé les gouttières thermoformées sur les modèles, ainsi que les Docteurs Romain DUCASSE et Pascale PANISSARD qui ont très rapidement proposé leur aide pour subvenir à un besoin de matériel au cours de l'étude.

Financement : La réalisation de l'étude n'a pas nécessité de financement. Les produits éclaircissants ont été donnés à titre gracieux par la société VOCO.

## VII – Conclusion

L'étude menée dans le cadre de ce travail met en évidence que le peroxyde de carbamide à 16% améliore significativement la luminosité des dents à partir du 12ème jour et leur saturation dès le 3ème jour. Des recommandations de bonne pratique ont été éditées pour recommander, chez le patient non porteur de colorations dentaires pathologiques, le recours au peroxyde de carbamide à 16% durant au moins 12 jours, ou sinon le recours au peroxyde de carbamide 10% mais sur une période plus longue. Il appartient au praticien de bien informer son patient sur le respect d'un régime alimentaire strict et d'habitudes d'hygiène bucco-dentaire adaptées au traitement entrepris.

Les résultats obtenus dans cette étude sont à pondérer avec les limites inhérentes à la réalisation d'essais *in vitro* et avec les différences que cela implique par rapport au suivi d'un traitement en clinique chez l'Homme. Il s'agit de la première étude pilote menée au sein du plateau technique de la Faculté de Chirurgie Dentaire de Toulouse concernant les thérapeutiques d'éclaircissement. Cela pourra servir de point de départ au développement de nouvelles études en laboratoire étudiant ces produits éclaircissants, ainsi qu'à la rédaction de protocoles de recherche clinique qui pourront être menés au sein du Centre Hospitalier Universitaire de Toulouse sur la thématique de l'éclaircissement dentaire.

Vu le Président du jury



Vu le Directeur de thèse



## VIII – Bibliographie

- [1] M. N. Alkhatib, R. Holt, and R. Bedi, "Age and perception of dental appearance and tooth colour," *Gerodontology*, vol. 22, no. 1, pp. 32–36, Mar. 2005, doi: 10.1111/j.1741-2358.2004.00045.x.
- [2] G. I. Isiekwe and E. A. Aikins, "Self-perception of dental appearance and aesthetics in a student population," *Int Orthod*, vol. 17, no. 3, pp. 506–512, Sep. 2019, doi: 10.1016/j.ortho.2019.06.010.
- [3] M. N. Alkhatib, R. Holt, and R. Bedi, "Prevalence of self-assessed tooth discolouration in the United Kingdom," *J Dent*, vol. 32, no. 7, pp. 561–566, Sep. 2004, doi: 10.1016/j.jdent.2004.06.002.
- [4] K. A. Kolawole, O. O. Ayeni, and V. I. Osiatuma, "Psychosocial impact of dental aesthetics among university undergraduates," *Int Orthod*, vol. 10, no. 1, pp. 96–109, Mar. 2012, doi: 10.1016/j.ortho.2011.12.003.
- [5] L. L. Odioso, R. D. Gibb, and R. W. Gerlach, "Impact of demographic, behavioral, and dental care utilization parameters on tooth color and personal satisfaction," *Compend Contin Educ Dent Suppl*, no. 29, pp. S35-41, 2000.
- [6] D. Tao *et al.*, "In vitro and clinical evaluation of optical tooth whitening toothpastes," *J Dent*, vol. 67S, pp. S25–S28, Dec. 2017, doi: 10.1016/j.jdent.2017.08.014.
- [7] L. Fiorillo *et al.*, "Dental Whitening Gels: Strengths and Weaknesses of an Increasingly Used Method," *Gels*, vol. 5, no. 3, Jul. 2019, doi: 10.3390/gels5030035.
- [8] B. M. Maran, A. Burey, T. de Paris Matos, A. D. Loguercio, and A. Reis, "In-office dental bleaching with light vs. without light: A systematic review and meta-analysis," *J Dent*, vol. 70, pp. 1–13, 2018, doi: 10.1016/j.jdent.2017.11.007.
- [9] Z. Qamar, Z. B. Haji Abdul Rahim, H. P. Chew, and T. Fatima, "Influence of trace elements on dental enamel properties: A review," *J Pak Med Assoc*, vol. 67, no. 1, pp. 116–120, Jan. 2017.
- [10] B. He *et al.*, "Mineral densities and elemental content in different layers of healthy human enamel with varying teeth age," *Arch. Oral Biol.*, vol. 56, no. 10, pp. 997–1004, Oct. 2011, doi: 10.1016/j.archoralbio.2011.02.015.
- [11] D. D. Arola, S. Gao, H. Zhang, and R. Masri, "The Tooth: Its Structure and Properties," *Dent. Clin. North Am.*, vol. 61, no. 4, pp. 651–668, 2017, doi: 10.1016/j.cden.2017.05.001.
- [12] E. Piva *et al.*, "Dental Pulp Tissue Regeneration Using Dental Pulp Stem Cells Isolated and Expanded in Human Serum," *J Endod*, vol. 43, no. 4, pp. 568–574, Apr. 2017, doi: 10.1016/j.joen.2016.11.018.
- [13] J. Lasserre, I. Pop, and E. D’Incau, "La couleur en odontologie," *Les cahiers de prothèse*, no. 135, 2006.
- [14] C. Pignoly *et al.*, *Prise de teintes : des techniques conventionnelles aux techniques électroniques*. Paris, France, 2010.
- [15] J. Fondriest, "The Optical Characteristics of Natural Teeth," *Inside Dentistry*, Nov. 2012.
- [16] A. J. Hassel, A. Zenthöfer, N. Corcodel, A. Hildenbrandt, G. Reinelt, and S. Wiesberg, "Determination of VITA Classical shades with the 3D-Master shade guide," *Acta Odontol. Scand.*, vol. 71, no. 3–4, pp. 721–726, Jul. 2013, doi: 10.3109/00016357.2012.715197.
- [17] C. Llana, L. Forner, and I. Esteve, "Effect of Hydrogen and Carbamide Peroxide in Bleaching, Enamel Morphology, and Mineral Composition: In vitro Study," *The Journal of Contemporary Dental Practice*, vol. 18, no. 7, pp. 576–582, Jul. 2017, doi: 10.5005/jp-journals-10024-2087.

- [18] S. Joniot, D. Ostrowski, F. Destruhaut, T. Canceill, and P. Pomar, *Anatomie dentaire: Du fondamental à la clinique*. CDP, 2018.
- [19] F. N. Hattab, M. A. Qudeimat, and H. S. al-Rimawi, "Dental discoloration: an overview," *J Esthet Dent*, vol. 11, no. 6, pp. 291–310, 1999, doi: 10.1111/j.1708-8240.1999.tb00413.x.
- [20] D. Viscio, A. Gaffar, S. Fakhry-Smith, and T. Xu, "Present and future technologies of tooth whitening," *Compend Contin Educ Dent Suppl*, no. 28, pp. S36-43; 2000.
- [21] M. Q. Alqahtani, "Tooth-bleaching procedures and their controversial effects: A literature review," *Saudi Dent J*, vol. 26, no. 2, pp. 33–46, Apr. 2014, doi: 10.1016/j.sdentj.2014.02.002.
- [22] S. A. Nathoo, "The chemistry and mechanisms of extrinsic and intrinsic discoloration," *J Am Dent Assoc*, vol. 128 Suppl, pp. 6S-10S, Apr. 1997, doi: 10.14219/jada.archive.1997.0428.
- [23] P. D. Marsh, "Dental plaque: biological significance of a biofilm and community life-style," *J. Clin. Periodontol.*, vol. 32 Suppl 6, pp. 7–15, 2005, doi: 10.1111/j.1600-051X.2005.00790.x.
- [24] J. S. Reid, J. A. Beeley, and D. G. MacDonald, "Investigations into black extrinsic tooth stain," *J. Dent. Res.*, vol. 56, no. 8, pp. 895–899, Aug. 1977, doi: 10.1177/00220345770560081001.
- [25] K. Prskalo, E. Klarić Sever, I. Alerić, T. Antonić Jelić, and I. Žaja, "Risk Factors Associated with Black Tooth Stain," *Acta Clin Croat*, vol. 56, no. 1, pp. 28–35, 2017, doi: 10.20471/acc.2017.56.01.05.
- [26] A. Watts and M. Addy, "Tooth discolouration and staining: a review of the literature," *Br Dent J*, vol. 190, no. 6, pp. 309–316, Mar. 2001, doi: 10.1038/sj.bdj.4800959.
- [27] C. M. Carey, "Tooth whitening: what we now know," *J Evid Based Dent Pract*, vol. 14 Suppl, pp. 70–76, Jun. 2014, doi: 10.1016/j.jebdp.2014.02.006.
- [28] L. G. P. D. Santos *et al.*, "Alternative to Avoid Tooth Discoloration after Regenerative Endodontic Procedure: A Systematic Review," *Braz Dent J*, vol. 29, no. 5, pp. 409–418, Oct. 2018, doi: 10.1590/0103-6440201802132.
- [29] A. Adl, S. Javanmardi, and A. Abbaszadegan, "Assessment of tooth discoloration induced by biodentine and white mineral trioxide aggregate in the presence of blood," *J Conserv Dent*, vol. 22, no. 2, pp. 164–168, Apr. 2019, doi: 10.4103/JCD.JCD\_466\_18.
- [30] C. Naulin-Ifi, *Traumatologie clinique : De la théorie à la pratique*. Paris: Editions Espace id, 2016.
- [31] A. P. Cazzolla, A. R. De Franco, M. Lacaíta, and V. Lacarbonara, "Efficacy of 4-year treatment of icon infiltration resin on postorthodontic white spot lesions," *BMJ Case Rep*, vol. 2018, Jul. 2018, doi: 10.1136/bcr-2018-225639.
- [32] C. des enseignants en odontologie pédiatrique and M. Muller-Bolla, *Guide d'odontologie pédiatrique: La clinique par la preuve*. CDP, 2018.
- [33] P. J. Crawford, M. Aldred, and A. Bloch-Zupan, "Amelogenesis imperfecta," *Orphanet J Rare Dis*, vol. 2, p. 17, Apr. 2007, doi: 10.1186/1750-1172-2-17.
- [34] M. de La Dure-Molla, B. Philippe Fournier, and A. Berdal, "Isolated dentinogenesis imperfecta and dentin dysplasia: revision of the classification," *Eur J Hum Genet*, vol. 23, no. 4, pp. 445–451, Apr. 2015, doi: 10.1038/ejhg.2014.159.
- [35] L. Azzahim, S. Chala, and F. Abdallaoui, "[Role of enamel microabrasion associated with external bleaching in the management of patients with dental fluorosis]," *Pan Afr Med J*, vol. 34, p. 72, 2019, doi: 10.11604/pamj.2019.34.72.20401.
- [36] J. Abanto Alvarez, K. M. P. C. Rezende, S. M. S. Marocho, F. B. T. Alves, P. Celiberti, and A. L. Ciamponi, "Dental fluorosis: exposure, prevention and management," *Med Oral Patol Oral Cir Bucal*, vol. 14, no. 2, pp. E103-107, Feb. 2009.

- [37] A. R. Sánchez, R. S. Rogers, and P. J. Sheridan, "Tetracycline and other tetracycline-derivative staining of the teeth and oral cavity," *Int. J. Dermatol.*, vol. 43, no. 10, pp. 709–715, Oct. 2004, doi: 10.1111/j.1365-4632.2004.02108.x.
- [38] S. R. Kwon and P. W. Wertz, "Review of the Mechanism of Tooth Whitening," *J Esthet Restor Dent*, vol. 27, no. 5, pp. 240–257, Oct. 2015, doi: 10.1111/jerd.12152.
- [39] H. Eimar *et al.*, "Hydrogen peroxide whitens teeth by oxidizing the organic structure," *J Dent*, vol. 40 Suppl 2, pp. e25-33, Dec. 2012, doi: 10.1016/j.jdent.2012.08.008.
- [40] R. M. Palo *et al.*, "Quantification of peroxide ion passage in dentin, enamel, and cementum after internal bleaching with hydrogen peroxide," *Oper Dent*, vol. 37, no. 6, pp. 660–664, Dec. 2012, doi: 10.2341/11-334-L.
- [41] I. Rotstein, Y. Torek, and I. Lewinstein, "Effect of bleaching time and temperature on the radicular penetration of hydrogen peroxide," *Endod Dent Traumatol*, vol. 7, no. 5, pp. 196–198, Oct. 1991, doi: 10.1111/j.1600-9657.1991.tb00435.x.
- [42] M. Rezende, A. D. Loguercio, S. Kossatz, and A. Reis, "Predictive factors on the efficacy and risk/intensity of tooth sensitivity of dental bleaching: A multi regression and logistic analysis," *J Dent*, vol. 45, pp. 1–6, Feb. 2016, doi: 10.1016/j.jdent.2015.11.003.
- [43] M. G. D. Kelleher, S. Djemal, A. S. Al-Khayatt, J. Ray-Chaudhuri, P. F. A. Briggs, and R. W. J. Porter, "Bleaching and bonding for the older patient," *Dent Update*, vol. 38, no. 5, pp. 294–296, 298–300, 302–303, Jun. 2011, doi: 10.12968/denu.2011.38.5.294.
- [44] K. Elhennawy and F. Schwendicke, "Managing molar-incisor hypomineralization: A systematic review," *Journal of Dentistry*, vol. 55, pp. 16–24, Dec. 2016, doi: 10.1016/j.jdent.2016.09.012.
- [45] G. Patri, Y. Agnihotri, S. R. Rao, N. Lakshmi, and S. Das, "An in vitro spectrophotometric analysis of the penetration of bleaching agent into the pulp chamber of intact and restored teeth," *J Clin Diagn Res*, vol. 7, no. 12, pp. 3057–3059, Dec. 2013, doi: 10.7860/JCDR/2013/7589.3852.
- [46] O. Gökay, F. Yilmaz, S. Akin, M. Tunçbilek, and R. Ertan, "Penetration of the pulp chamber by bleaching agents in teeth restored with various restorative materials," *J Endod*, vol. 26, no. 2, pp. 92–94, Feb. 2000, doi: 10.1097/00004770-200002000-00008.
- [47] X. Ma *et al.*, "Separate contribution of enamel and dentine to overall tooth colour change in tooth bleaching," *J Dent*, vol. 39, no. 11, pp. 739–745, Nov. 2011, doi: 10.1016/j.jdent.2011.08.005.
- [48] T. M. Caneppele, A. B. Borges, and C. R. Torres, "Effects of dental bleaching on the color, translucency and fluorescence properties of enamel and dentin," *Eur J Esthet Dent*, vol. 8, no. 2, pp. 200–212, 2013.
- [49] C. Tremousaygue, "L'éclaircissement dentaire externe : données actuelles et étude départementale (Haute-Garonne) des pratiques en cabinet libéral," Thèse d'exercice pour le Diplôme d'Etat de Docteur en Chirurgie Dentaire, Université Toulouse III - Paul Sabatier, Toulouse, France, 2017.
- [50] L. Prunel, "Eclaircissement de la dent dépulpée en 2018," Thèse d'exercice pour le Diplôme d'Etat de Docteur en Chirurgie Dentaire, Université Toulouse III - Paul Sabatier, Toulouse, France, 2018.
- [51] B. A. Matis, U. Gaião, D. Blackman, F. A. Schultz, and G. J. Eckert, "In vivo degradation of bleaching gel used in whitening teeth," *J Am Dent Assoc*, vol. 130, no. 2, pp. 227–235, Feb. 1999, doi: 10.14219/jada.archive.1999.0172.

- [52] R. H. Leonard, A. Sharma, and V. B. Haywood, "Use of different concentrations of carbamide peroxide for bleaching teeth: an in vitro study," *Quintessence Int*, vol. 29, no. 8, pp. 503–507, Aug. 1998.
- [53] J. A. Rodrigues, G. P. F. Oliveira, and C. M. Amaral, "Effect of thickener agents on dental enamel microhardness submitted to at-home bleaching," *Braz Oral Res*, vol. 21, no. 2, pp. 170–175, Jun. 2007, doi: 10.1590/s1806-83242007000200013.
- [54] R. A. Feinman, "Reviewing vital bleaching and chemical alterations," *J Am Dent Assoc*, vol. 122, no. 2, pp. 55–56, Feb. 1991, doi: 10.14219/jada.archive.1991.0057.
- [55] A. Joiner, "The bleaching of teeth: a review of the literature," *J Dent*, vol. 34, no. 7, pp. 412–419, Aug. 2006, doi: 10.1016/j.jdent.2006.02.002.
- [56] A. P. Dias Ribeiro *et al.*, "Cytotoxic effect of a 35% hydrogen peroxide bleaching gel on odontoblast-like MDPC-23 cells," *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, vol. 108, no. 3, pp. 458–464, Sep. 2009, doi: 10.1016/j.tripleo.2009.05.006.
- [57] T. M. F. Caneppele, C. Rocha Gomes Torres, M. F. R. L. Huhtala, and E. Bresciani, "Influence of whitening gel application protocol on dental color change," *ScientificWorldJournal*, vol. 2015, p. 420723, 2015, doi: 10.1155/2015/420723.
- [58] J. H. Chen, J. W. Xu, and C. X. Shing, "Decomposition rate of hydrogen peroxide bleaching agents under various chemical and physical conditions," *J Prosthet Dent*, vol. 69, no. 1, pp. 46–48, Jan. 1993, doi: 10.1016/0022-3913(93)90239-k.
- [59] S. Pineau, "L'éclaircissement au cabinet et/ou ambulatoire," *Le Fil Dentaire*, no. 7 février 2017, Feb. 2017.
- [60] T. Duc, "L'éclaircissement dentaire : comparaison entre méthodes employées en cabinet dentaire et systèmes du commerce," Thèse d'exercice pour le Diplôme d'Etat de Docteur en Chirurgie Dentaire, Université de Lorraine, 2012.
- [61] A. J. Viera and J. M. Garrett, "Understanding interobserver agreement: the kappa statistic," *Fam Med*, vol. 37, no. 5, pp. 360–363, May 2005.
- [62] M. F. Silva-Junior, P. S. da Cruz, A. C. Bozzi, L. G. D. Daroz, and C. B. D. Santos-Daroz, "Effect of bleaching agents and toothpastes on the enamel: An in situ study," *Am J Dent*, vol. 32, no. 6, pp. 288–292, Dec. 2019.
- [63] I. Luque-Martinez *et al.*, "Comparison of efficacy of tray-delivered carbamide and hydrogen peroxide for at-home bleaching: a systematic review and meta-analysis," *Clin Oral Investig*, vol. 20, no. 7, pp. 1419–1433, Sep. 2016, doi: 10.1007/s00784-016-1863-7.
- [64] J. L. de Geus, L. M. Wambier, T. F. Boing, A. D. Loguercio, and A. Reis, "At-home Bleaching With 10% vs More Concentrated Carbamide Peroxide Gels: A Systematic Review and Meta-analysis," *Oper Dent*, vol. 43, no. 4, pp. E210–E222, Aug. 2018, doi: 10.2341/17-222-L.
- [65] F. F. Demarco *et al.*, "Preferences on vital and nonvital tooth bleaching: a survey among dentists from a city of southern Brazil," *Braz Dent J*, vol. 24, no. 5, pp. 527–531, Oct. 2013, doi: 10.1590/0103-6440201302152.
- [66] L. S. Machado *et al.*, "Clinical Comparison of At-Home and In-Office Dental Bleaching Procedures: A Randomized Trial of a Split-Mouth Design," *Int J Periodontics Restorative Dent*, vol. 36, no. 2, pp. 251–260, Apr. 2016, doi: 10.11607/prd.2383.
- [67] A. Wiegand, S. Drebenstedt, M. Roos, A. C. Magalhães, and T. Attin, "12-month color stability of enamel, dentine, and enamel-dentine samples after bleaching," *Clin Oral Investig*, vol. 12, no. 4, pp. 303–310, Dec. 2008, doi: 10.1007/s00784-008-0195-7.

- [68] S. R. Grobler, A. Majeed, M. H. Moola, R. J. Rossouw, and T. van Wyk Kotze, "In vivo Spectrophotometric Assessment of the Tooth Whitening Effectiveness of Nite White 10% with Amorphous Calcium Phosphate, Potassium Nitrate and Fluoride, Over a 6-month Period," *Open Dent J*, vol. 5, pp. 18–23, Mar. 2011, doi: 10.2174/1874210601105010018.
- [69] A. Wiegand and T. Attin, "Efficacy of enamel matrix derivatives (Emdogain) in treatment of replanted teeth--a systematic review based on animal studies," *Dent Traumatol*, vol. 24, no. 5, pp. 498–502, Oct. 2008, doi: 10.1111/j.1600-9657.2008.00662.x.
- [70] D. Monteiro, A. Moreira, T. Cornacchia, and C. Magalhães, "Evaluation of the effect of different enamel surface treatments and waiting times on the staining prevention after bleaching," *J Clin Exp Dent*, vol. 9, no. 5, pp. e677–e681, May 2017, doi: 10.4317/jced.53712.
- [71] L. S. N. de Araújo *et al.*, "Mineral loss and color change of enamel after bleaching and staining solutions combination," *J Biomed Opt*, vol. 18, no. 10, p. 108004, Oct. 2013, doi: 10.1117/1.JBO.18.10.108004.
- [72] T. Qin, T. Mellgren, S. Jefferies, W. Xia, and H. Engqvist, "A Study for Tooth Bleaching via Carbamide Peroxide-Loaded Hollow Calcium Phosphate Spheres," *Dent J (Basel)*, vol. 5, no. 1, Dec. 2016, doi: 10.3390/dj5010003.
- [73] E. Crastechini, A. B. Borges, and C. Torres, "Effect of Remineralizing Gels on Microhardness, Color and Wear Susceptibility of Bleached Enamel," *Oper Dent*, vol. 44, no. 1, pp. 76–87, Feb. 2019, doi: 10.2341/17-150-L.
- [74] S. K. Al-Salehi, P. V. Hatton, C. W. McLeod, and A. G. Cox, "The effect of hydrogen peroxide concentration on metal ion release from dental amalgam," *J Dent*, vol. 35, no. 2, pp. 172–176, Feb. 2007, doi: 10.1016/j.jdent.2006.07.003.
- [75] M. Bahari, P. Alizadeh Oskoei, S. Savadi Oskoei, F. Puralibaba, and A. Morsali Ahari, "Mercury release of amalgams with various silver contents after exposure to bleaching agent," *J Dent Res Dent Clin Dent Prospects*, vol. 10, no. 2, pp. 118–123, 2016, doi: 10.15171/joddd.2016.019.
- [76] ANSM, "Le mercure des amalgames dentaires - Actualisation des données." Avril 2015.
- [77] D. W. Jones, "Exposure or absorption and the crucial question of limits for mercury," *J Can Dent Assoc*, vol. 65, no. 1, pp. 42–46, Jan. 1999.
- [78] C. Hannig, S. Duong, K. Becker, E. Brunner, E. Kahler, and T. Attin, "Effect of bleaching on subsurface micro-hardness of composite and a polyacid modified composite," *Dent Mater*, vol. 23, no. 2, pp. 198–203, Feb. 2007, doi: 10.1016/j.dental.2006.01.008.
- [79] O. Polydorou, E. Hellwig, and T. M. Auschill, "The effect of at-home bleaching on the microhardness of six esthetic restorative materials," *J Am Dent Assoc*, vol. 138, no. 7, pp. 978–984; quiz 1022, Jul. 2007, doi: 10.14219/jada.archive.2007.0295.
- [80] O. Polydorou, E. Hellwig, and T. M. Auschill, "The effect of different bleaching agents on the surface texture of restorative materials," *Oper Dent*, vol. 31, no. 4, pp. 473–480, Aug. 2006, doi: 10.2341/05-75.
- [81] P. Wattanapayungkul, A. U. J. Yap, K. W. Chooi, M. F. L. A. Lee, R. S. Selamat, and R. D. Zhou, "The effect of home bleaching agents on the surface roughness of tooth-colored restoratives with time," *Oper Dent*, vol. 29, no. 4, pp. 398–403, Aug. 2004.
- [82] S. Kurtulmus-Yilmaz, E. Cengiz, N. Ulusoy, S. T. Ozak, and E. Yuksel, "The effect of home-bleaching application on the color and translucency of five resin composites," *J Dent*, vol. 41 Suppl 5, pp. e70-75, Nov. 2013, doi: 10.1016/j.jdent.2012.12.007.

- [83] N. Aguir, M. Jemâa, E. Jalouli, M. Khattech, and L. Bhourri, "Particularités du collage aux dents qui ont subi un éclaircissement," *Actual. Odonto-Stomatol.*, no. 287, p. 2, Jan. 2018, doi: 10.1051/aos/2018012.
- [84] K. C. Titley, C. D. Torneck, D. C. Smith, R. Chernecky, and A. Adibfar, "Scanning electron microscopy observations on the penetration and structure of resin tags in bleached and unbleached bovine enamel," *J Endod*, vol. 17, no. 2, pp. 72–75, Feb. 1991, doi: 10.1016/S0099-2399(06)81611-0.
- [85] J. Perdigão, C. Francci, E. J. Swift, W. W. Ambrose, and M. Lopes, "Ultra-morphological study of the interaction of dental adhesives with carbamide peroxide-bleached enamel," *Am J Dent*, vol. 11, no. 6, pp. 291–301, Dec. 1998.
- [86] A. Feiz, M. Khoroushi, and M. Gheisarifar, "Bond strength of composite resin to bleached dentin: effect of using antioxidant versus buffering agent," *J Dent (Tehran)*, vol. 8, no. 2, pp. 60–66, 2011.
- [87] S. Keni, S. Nambiar, P. Philip, and S. Shetty, "A comparison of the effect of application of sodium ascorbate and amla (Indian gooseberry) extract on the bond strength of brackets bonded to bleached human enamel: An In vitro study," *Indian J Dent Res*, vol. 29, no. 5, pp. 663–666, Oct. 2018, doi: 10.4103/ijdr.IJDR\_720\_16.
- [88] M. S. Alencar, J. F. S. Bombonatti, R. M. Maenosono, A. F. Soares, L. Wang, and R. F. L. Mondelli, "Effect of Two Antioxidants Agents on Microtensile Bond Strength to Bleached Enamel," *Braz Dent J*, vol. 27, no. 5, pp. 532–536, Oct. 2016, doi: 10.1590/0103-6440201600757.

## IX – Table des figures

<b>Figure 1</b> : Coupe d'une dent observée sous loupe binoculaire. La dentine (*) apparaît beaucoup moins translucide que l'émail (iconographie du Dr. Canceill). .....	14
<b>Figure 2</b> : Constitution des couleurs en fonction des composantes rouge, vert, bleu de la lumière. ...	15
<b>Figure 3</b> : Opalescence du bord libre d'après James Fondriest [17]. .....	17
<b>Figure 4</b> : Fluorescence bleutée d'une incisive éclairée avec des rayons UV d'après Pignoly et <i>al.</i> [16]. .....	17
<b>Figure 5</b> : Teintier Vita Classical.....	18
<b>Figure 6</b> : Choix de la luminosité d'après le manuel d'utilisation du teintier. ....	19
<b>Figure 7</b> : Choix de la couleur des dents (lettres L, M et R) et de la saturation (numéros 1, 2 et 3), au sein de chaque catégorie de luminosité. ....	19
<b>Figure 8</b> : Teintier électronique Vita Easysshade Advance 4.0. ....	20
<b>Figure 9</b> : Mécanisme d'apparitions des colorations liées à l'alimentation sur la surface de la dent [15]. .....	24
<b>Figure 10</b> : Exemple de coloration lié au tabac à chiquer sur les surfaces dentaires [15]. ....	25
<b>Figure 11</b> : Schéma du mécanisme de formation de « <i>black stain</i> » selon Reid et Beelay [23]. ....	25
<b>Figure 12</b> : Coloration dentaire extrinsèque causée par l'utilisation topique à long terme d'un bain de bouche à la chlorhexidine à 0,12% [15]. .....	26
<b>Figure 13</b> : Coloration grisâtre de la dentine liée à la présence d'un volumineux amalgame sur une molaire maxillaire (iconographie du Dr. CANCEILL) .....	27
<b>Figure 14</b> : Usure dentaire par attrition sur des incisives et canines mandibulaires. La dentine de couleur jaunâtre apparaît une fois l'émail détruit (iconographie du Dr. CANCEILL).....	28
<b>Figure 15</b> : Lésions carieuses noires chez un patient polycarié .....	29
<b>Figure 16</b> : Leucomes pré-carieux produisant des taches de couleur blanc-crayeux [30] .....	29
<b>Figure 17</b> : Amélogénèse imparfaite .....	30
<b>Figure 18</b> : Dentinogénèse imparfaite .....	31
<b>Figure 19</b> : Fluorose visible sur les incisives maxillaires [32] .....	31
<b>Figure 20</b> : Les trois phases conduisant à l'éclaircissement de la dent [35] .....	32
<b>Figure 21</b> : Evolution de la luminosité de la dent, de l'émail et de la dentine au cours du temps sous l'effet d'une thérapeutique d'éclaircissement (d'après Ma et <i>al</i> [44]). .....	36
<b>Figure 22</b> : Evolution de la désaturation de la dent, de l'émail et de la dentine au cours du temps sous l'effet d'une thérapeutique d'éclaircissement (d'après Ma et <i>al</i> [44]). .....	36
<b>Figure 23</b> : Captures d'écran du mode d'emploi commun aux produits Perfect Bleach 10% et 16% (VOCO) qui mettent en évidence le degré de liberté laissé au praticien dans la séquence de traitement. ....	46
<b>Figure 24</b> : Schéma résumant le déroulé de l'étude.....	48
<b>Figure 25</b> : Evolution de la luminosité moyenne des dents selon le type de produit utilisé (n=20 par groupe). Aucune différence n'apparaît statistiquement significative entre les groupes.....	50
<b>Figure 26</b> : Evolution de la luminosité des dents traitées au produit concentré à 10% (n=20). Aucune différence n'apparaît statistiquement significative au cours du temps par rapport au temps 0. La ligne noire indique l'évolution moyenne au cours du temps (il est normal qu'elle soit orientée en bas et à droite car le score de luminosité doit diminuer pour que la luminosité augmente). ....	50
<b>Figure 27</b> : Evolution de la luminosité des dents traitées au produit concentré à 16% (n=20). Les astérisques montrent une différence statistiquement significative par rapport au temps 0 après application de tests non paramétriques de Mann-Whitney Wilcoxon (* : p<0,05 ; ** : p<0,01 ; *** : p<0,001 ; **** : p<0,0001). La ligne noire indique l'évolution moyenne au cours du temps (il est	

normal qu'elle soit orientée en bas et à droite car le score de luminosité doit diminuer pour que la luminosité augmente). .....	51
<b>Figure 28</b> : Evolution entre J0 et J14 du nombre de dents à teinte d'intensité médiane (en rose-orangé), à intensité plus claire (en jaune) ou à intensité renforcée (en orange) selon les produits utilisés (n=20 par groupe). Aucune différence n'apparaît statistiquement significative ni entre les groupes, ni au sein d'un même groupe à différents temps. ....	51
<b>Figure 29</b> : Evolution de la saturation moyenne des dents selon le type de produit utilisé (n=20 par groupe). Aucune différence n'apparaît statistiquement significative entre les groupes. ....	52
<b>Figure 30</b> : Evolution de la saturation des dents traitées au produit concentré à 10% (n=20). Aucune différence n'apparaît statistiquement significative au cours du temps par rapport au temps 0. La ligne noire indique l'évolution moyenne au cours du temps. ....	52
<b>Figure 31</b> : Evolution de la saturation des dents traitées au produit concentré à 16% (n=20). Les astérisques montrent une différence statistiquement significative par rapport au temps 0 après application de tests non paramétriques de Mann-Whitney Wilcoxon (* : p<0,05 ; ** : p<0,01 ; *** : p<0,001 ; **** : p<0,0001). La ligne noire indique l'évolution moyenne au cours du temps. ....	53

## X – Table des tableaux

Tableau 1 : Exemples de produits disponibles pour un éclaircissement ambulatoire en France. ....	41
Tableau 2 : Nombre de dents ayant présenté un changement de teinte perceptible par le teintier électronique à l'issue des 14 jours d'application (n=20 par groupe). La comparaison entre tous les groupes a été assurée grâce à un test exact de Fisher. ....	53
Tableau 3 : Présentation des changements de teinte en faveur d'un éclaircissement observés par les deux évaluateurs à l'issue des 14 jours d'éclaircissement. La comparaison entre les deux observateurs a été assurée grâce à un test exact de Fisher. ....	54

**ECLAIRCISSEMENT DENTAIRE AUX  
PEROXYDES DE CARBAMIDE A 10 ET 16% : ETUDE IN VITRO**

**RESUME EN FRANCAIS** : L'éclaircissement dentaire est de plus en plus demandé par les patients. Plusieurs produits différents existent et de concentrations différentes. L'objectif de notre étude est donc de comparer *in vitro* le pouvoir éclaircissant de deux produits à base de peroxyde de carbamide à 10% et 16% au cours du temps. Des recommandations de bonnes pratiques pourront être éditées pour faciliter l'organisation des séquences de traitement par les praticiens qui y auront recours dans le futur.

L'étude menée dans le cadre de ce travail met en évidence que le peroxyde de carbamide à 16% améliore significativement la luminosité des dents à partir du 12<sup>ème</sup> jour et leur saturation dès le 3<sup>ème</sup> jour.

**TITRE EN ANGLAIS** : Dental Bleaching using 10 or 16% of carbamide peroxide : an in vitro study

**RESUME EN ANGLAIS** : Teeth whitening is increasingly demanded by patients. Several different products exist and several different concentrations. The objective of our study is to compare in vitro the whitening power of two products based on carbamide peroxide at 10% and 16% over time. Good practice recommendations may be published to facilitate the organization of treatment sequences by dentist who will use them in the future.

The study carried out as part of this work shows that 16% carbamide peroxide significantly improves the brightness of teeth from the 12th day and their saturation from the 3rd day.

**DISCIPLINE ADMINISTRATIVE** : Chirurgie dentaire

**MOTS CLES** : éclaircissement dentaire, peroxide d'hydrogène, peroxide de carbamide, étude in vitro.

**INTITULE ET ADRESSE DE L'UFR** : Université Toulouse III-Paul Sabatier Faculté de Chirurgie Dentaire 3, chemin des Maraîchers 31062 Toulouse Cedex

**DIRECTEUR DE THESE** : Thibault CANCEILL