



**HAL**  
open science

# Taches blanches, utilisation et vieillissement de la résine Icon®: réévaluations de cas cliniques réalisés au CHRU de Brest

Mona Fettouhi

## ► To cite this version:

Mona Fettouhi. Taches blanches, utilisation et vieillissement de la résine Icon®: réévaluations de cas cliniques réalisés au CHRU de Brest. Sciences du Vivant [q-bio]. 2019. dumas-02295353

**HAL Id: dumas-02295353**

**<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-02295353>**

Submitted on 24 Sep 2019

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

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



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License

THÈSE POUR L'OBTENTION DU DIPLOME D'ÉTAT DE DOCTEUR EN CHIRURGIE DENTAIRE

Année : 2019  
Thèse N°: 29012

# Taches blanches, utilisation et vieillissement de la résine Icon® : réévaluations de cas cliniques réalisés au CHRU de Brest

présentée par

**Mona FETTOUHI**

Née à Brest, le 15 mars 1994

**Thèse soutenue le 3 septembre 2019**  
devant le jury composé de :

**Reza ARBAB-CHIRANI**

Professeur des universités, Brest (*Président*)

**Valérie CHEVALIER**

Maître de conférences des universités, Brest (*Directeur*)

**Karen VALLAEYS**

Maître de conférences des universités, Brest (*Assesseur*)

**Camille FRAMERY**

Assistant, Brest (*Assesseur*)

**Kevin-John FOUILLEN**

Assistant, Brest (*Invité*)



# UNIVERSITÉ DE BRETAGNE OCCIDENTALE

-----

**PRESIDENT Monsieur Matthieu GALLOU**

**DIRECTEUR GENERAL DES SERVICES**

**Madame Brigitte BONIN**

## **CORPS PROFESSORAL DE L'U.F.R. D'ODONTOLOGIE DE BREST**

**Année Universitaire 2018-2019**

-----

### **DOYEN**

Monsieur Reza ARBAB-CHIRANI

### **PROFESSEURS DES UNIVERSITÉS**

S57 Parodontologie Monsieur Hervé BOUTIGNY-VELLA

S57 Chirurgie Orale

Madame Sylvie BOISRAME

S57 Biologie Orale Monsieur Jacques-Olivier PERS

S58 Dentisterie Restauratrice, Endodontie

Monsieur Reza ARBAB-CHIRANI

### **MAITRES DE CONFÉRENCES DES UNIVERSITÉS**

S56 Odontologie Pédiatrique

Monsieur Hervé FORAY

S56 Odontologie Pédiatrique

Madame Frédérique d'ARBONNEAU

S56 Prévention, Epidémiologie, Economie Santé, Odonto légale

Monsieur Alain ZERILLI

S56 Prévention, Epidémiologie, Economie Santé, Odonto légale

Monsieur Bertrand PIVER

S57 Biologie Orale

Mademoiselle Laëtitia LE POTTIER

S58 Dentisterie Restauratrice, Endodontie

Madame Valérie CHEVALIER-HERISSET

S58 Dentisterie Restauratrice, Endodontie

Madame Karen VALLAEYS

S58 Prothèses

Monsieur Vincent JARDEL

S58 Fonction-Dysfonction, Imagerie, Biomatériaux

Madame Céline BODERE

### **ASSISTANTS**

S56 Odontologie pédiatrique Madame Caroline DARBIN

S57 Biologie Orale Monsieur Jean-Éric ALARD

S57 Chirurgie Orale Madame Emilie HASCOET

S57 Chirurgie Orale Madame Héroïse HERRY

S57 Parodontologie Madame Gwenola FERREC

S57 Parodontologie Madame Camille FRAMERY

S58 Dentisterie Restauratrice, Endodontie

Monsieur Kevin-John FOUILLEN

S58 Dentisterie Restauratrice, Endodontie

Monsieur Arthur SCHMOUCHKOVITCH

S58 Prothèses

Madame Coralie BURLE

S58 Prothèses

Madame Fanny BASSE

### **ASSISTANTS ASSOCIES**

S58 Fonction-Dysfonction, Imagerie, Biomatériaux

Madame Anaïs BONNABESSE

S58 Prothèses

Madame Juliette COAT

S58 Prothèses

Monsieur Alain HOUARD

## **REMERCIEMENTS**

**Au président du jury :**

**A Monsieur le Professeur Reza ARBAB-CHIRANI,**  
Professeur des Universités, Praticien Hospitalier,

Je vous remercie d'avoir accepté la présidence de ce jury.

Je vous remercie également pour la qualité de votre enseignement et votre accompagnement tout au long de mon cursus.

Veillez trouver dans ce travail l'expression de mon profond respect.

**Aux membres du jury :**

**A Madame le Docteur Valérie CHEVALIER**

Maître de conférences des Universités, Praticien Hospitalier,

Je vous remercie d'avoir accepté la direction de cette thèse. Cela a été pour moi un plaisir et un honneur de travailler avec vous. Je tiens tout particulièrement à souligner votre qualité d'écoute, votre patience, votre soutien et vos précieux conseils tout au long de ce travail, mais aussi de mon cursus.

Veillez trouver dans ce travail l'expression de mes remerciements les plus sincères.

**A Madame le Docteur Karen VALLAEYS,**

Maître de conférences des Universités, Praticien Hospitalier,

Je vous remercie d'avoir accepté de participer à ce jury. Je vous remercie pour la qualité de votre enseignement, votre écoute et votre encadrement tout au long de mon cursus.

Veillez croire en mes remerciements les plus sincères.

**A Madame le Docteur Camille FRAMERY,**

Assistant, Praticien hospitalier,

Je vous remercie d'avoir accepté de participer à ce jury.

Je vous remercie également pour votre investissement, vos conseils et votre bienveillance tout au long de mon cursus.

Veillez trouver dans ce travail l'expression de mes remerciements les plus sincères.



**A Monsieur le Docteur Kevin-John FOUILLEN,**

Assistant, Praticien Hospitalier,

Je vous remercie d'avoir accepté de participer à ce jury.

Je vous remercie également pour votre encadrement, votre disponibilité et votre qualité d'écoute auprès des étudiants.

Veillez trouver dans ce travail l'expression de mes remerciements les plus sincères.

Je tiens à remercier tout particulièrement :

Mes parents, pour votre éternel soutien dans toutes les épreuves de ma vie. Pour tous les beaux moments passés et à venir, je ne vous remercierai jamais assez. Vous êtes à jamais dans mon coeur. Je suis fière d'être votre fille.

Mes soeurs pour tous les moments de rires et d'émotions passés ensemble, pour notre complicité à toute épreuve, nos délires petits ou grands, je vous embrasse très fort.

L'Empereur Du Mal pour tous les beaux moments passés ensemble qui ne se comptent plus. À ceux à venir, ici ou ailleurs et à nos rêves.

Mes chers confère et consoeur mutualistes de toujours Gente Dame Valérie La Fidèle et Régio El Mystériso, sans qui ces années auraient été beaucoup moins palpitantes.

René le vieux grincheux du deuxième étage.

Tous mes amis brestois et d'ailleurs : Alice, Nicolas, Clarisse, Antoine, Thomas, Romane, Benoit, Laure, Paulo, Pauline, Marie, Raja, Cath, Mr Chang, Audrey, Kim, José, Cécile, Mariya, Marion, ... la liste est longue, je ne vous souhaite que de belles choses!

Malika, Nadia, Lina, Adil et tous les autres, il me tarde de tous vous revoir.

Le Dr Catherine Baraer pour sa bienveillance et son accompagnement. Cela a été pour moi un plaisir de travailler avec vous.

Lena, Jessica, Myriam, Florence, Caroline et Caroline pour votre bonne humeur et votre soutien.

Tous mes collègues de promo, et tous ceux qui m'ont soutenue.

Je certifie sur l'honneur ne pas avoir repris pour mon propre compte des propos,  
des citations, des illustrations déjà publiés.

BREST, le 26 / 08 / 2019

FETTOUHI Mona

Signature.

A handwritten signature in red ink, consisting of several overlapping loops and a long horizontal stroke.

Taches blanches, utilisation et vieillissement de  
la résine Icon® : réévaluations de cas cliniques  
réalisés au CHRU de Brest

# TABLE DES MATIERES

## INTRODUCTION

## CHAPITRE 1. Paramètres de la couleur d'une dent et étiologies de la tache blanche dentaire

### 1. Introduction

### 2. La couleur d'une dent

- 2.1. Standardisation de la mesure d'une couleur : le système CIELab de 1976
- 2.2. Application au relevé de couleur en dentisterie : la trivariance de la couleur
  - 2.2.1. La luminosité
  - 2.2.2. La tonalité chromatique
  - 2.2.3. La saturation
- 2.3. Paramètres additionnels à prendre en compte : les sept corollaires de la couleur
  - 2.3.1. Stratification
  - 2.3.2. Opalescence
  - 2.3.3. Effet nacré
  - 2.3.4. Caractérisations
  - 2.3.5. Texture de surface
  - 2.3.6. Translucidité
  - 2.3.7. Fluorescence

### 3. La tache blanche amélaire

- 3.1. Explication optique
- 3.2. Etiologies
  - 3.2.1. Atteintes post-éruptives : la lésion carieuse initiale ou « White spot »
    - 3.2.1.1. Définition de la carie dentaire
    - 3.2.1.2. Etiologie de la carie dentaire
    - 3.2.1.3. Processus physiopathologique de la carie dentaire
    - 3.2.1.4. Stade initial de la carie dentaire et examen clinique
    - 3.2.1.5. Traitement conservateurs suivant la gravité
  - 3.2.2. Atteintes pré-éruptives
    - 3.2.2.1. Fluorose dentaire
      - 3.2.2.1.1. Définition du Fluor et des Fluorures
      - 3.2.2.1.2. Définition de la fluorose dentaire
      - 3.2.2.1.3. Examen clinique

- 3.2.2.1.4. Traitement
- 3.2.2.2. MIH (Hypominéralisation Molaire Incisive)
  - 3.2.2.2.1. Définition des MIH
  - 3.2.2.2.2. Etiologies des MIH
  - 3.2.2.2.3. Physiopathologie des MIH
  - 3.2.2.2.4. Description des lésions de MIH
- 3.2.2.3. Hypominéralisation traumatique
  - 3.2.2.3.1. Définition de l'hypominéralisation traumatique
  - 3.2.2.3.2. Étiologies de l'hypominéralisation traumatique
  - 3.2.2.3.3. Description de la lésion

#### **4. Conclusion**

### **CHAPITRE 2. La technique d'érosion infiltration par la résine Icon®**

#### **1. Introduction : Notion de « gradient thérapeutique »**

#### **2. Présentation du produit**

- 2.1. Définition et objectifs de l'érosion infiltration
- 2.2. Mode d'action des résines Icon®
- 2.3. Indications
- 2.4. Contre-indications
- 2.5. Conditionnement
- 2.6. Composition des seringues
  - 2.6.1. L'acide de mordantage ou « Icon etch® »
  - 2.6.2. Seringue « Icon dry®»
  - 2.6.3. La résine ou « Icon infiltrant® »
- 2.7. Précautions d'emploi

#### **3. Organigramme décisionnel et protocoles**

- 3.1. Protocole de l'érosion infiltration superficielle
  - 3.1.1. Etape 1
  - 3.1.2. Etape 2
  - 3.1.3. Etape 3
  - 3.1.4. Etape 4
  - 3.1.5. Etape 5
  - 3.1.6. Etape 6 (Etape additionnelle en cas de nécessité)
  - 3.1.7. Etape 7
  - 3.1.8. Etape 8
  - 3.1.9. Etape 9

- 3.1.10. Etape 10
- 3.1.11. Etape 11
- 3.2. Erosion infiltration en profondeur
  - 3.2.1. Etape 1
  - 3.2.2. Etape 2
  - 3.2.3. Etape 3
  - 3.2.4. Etape 4
  - 3.2.5. Etape 5
  - 3.2.6. Etape 6
  - 3.2.7. Etape 7
  - 3.2.8. Etape 8

#### **4. Avantages, inconvénients et limites de la technique**

- 4.1. Les avantages
- 4.2. Les inconvénients et limites

### **CHAPITRE 3 : Vieillissement de la résine Icon®**

#### **1. Introduction : Le vieillissement des matériaux dentaires**

#### **2. Le vieillissement de la résine Icon®**

- 2.1. Fragilité liée à sa composition
- 2.2. Un vieillissement cependant difficile à prévoir

#### **3. Evolution de différents paramètres au cours du temps**

- 3.1. Evolution de la biocompatibilité
  - 3.1.1. Etudes *In vitro*
  - 3.1.2. Etudes *In vivo*
- 3.2. Evolution de l'esthétique
  - 3.3.2.1. Etudes *In vitro*
  - 3.2.2. Etudes *In vivo*
- 3.3. Evolution de l'état de surface
  - 3.3.1. Etudes *In vitro*
  - 3.3.2. Etudes *In vivo*
- 3.4. Evolution du processus carieux
  - 3.4.1. Etudes *In vitro*
  - 3.4.2. Etudes *In vivo*

#### **4. Conclusion : Au final, quelle durée de vie?**

## **CHAPITRE 4. Réévaluations de cas cliniques**

### **1. Introduction**

### **2. Matériel et méthode**

### **3. Résultats**

#### 3.1. Cas clinique n° 1 : Hypominéralisation Molaire Incisive de la 21

3.1.1. Présentation du cas clinique

3.1.2. Réévaluation du cas clinique à 23 mois

3.1.3. Satisfaction

#### 3.2. Cas clinique n° 2 : Lésions carieuses amélaire initiales multiples

3.2.1. Présentation du cas clinique

3.2.2. Réévaluation du cas clinique à 21 mois

3.2.3. Satisfaction

#### 3.3. Cas clinique n°3 : Fluorose modérée

3.3.1. Présentation du cas clinique

3.3.2. Réévaluation du cas clinique à 12 mois

3.3.3. Satisfaction

#### 3.4. Cas clinique n°4 : Hypominéralisation traumatique

3.4.1. Présentation du cas clinique

3.4.2. Réévaluation du cas clinique à 36 mois

3.4.3. Satisfaction

#### 3.5. Cas clinique n° 5 :

3.5.1. Présentation du cas clinique

3.5.2. Réévaluation du cas clinique à 30 mois

3.5.3. Satisfaction

### **4. Discussion**

4.1. Concernant les paramètres étudiés

4.2. Concernant la réalisation des séances

4.3. Concernant notre étude

### **5. Conclusion**

## **CONCLUSION**

## **BIBLIOGRAPHIE**



## INTRODUCTION

« L'Homme suit la dent : là où il y a un sourire, là il se dirige » alors « Souriez, et le monde vous sourit » (proverbes sénégalais). Pourtant, cette simple mimique à elle seule peut s'avérer être un grand défi : le découvrir, c'est aussi découvrir une partie intime de soi. Chaque sourire esquisse les contours d'un être unique, révélateur de son mode de vie et de sa personnalité. Dans les sociétés occidentales, la valorisation de l'individualité vient se heurter aux standards de beauté véhiculés par les médias. La norme sociale, bien que variable à travers les époques, est définie dans nos esprits. Il devient alors très tentant de gommer nos particularités dentaires pour la suivre.

Les taches blanches visibles pendant le sourire sont un bon exemple. Elles attirent tout particulièrement l'attention de l'entourage. Elles peuvent être discrètes ou former un défaut perturbant l'harmonie colorée d'une denture. La mise sur le marché en 2007 des résines Icon® par le laboratoire allemand DMG (Dental Milestones Guaranteed) a permis aux dentistes d'élargir leur arsenal thérapeutique, à travers le protocole d'érosion infiltration, et de proposer des solutions aussi peu délabrantes que possible aux patients souhaitant camoufler leurs taches blanches dentaires. En s'immisçant dans le réseau poreux de l'émail taché, la résine Icon® va accorder entre eux les indices de réfraction des tissus en présence (émail sain et émail hypominéralisé). La déviation des rayons lumineux est amoindrie, tout comme l'intensité du flux de lumière blanche revenant jusqu'à l'oeil. Il en découle une atténuation, voire une complète disparition de la tache aux yeux de l'observateur.

Cependant du fait de leur récente commercialisation, il n'y a pas de recul clinique suffisant pour prévoir le vieillissement à long terme de la résine Icon®. Ainsi, le suivi du vieillissement des résines Icon® infiltrées dans le service d'odontologie du CHRU de Brest, après des laps de temps plus ou moins longs, prend tout son sens. Certaines études de réévaluation dans d'autres structures de soins, couvrant des périodes allant de quelques mois à quelques années, ont déjà montré des résultats d'intégration esthétique, biologique, et d'adaptation aux limites de la tache infiltrée, satisfaisants à moyen terme, tant pour les évaluateurs que pour les patients. Qu'en est-il des patients ayant bénéficié du protocole d'érosion infiltration de notre service?

Dans ce travail, nous commencerons par effectuer un rappel sur les effets optiques intervenant dans la couleur d'une dent et les étiologies des taches blanches dentaires. Dans une deuxième partie, nous présenterons la technologie de la résine Icon® ainsi que son protocole clinique d'application. Dans une troisième partie, nous aborderons le vieillissement des résines à base de TEGDMA et en particulier celui de la résine Icon® au travers des études cliniques *in vitro* et *in vivo* publiées. Enfin, nous terminerons par quelques cas cliniques réévalués dans le service d'odontologie du CHRU de Brest chez des patients pour lesquels le protocole d'érosion infiltration a été retenu en thérapeutique de choix et appliqué.

## CHAPITRE 1. Paramètres de la couleur d'une dent et étiologies des taches blanches dentaires

### 1. Introduction

Si la couleur d'un objet peut sembler immuable de prime abord, elle résulte en réalité de la combinaison de plusieurs facteurs reliés entre eux : les caractéristiques de l'objet, mais aussi celles de la lumière qui l'éclaire, l'environnement, les récepteurs sensoriels de la vue et les facultés d'interprétation du cerveau. La perception de la couleur est l'expérience subjective d'un phénomène physique. Cette sensation est propre à chaque individu (Newton, XVII<sup>ème</sup> siècle ; Joiner, 2004 ; Emery *et al.*, 2017 ; Neitz, 2017).

### 2. La couleur d'une dent

La couleur d'une dent est la combinaison des propriétés optiques de ses tissus et des propriétés de son état de surface. Elle correspond au volume de lumière et au type de longueur d'onde revenant jusqu'à l'œil de l'observateur (Van der Burgt *et al.*, 1990 ; Joiner, 2004). De manière simplifiée, quand la lumière rencontre une dent, elle interagit avec les tissus constitutifs de l'organe dentaire. Plusieurs phénomènes optiques interviennent alors :

- la réflexion de surface : La réflexion en physique est le changement de direction d'un rayon lumineux au contact d'une surface réfléchissante. Le rayon ne traverse pas la surface de l'objet, mais reste dans le milieu initial. On distingue deux types de réflexion : la réflexion diffuse et la réflexion spéculaire. La réflexion diffuse se produit lorsqu'un rayon réfléchi est dévié aléatoirement dans toutes les directions à partir de son point de rencontre avec une surface réfléchissante présentant des irrégularités microscopiques. La réflexion spéculaire, quant à elle, se produit lorsqu'un rayon lumineux donne au contact d'une surface réfléchissante un rayon réfléchi unique ayant une trajectoire symétrique à la normale au point d'incidence. C'est une réflexion dite « parfaite » (Snell Descartes, XVII<sup>ème</sup> siècle).

- la transmission au travers de la dent : La transmission est le passage de la lumière au travers d'un objet. Plusieurs phénomènes optiques interviennent au moment de cette traversée et peuvent se cumuler : la réfraction, l'absorption, la diffraction, la fluorescence... Les rayons lumineux qui parviennent à revenir jusqu'à l'œil de l'observateur, après toutes ces interactions, font partie de l'interprétation finale de l'objet par le système nerveux (Snell Descartes XVII<sup>ème</sup> siècle ; Newton, XVII<sup>ème</sup> siècle ; Huygens, 1690 ; Fresnel, 1815 ; Plank, 1905 ; Lasserre, 2007).

La plupart de ces effets lumineux trouvent leur source dans la configuration cristallographique de l'hydroxyapatite de l'émail. En dentisterie, on parle plutôt de couleur intrinsèque et de couleur extrinsèque d'une dent. La couleur intrinsèque est liée aux propriétés de la dentine et de l'émail, tandis que la couleur extrinsèque est associée aux différents éléments externes incorporés dans la surface dentaire après l'éruption dentaire (Watts et Addy, 2001).

## 2.1. Standardisation de la mesure d'une couleur : le système CIELab de 1976

En odontologie, face à l'exigence esthétique croissante des patients, la standardisation et la quantification des couleurs sont vite devenues indispensables. Trois paramètres sont nécessaires et suffisants pour définir une couleur : la luminosité, la saturation et la tonalité chromatique. Pour faciliter le relevé de la couleur, la commission internationale de l'éclairage en 1976 a établi un système permettant d'associer à chaque couleur une unité graphique pouvant elle-même être associée à une perception visuelle ayant une signification clinique. Ce système est appelé le CIELab ou le CIE  $L^*a^*b^*$ . Il s'agit d'une modélisation graphique des couleurs perceptibles par l'oeil humain. Elle est indépendante de l'appareil de mesure. Elle prend grossièrement la forme d'une sphère centrée sur 3 axes perpendiculaires entre eux : un axe vertical ( $L^*$ ) et deux axes horizontaux ( $a^*$ ) et ( $b^*$ ).

L'axe ( $L^*$ ) mesure la luminosité. Il se présente sous la forme d'une échelle de manière à ce que le noir absolu ait une valeur de 0 et le blanc absolu une valeur de 100.

L'axe ( $a^*$ ) mesure la quantité de rouge ou de vert présente dans une couleur. Il y a d'autant plus de pigments verts que l'on se dirige vers les valeurs négatives de l'axe où  $a^* < 0$ , et à l'inverse il y a d'autant plus de rouge que l'on se dirige vers les valeurs positives où  $a^* > 0$ .

L'axe ( $b^*$ ) mesure la quantité de bleu ou de jaune d'une couleur. De manière similaire, il y a d'autant plus de pigments bleus que l'on se dirige vers les valeurs négatives de l'axe avec  $b^* < 0$ , et à l'inverse il y a d'autant plus de jaune qu'on se dirige vers les valeurs positives où  $b^* > 0$ .

Les coordonnées cartésiennes ( $a$  ;  $b$ ) de la couleur représentent sa saturation. Plus les coordonnées se rapprochent du point neutre à l'intersection des deux axes ( $a^*$ ) et ( $b^*$ ), plus la couleur est désaturée. À l'inverse, plus elles s'en éloignent plus la couleur est intense (O'Brien *et al.*, 1997 ; Goure *et al.*, 2011).

La couleur des dents naturelles occupe dans cette sphère des coordonnées pouvant se situer dans un volume rhomboïde également appelé « banane chromatique » correspondant à une moyenne des couleurs cliniquement rencontrées. Elle se situe dans le quadrant formé entre les axes [ $50 ; L^*$ ], [ $0 ; +a^*$ ] et [ $0 ; +b^*$ ]. En résumé, la couleur des dents naturelles se caractérise par « une luminosité élevée, une tonalité chromatique jaune-orangée très désaturée » (Lasserre, 2007).

## 2.2. Application au relevé de couleur en dentisterie : la trivariance de la couleur

La prise de la couleur d'une dent se fait donc d'abord par l'évaluation de ses trois caractéristiques principales définies dans un premier temps en 1901 par Munsell, puis par la commission internationale de l'éclairage en 1976. Ce sont la luminosité, la teinte et la saturation.

### 2.2.1. La luminosité

C'est la composante la plus importante dans le choix de la teinte dentaire. Elle peut se définir comme la quantité de blanc contenue dans une couleur, ou encore la quantité de lumière blanche réfléchie par un objet. S'exprimer par « couleur plus claire » ou « couleur plus foncée » fait référence à la luminosité. On

parle aussi de brillance, clarté, ou de luminosité. De manière générale, les dents ont une luminosité élevée. Lors du relevé de couleur, une erreur de luminosité aura un plus grand impact qu'une erreur de saturation ou de teinte (Lasserre, 2007 ; Ahmad, 1999).



Fig. : 1.1. Gradient de luminosité

### 2.2.2. La tonalité chromatique

La teinte correspond à la longueur d'onde ou la somme des longueurs d'onde provenant des dents et interprétables par le système nerveux. Elle résulte de la faculté du cerveau à distinguer les couleurs et à les répartir en différentes familles (vert, jaune, bleu, violet, rouge, beige, pourpre...). Il existe une infinité de tonalités chromatiques. La teinte de la dent s'évalue dans le tiers moyen de la face vestibulaire des dents. La couleur de la dentine joue un rôle prépondérant dans le rendu final de la teinte dentaire. Elle s'évalue dans le tiers cervical de la dent. Pour le choix de la teinte de l'émail, on prend en référence la partie la plus proche du bord libre (Ten Bosch et Coops, 1995 ; Lasserre, 2007).

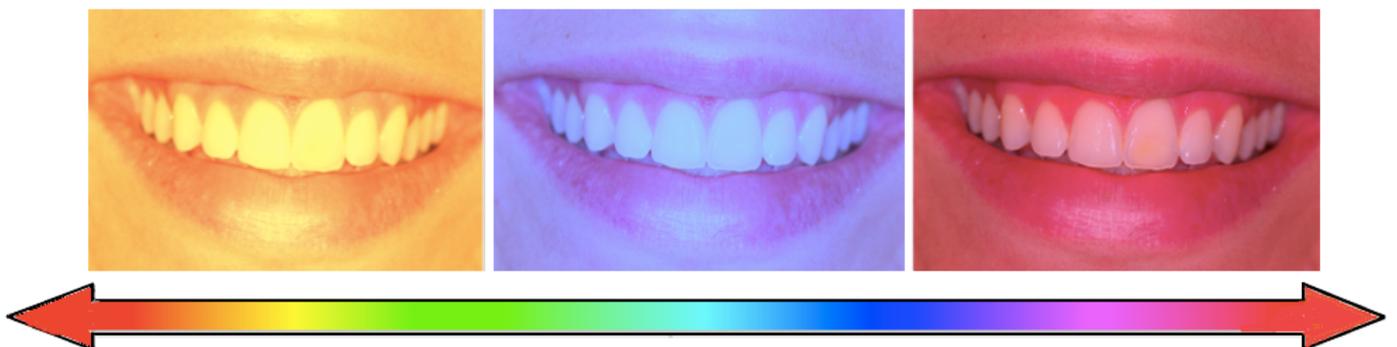


Fig. : 1.2. Tonalité chromatique

### 2.2.3. La saturation

La saturation correspond à la quantité de pigment pur d'une couleur. On peut également visualiser ce concept par la dilution d'une couleur : plus la couleur est saturée plus elle est vive et à l'inverse moins elle

est saturée, plus elle est terne. Au niveau d'une même denture, la canine est plus saturée que les incisives centrales et latérales. Au niveau d'une même dent, les collets sont plus saturés que les bords incisifs car il y a moins d'épaisseur d'émail (Ahmad, 1999 ; Lasserre, 2006).



Fig. : 1.3. Gradient de saturation

### 2.3. Paramètres additionnels à prendre en compte : les sept corollaires de la couleur

Etant donné la complexité optique de l'organe dentaire, la restitution simple des trois dimensions de la couleur suivant l'analyse de Munsell est nécessaire mais non suffisante à la réalisation d'une reconstitution. En effet, la dentine est recouverte d'une enveloppe d'émail translucide ayant des attributs variables d'un individu à l'autre. Ces particularités modifient les axes lumineux de réflexion et de transmission au niveau de l'émail et de la dentine colorée (Lasserre, 2007). Le comportement optique final d'une dent naturelle est donc le résultat de sept paramètres optiques supplémentaires. Selon Lasserre, il s'agit de : la stratification, l'opalescence, l'effet nacré, les caractérisations, la texture de surface, la translucidité et pour finir la fluorescence. Chaque dent est unique.

#### 2.3.1. Stratification

La structure d'une dent n'est pas la même suivant la région de surface à laquelle on s'intéresse. La dentine est recouverte d'une coque d'émail dont l'épaisseur s'amincit en s'approchant du collet. Cette distribution de la dentine et de l'émail aboutissent à des effets optiques sectorisés. Le tiers incisif est plus translucide car il contient plus d'émail en proportion. Cette zone sera prise en référence pour la prise de la teinte émail d'un composite. Le tiers moyen superpose dentine et émail. Cette zone sert à la prise de la couleur générale de la dent. Plus on se rapproche du tiers cervical, plus l'émail est mince : la couleur de la dentine est d'autant plus mise en évidence. De plus, la proximité de la pulpe et de la gencive confère à cette zone une teinte jaune orangée de plus en plus saturée. Cette zone permet le choix de la teinte de dentine (Vanini, 2010).

Ces variations constituent une véritable cartographie des effets lumineux colorés sur une même dent. La restitution de ces zones passe par une stratification avec les composites. C'est une technique de reconstitution avec différents composites dont le but est de recréer cet effet naturel (Lasserre, 2007).

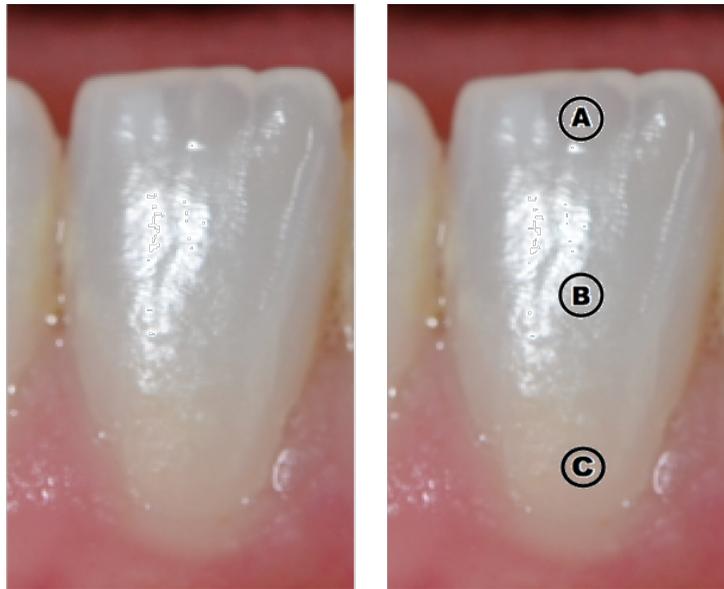


Fig. : 1.4. Sectorisation des effets colorés d'une dent naturelle

- A : Le tiers incisal pour la teinte émail d'un composite ;
- B : Le tiers médian pour la teinte générale de la dent ;
- C : Le tiers cervical pour le choix de la teinte dentine d'un composite.

### 2.3.2. Opalescence

Les verres opalescents ont été développés dans les années 1880 par La Fargue et Tiffany. L'opalescence est également appelée en bijouterie adulescence. Elle s'explique par la fine cristallinité d'une pierre qui la fait réfléchir partiellement la lumière blanche : les longueurs d'ondes courtes sont réfléchies et les longueurs d'ondes plus grandes sont transmises. Il en résulte un effet optique particulier, lui donnant une teinte laiteuse et translucide, avec des reflets bleutés en surface et une teinte orangée en transparence (Lasserre, 2007).



Fig. : 1.5. Observation de l'opalescence d'une opale artificielle

La finesse de l'agencement des cristaux d'hydroxyapatite contenus dans l'émail et leur translucidité le rend opalescent. Cela se traduit donc par l'apparition sur les faces dentaires de teintes bleutées en réflexion et d'une teinte jaune orangée en transparence, en particulier sur le bord libre. L'opalescence se perd avec l'âge et l'usure de l'émail (Lasserre, 2007 ; Pignoly *et al.*, 2010).

### 2.3.3. Effet nacré

L'effet nacré est un effet optique donnant un aspect brillant métallique sur une surface opaque. On peut le retrouver sur certains coquillages et crustacés. Il s'explique par un agencement cristallin particulier qui engendre l'interférence des ondes lumineuses. En effet, la superposition de plaquettes minérales d'indices de réfraction différents, dont l'épaisseur et l'écartement sont proches de la longueur d'onde du rayon lumineux incident, provoque dans un premier temps sa diffraction. Puis, les multiples rondelettes créées, suivant le principe d'Huygens-Fresnel, se superposent et induisent le phénomène d'interférence. Celui-ci vient amplifier ou détruire les ondes lumineuses suivant l'angle de vision. Il en résulte des plages de surface plus lumineuses jouxtant des plages plus sombres. Un effet irisé est souvent associé. La taille et l'agencement des cristaux d'hydroxyapatite de l'émail recréent les effets visuels du nacre des perles ou des coquillages. L'effet nacré est plus intense chez le jeune et s'observe au plus près du bord incisif (Lasserre, 2007).

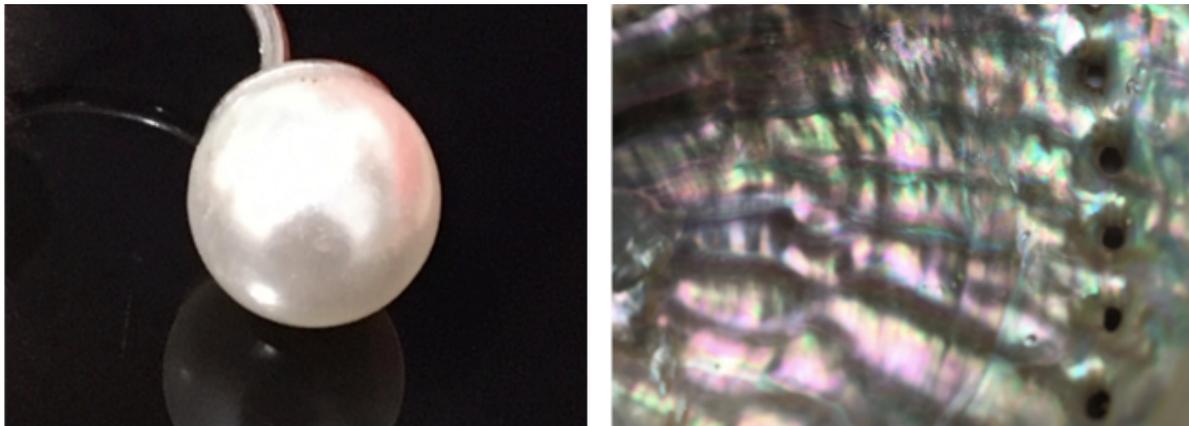


Fig. : 1.6. Observation de l'effet nacré sur une perle artificielle et de l'effet nacré associé à un effet irisé sur une coquille d'ormeau



Fig. : 1.7. Observation d'un effet nacré sur le bord incisif des 21 et 11

#### 2.3.4. Caractérisations

Ce sont des particularités de surface au niveau dentaire. Elles peuvent être génétiques ou acquises, et sont variables d'un individu à l'autre. Parmi elles, on dénombre les taches opaques blanches ou ambrées des bords incisifs, les taches nuageuses blanches, les fissures de l'émail colorées, la présence de mamelons plus lumineux aux bords libres... (Lasserre, 2007 ; Vanini, 2010).



Fig. : 1.8. Caractérisations blanches sur les faces vestibulaires dentaires liées à une fluorose légère (Courtoisie du Dr Aude Simon)



### 2.3.5. Texture de surface

La microgéographie de surface correspond à l'ensemble des particularités de la surface dentaire à petite échelle, autrement dit sa texture de surface. Elles sont représentées par la présence des périkématies, des puits, des perles d'émail et de certaines stries. Elles sont très visibles sur un émail jeune et disparaissent avec l'âge par abrasion et érosion. La macrogéographie de surface correspond aux concavités et convexités présentes sur les surfaces dentaires dont l'apparition est liée au processus d'odontogenèse. Il s'agit de lobes, fosses, fossettes et stries. Ces particularités macrogéographiques disparaissent plus lentement avec l'usure fonctionnelle de la dent. Ces changements de texture conditionnent la quantité de lumière réfléchi par réflexion spéculaire ou par réflexion diffuse : sur une surface irrégulière, la proportion de lumière réfléchi va augmenter par rapport à la proportion de lumière transmise. De manière générale, une dent jeune a un état de surface dépoli et satiné, elle paraît plus lumineuse qu'une dent usée et polie. En effet l'usure dentaire physiologique ou pathologique efface ses irrégularités. Ainsi le rôle du polissage est crucial pour donner au composite son rendu naturel : dépolir une restauration la rend plus lumineuse par augmentation de la réflexion diffuse, tandis que la polir la rend plus terne (Lasserre, 2007 ; Vanini, 2010).

### 2.3.6. Translucidité

Un matériau qui laisse passer et ne dévie pas les rayons à son contact est dit transparent. Dans la nature, les objets transparents sont rares car de nombreux phénomènes optiques viennent s'ajouter. On parlera davantage de translucidité. Un matériau est dit translucide si un rayon lumineux le traverse et est réfléchi partiellement. Un matériau qui réfléchit beaucoup la lumière et ne la laisse pas passer est dit opaque. La translucidité un élément important dans le rendu final d'une restauration. L'émail d'une dent est plus ou moins translucide. Ainsi plus une dent est translucide, moins elle est lumineuse. L'émail est plus translucide que la dentine. La translucidité est plus prononcée au niveau des bords incisifs qu'au niveau cervical. Un émail jeune perd sa translucidité avec l'âge du fait de son usure (Lasserre, 2006 ; Vanini, 2010).

### 2.3.7. Fluorescence

La fluorescence est la propriété qu'ont certains corps à émettre de la lumière par eux même sous l'influence d'un rayonnement extrinsèque (Stocks, 1852). Il s'agit d'un phénomène qui se produit à l'échelle atomique au niveau du cortège d'électrons de la matière. L'énergie d'un photon incident fait passer un électron d'un état stable à un état excité. Pour redevenir stable, cet électron va restituer à l'environnement l'énergie absorbée sous différentes formes d'énergies, dont l'énergie lumineuse. Le photon résultant est donc de moindre énergie. La longueur d'onde étant inversement proportionnelle à l'énergie, le photon réémis aura une longueur d'onde plus grande que celle du photon incident (Planck, 1905).

Les dents naturelles ont la capacité d'absorber l'énergie d'un rayonnement lumineux ultraviolet ou proche de l'ultraviolet et de le dissiper sous forme d'un rayonnement lumineux de plus faible énergie dans les tons bleutés. Les protéines de réticulation des fibres de collagènes de la dentine sont responsables de cet

effet optique. Cet effet diminue avec l'âge car la dentine se minéralise avec le temps. Par ailleurs, la fluorescence varie d'un matériau de restauration à l'autre, il est donc important d'en tenir compte lors de la reconstitution. L'adjonction de terres rares aux céramiques et aux composites permet de recréer et de faire varier l'effet de fluorescence des dents naturelles (Lutskaya et al., 2012).

### 3. La tache blanche amélaire

Il n'est pas rare au cours de la pratique clinique ou de la vie quotidienne de remarquer des dents porteuses de zones blanches plus ou moins franches, plus ou moins homogènes, mates ou lustrées sur l'émail vestibulaire. Lorsqu'elles se trouvent en secteur antérieur, elles sont particulièrement visibles et peuvent porter préjudice à l'esthétique.

#### 3.1. Explication optique

L'apparition des taches blanches dentaires résulte d'un phénomène optique complexe. La structure cristallographique de l'émail blanc opaque est poreuse et s'organise en un véritable « labyrinthe optique » aux multiples interfaces. Son indice de réfraction est inférieur à celui de l'émail sain qui le jouxte (1.62 pour l'émail sain et 1.33 pour l'émail poreux). Dans l'émail atteint, le phénomène de réfraction est donc intensifié : au lieu de traverser la dent de part en part, les photons sont d'autant plus déviés et reviennent plus nombreux jusqu'à l'oeil : la zone apparaît blanche et tranche avec l'émail sain translucide où les photons, moins déviés, reviennent plus faiblement à l'oeil (Denis *et al.*, 2013 ; Attal *et al.*, 2014).

Ces zones de porosités amélares sont des conséquences de l'hypominéralisation de la zone. L'hypominéralisation de l'émail consiste en une diminution de sa charge minérale d'hydroxyapatite au profit de sa composante organique. Dans les conditions normales, on a 96% d'hydroxyapatite et 4% de protéines. La transmission de la lumière dans l'émail augmente d'un facteur 3 avec sa minéralisation. L'émail en comparaison avec la dentine, contribue significativement à la transmission de la lumière (Vaarkamp *et al.*, 1995 ; Malmberg *et al.*, 2019).

#### 3.2. Etiologies

Il existe de nombreuses étiologies à la tache blanche mais il n'y a qu'un dénominateur commun : l'hypominéralisation. Parmi les étiologies possibles, on différencie les atteintes post-éruptives et les atteintes pré-éruptives.

### 3.2.1. Atteintes post-éruptives : la lésion carieuse initiale ou « White spot »

#### 3.2.1.1. Définition de la carie dentaire

L'organisation mondiale de la santé (OMS) définit la carie dentaire comme « un processus pathologique localisé, d'origine externe, apparaissant après l'éruption, qui s'accompagne d'un ramollissement des tissus durs et évoluant vers la formation d'une cavité ». Elle peut être à l'origine de douleurs importantes et d'une détérioration de l'esthétique du sourire, pouvant altérer profondément la qualité de vie, l'estime de soi, la nutrition et plus largement la santé (OMS, 2003).

#### 3.2.1.2. Etiologie de la carie dentaire

La formation d'une carie est tributaire de la combinaison de plusieurs facteurs inter-reliés agissant en concomitance (Keyes 1960 ; Newbrun 1978) :

- La flore buccale (plaque dentaire et en particulier *streptococcus mutans*, *lactobacillus*, *actinomyces*),
- Le substrat (régime alimentaire cariogénique par apports de sucres fermentescibles),
- L'hôte (facteurs salivaires, facteurs dentaires etc...),
- Le temps (durée et fréquence d'exposition à ces facteurs).

A des degrés variables, l'éducation à l'hygiène bucco-dentaire, le niveau socio-économique et le comportement font partie tenante du processus carieux. On parle de maladie infectieuse multifactorielle (Reisine et Douglass, 1998).

#### 3.2.1.3. Processus physiopathologique de la carie dentaire

Une carie est un processus généralement réversible dans les premiers stades de sa progression (stades pré-cavitaires) puis ses altérations deviennent irrémédiables. Elle est la conséquence d'un déséquilibre infectieux de l'écosystème buccal et du processus de déminéralisation/reminéralisation dentaire. La consommation des sucres fermentescibles par les bactéries cariogènes de la plaque dentaire va engendrer la formation d'acides : le pH buccal diminue. Un contact prolongé et cyclique des dents avec un environnement au pH inférieur au seuil critique (5.5 pour l'émail et 6.5 pour la dentine) entraîne une dissolution de la phase minérale des tissus dentaires. Le réseau cristallin d'hydroxyapatite devient alors poreux. Ces alternances de déminéralisation et reminéralisation laissent en surface une couche d'émail relativement intacte en dessous de laquelle s'étend le corps de la lésion. L'émail finit par s'effondrer et devient cavitaire au fur et à mesure que le processus progresse et s'étend en direction pulpaire (Silverstone 1973 ; Fejerskov et Kidd, 2003 ; Denis *et al.*, 2013 ; Sellem *et al.*, 2014).

#### 3.2.1.4. Stade initial de la carie dentaire et examen clinique

La carie dentaire affecte les tissus durs de la dent à des degrés variables allant de la déminéralisation non détectable cliniquement à la destruction totale de l'organe dentaire. Nous ne parlerons ici que de la lésion carieuse initiale pouvant provoquer la tache blanche (Manton, 2013).

Il s'agit d'une lésion de déminéralisation plus ou moins réversible limitée à l'émail devenu poreux. À l'examen clinique on note une plage crayeuse mate, blanchâtre, jaunâtre, marron ou noire de forme variable et plus ou moins étendue contrastant avec l'émail sain, accentuée après séchage de la zone. Unique ou multiple, elle est le plus souvent localisée dans les zones les plus susceptibles à la rétention de plaque (zones cervicales, espaces interdentaires, sous le bombé des dents, autour des brackets orthodontiques, etc).

Le sondage de la tache révèle un émail de texture rugueuse et moins lissée, le plus souvent asymptomatique (Fejerskod et Kidd 2003 ; Manton, 2013). Si la déminéralisation est rapide, l'émail poreux n'a pas le temps de fixer les colorants d'origines extrinsèques et est plutôt de couleur blanc crayeuse : ces taches sont aussi désignées sous le terme anglo-saxon « white spot ». Si le processus de déminéralisation est plus lent, des protéines et pigments alimentaires s'incorporent dans le réseau de porosité et colorent en blanc-jaunâtre voire en marron le corps de la lésion. On les appelle aussi les « brown spot » (Fejerskod et Kidd 2003).



Fig. : 1.9. Lésions carieuses initiales liées à une hygiène bucco-dentaire déficiente

#### 3.2.1.5. Traitement conservateurs suivant la gravité

Pour les lésions carieuses ayant un score ICDAS compris entre 0 et 1, on réalise une reminéralisation de surface avec un vernis fluoré. Le contrôle de l'évolution de la lésion est indispensable. Pour les lésions carieuses avec un score ICDAS égal à 2, la fluoruration est insuffisante pour pénétrer entièrement la lésion et

ne renforce que la surface. Pour les lésions ayant ce score, l'érosion infiltration semble le traitement le plus indiqué car la résine pénètre la lésion en profondeur (Doméjean *et al.*, 2018).

### 3.2.2. Atteintes pré-éruptives

#### 3.2.2.1. Fluorose dentaire

##### 3.2.2.1.1. Définition du Fluor et des Fluorures

Le fluor est un élément chimique de numéro atomique 9 et de la famille des halogènes. Il est isolé pour la première fois par Moissan en 1886. Il se présente sous forme de gaz de couleur vert-jaunâtre à l'odeur très irritante à pression atmosphérique et température ambiante. C'est le plus électronégatif des éléments chimiques et donc le plus réactif. De ce fait, on ne peut pas le retrouver sous sa forme élémentaire dans l'environnement naturel mais associé à d'autres molécules sous sa forme ionisée F<sup>-</sup> : les fluorures.

##### 3.2.2.1.2. Définition de la fluorose dentaire

L'OMS définit les fluoroses dentaires comme une altération des dents liée à un apport excessif de fluor pendant leur développement. L'atteinte dentaire est un des marqueurs de l'intoxication mais uniquement pour les premières années de vie, ce qui correspond au développement des dents définitives (phase critique entre 11 mois et 7 ans) (Black et Mac Kay, 1906).

La majorité de l'apport fluoré chez l'homme provient de l'eau consommée, de l'alimentation (poissons et crustacés, thé, alimentation salée au sel fluoré...), de la supplémentation médicamenteuse en fluor et de l'utilisation de dentifrice fluoré. Si la consommation de fluor à faible dose contribue à renforcer l'émail contre la carie dentaire, sa consommation en quantité importante et sur une longue durée est susceptible d'engendrer des atteintes dentaires et des pathologies squelettiques parfois graves : les fluoroses dentaires et les fluoroses osseuses (OMS, 2019). Les atteintes dentaires présentent une sévérité variable suivant la dose de fluor consommée, la durée d'exposition au fluor, la période d'exposition et la variabilité individuelle. Selon l'OMS, « la dose à ne pas dépasser pour éviter tout risque de fluorose est de 0.05mg/kg/jour tout apport confondu ».

##### 3.2.2.1.3. Examen clinique

Le diagnostic de la fluorose dentaire est tardif par rapport à la période d'intoxication au fluor. En effet, les défauts de minéralisation se produisent lors de la formation des dents et le diagnostic ne se fait que lors de l'éruption dentaire. L'intoxication au fluor peut être datée suivant la position des taches sur la dent

(Fortier et Demars-Fremault, 1987). Elle se présente cliniquement sur l'émail par un éventail de situations cliniques. Cela va de la simple observation de lignes horizontales blanchâtres à un émail poreux qui s'effrite très rapidement. L'émail atteint est blanc opaque ou coloré secondairement par les pigments extrinsèques. Les atteintes sont mal délimitées et toujours symétriques sur deux dents homologues. Les atteintes concernent la sub-surface. L'émail de surface est hyperminéralisé. Pour les formes plus avancées, face aux contraintes de l'environnement buccal, l'émail se parchemine de puits et fissures jusqu'à s'effondrer sur lui-même. Plusieurs classifications ont été proposées suivant l'échelle de gravité (Fejerskov *et al.*, 1994 ; Denis *et al.*, 2013 ; Arbab Chirani et Foray, 2005).



Fig. : 1.10. Fluorose légère (Courtoisie du Dr Aude Simon)

#### 3.2.2.1.4. Traitement

Dans les formes légères, un éclaircissement ambulatoire au peroxyde de carbamine 10% camoufle les lésions blanches en augmentant la luminosité des dents en général et donc la quantité de blanc reflété. Cette technique seule n'est pas toujours suffisante. Elle peut alors être complétée par une technique d'érosion infiltration qui montre des résultats satisfaisants pour les lésions de fluorose modérées et blanches après éclaircissement. Dans ce type de lésion, le plancher du corps de la lésion s'angule à angle obtus par rapport à la surface amélaire et la pénétration de la résine Icon® suffit généralement (Tirlet *et al.*, 2013).

### 3.2.2.2. MIH (Hypominéralisation Molaire Incisive)

#### 3.2.2.2.1. Définition des MIH

Le terme MIH, ou Hypominéralisation Molaire Incisive, est une dénomination proposée en 2003 par Weerheijm *et al.* lors du congrès de l'académie européenne d'odontologie pédiatrique. Il s'agit d'une affection d'origine systémique caractérisée par des défauts qualitatifs de l'émail d'au moins une première molaire permanente associée ou non, suivant la gravité, à un défaut de minéralisation d'une ou plusieurs autres dents. L'émail est présent en quantité suffisante mais il est hypominéralisé. Si aucune première molaire permanente n'est touchée, on ne peut pas parler de MIH. Ces lésions de gravité variable peuvent affecter la qualité de vie, mais aussi causer un préjudice psychologique et social, notamment chez l'enfant (Jälevik *et al.* 2002, Nancy et Rouas, 2013 ; Hébert, 2013).



Fig. : 1.11. Hypominéralisation Molaire Incisive sur la 21

#### 3.2.2.2.2. Etiologies des MIH

L'origine des MIH est actuellement mal connue. Plusieurs pistes laissent néanmoins suggérer les étiologies suivantes : naissance prématurée, maladie infectieuse et fièvre dans la jeune enfance, maladie respiratoire, déficience en vitamine D, intoxication aux dérivés de la dioxine présent dans le lait maternel, antibiothérapie, exposition au bisphénol A... (Lygidakis *et al.*, 2008 ; Takahashi *et al.*, 2009 ; INSERM ; Silva *et al.*, 2016).

### 3.2.2.2.3. Physiopathologie des MIH

Le processus d'installation des MIH reste obscur, mais il est multifactoriel. Aucune des étiologies précédemment citées ne montre un lien de corrélation suffisamment significatif avec l'apparition de ces taches. En effet, l'environnement a une influence sur le développement dentaire, même si celui-ci est génétiquement contrôlé. Le développement de l'émail se déroule en 3 phases :

- la phase de sécrétion (formation de la trame protéique de l'émail par les améloblastes sécréteurs)
- la phase de transition (dégradation de la matrice amélaire et minéralisation massive par la transformation des améloblastes sécréteurs en améloblastes matures)
- la phase de maturation ( finition de l'émail, l'hydroxyapatite qui grandit en épaisseur et longueur).

Ainsi, un désordre survenant pendant les phases de transition et de maturation provoque une altération de la qualité de l'émail (Crombie *et al.* 2009).

### 3.2.2.2.4. Description des lésions de MIH

L'examen clinique doit se faire sur dent humide et nettoyée (Weerheijm, 2003). Il doit objectiver la présence d'au moins une première molaire permanente atteinte, associée ou non à l'atteinte d'autres dents (deuxième molaire permanente, incisives permanentes...). Les lésions sont non symétriques, bien délimitées, d'aspect lustré ou mat et de couleur blanchâtre, jaunâtre ou brunâtre (coloration secondaires de l'émail poreux ou exposition dentinaire). Au sondage, dans les formes légères, l'émail est lisse, dur en surface et d'épaisseur normale. L'effondrement secondaire du réseau cristallin lié à la fragilité de l'émail hypominéralisé entraîne une dégradation rapide du tissu amélaire laissant entrevoir, dans les cas sévères, la dentine sous-jacente. L'exposition de la dentine fait que ces lésions peuvent devenir le siège de douleurs intenses provoquées par le moindre stimulus (froid, chaud le plus souvent). Le diagnostic de MIH est aussi à suspecter face à une situation clinique présentant des extractions de molaires permanentes dans une bouche indemne de caries, ou la réalisation de soins atypiques sur les molaires (Heijs *et al.*, 2007 ; Hébert, 2013).

L'anatomie de ces lésions est différente des autres lésions précédemment citées. En effet, une MIH commence à la jonction amélo-dentinaire. Pour les MIH légères, le corps de la lésion reste confiné au tiers interne de l'émail et dans le cas de MIH sévères, c'est l'ensemble de l'épaisseur de l'émail qui est touché (Jälevik, 2002 ; Chan *et al.*, 2010).

## 3.2.2.3. Hypominéralisation traumatique

### 3.2.2.3.1. Définition de l'hypominéralisation traumatique

Une hypominéralisation traumatique est une séquelle pré-éruptive sur une ou plusieurs dents permanentes, causée par le traumatisme d'une ou plusieurs dents déciduales. La sévérité de l'atteinte n'est donc visible et quantifiable qu'à l'éruption de la dent définitive. Les traumatismes des dents lactéales chez



l'enfant impliquent une prise en charge particulière : leur conséquences sur la future denture permanente ne doivent pas être négligées (Von Arx, 1993).

#### 3.2.2.3.2. Étiologies de l'hypominéralisation traumatique

Tout type de traumatisme de la dent temporaire peut aboutir à un traumatisme de la dent permanente. Une concussion, une sub-luxation, une luxation, une intrusion ou une expulsion peuvent aboutir à un défaut de formation de la dent permanente. Il n'existe pas de lien de proportionnalité de la séquelle avec la sévérité du choc mais un lien de corrélation entre l'apparition de ces lésions et l'intensité du traumatisme passé. Seul l'âge du traumatisme rapporté au stade de développement dentaire permet d'envisager s'il y aura une atteinte ou non. L'intrusion dentaire reste cependant le traumatisme le plus à même de créer des dégâts sur la dent permanente (De Amorim *et al.*, 2011 ; Scerri *et al.*, 2010).

#### 3.2.2.3.3. Description de la lésion

Il existe une très grande variabilité des atteintes allant de la simple lésion amélaire blanchâtre jusqu'à la malformation amélaire sévère (hypoplasie, dilacération coronaire ou corono-radulaire) et des troubles de l'éruption. Les variations peuvent porter sur la localisation, la teinte, le contour et la forme des lésions. Les lésions sont néanmoins préférentiellement situées dans le tiers incisif.

Le diagnostic est un diagnostic d'exclusion et se posera préférentiellement face à une lésion asymétrique et circonscrite, souvent isolée et rapportée à une histoire de traumatisme dentaire dans l'enfance. Les atteintes des incisives mandibulaires sont possibles. De la même manière que pour la fluorose et la carie amélaire, la lésion se présente sous la forme d'une hypominéralisation de sub-surface, l'émail de surface étant hyperminéralisé. C'est le résultat de la re-précipitation ionique post-éruptive (Denis *et al.*, 2013).



Fig. : 1.12. Hypominéralisation traumatique sur la 32 (Dr Aude Simon)

#### **4. Conclusion**

Chaque dent est unique et les taches blanches contribuent à cette unicité. Ces lésions sont les conséquences d'un processus purement optique. Plusieurs pathologies de l'émail sont à l'origine de la tache blanche. Parmi elles, on retrouve les MIH, les fluoroses, les traumatismes de la dent temporaire et les lésions carieuses initiales. Il n'y a qu'un seul dénominateur commun à toutes ces lésions : l'hypominéralisation. La topographie et l'organisation des lésions dans l'émail rendent leur prise en charge parfois complexe. Elle doit être adaptée à chaque cas.

## CHAPITRE 2. La technique d'érosion infiltration par la résine Icon®

### 1. Introduction : Notion de « gradient thérapeutique »

La gestion des taches blanches se réalise par étape et s'intègre dans un « gradient thérapeutique ». Le «gradient thérapeutique» est un concept développé par Attal et Tirlet en 2009. Chacune des thérapeutiques de la dentisterie moderne est hiérarchisée sur une échelle de soins allant de la moins mutilante à la plus mutilante pour les tissus dentaires. L'objectif de ce concept est d'aider le praticien dans sa pratique face à la demande esthétique d'un patient. Ainsi, il est préconisé de commencer par une option moins mutilante et de ne passer à la suivante, plus invasive, qu'en cas d'échec de la dernière ( Ericson, 2004 ; Attal et Tirlet, 2009 ; Thomas, 2017).

Pour le traitement des lésions dentaires de couleur blanche qu'un patient souhaite camoufler, il existe désormais une thérapeutique correctrice intéressante : la technique d'érosion infiltration par la résine Icon®. Cette option de traitement présente l'avantage d'être très conservatrice pour les tissus dentaires. Elle se situe à la gauche de l'échelle du « gradient thérapeutique». Face à une demande de correction esthétique d'une lésion amélaire blanche superficielle, bien délimitée et d'étiologie déterminée, il faut donc proposer dans un premier temps une érosion infiltration associée ou non à un éclaircissement externe en ambulatoire (Attal, 2009 ; Clement et Noharet, 2013).

### 2. Présentation du produit

#### 2.1. Définition et objectifs de l'érosion infiltration

La technique d'érosion infiltration est une thérapeutique visant à introduire une résine de basse viscosité et à fort coefficient de pénétration dans un réseau hypominéralisé d'émail. Le but est d'améliorer l'étanchéité, de corriger les propriétés optiques de l'émail défectueux et de stopper un processus carieux actif (Paris et Meyer-Lueckel, 2009 ; Guerra *et al.* 2015).

Les résines utilisées dans le protocole d'érosion infiltration sont appelées commercialement les résines Icon®. Elles ont été développées par Meyer-Lueckel et Paris en collaboration avec l'hôpital de la Charité de Berlin et l'université de Kiel. Par la suite, elles ont été mises sur le marché en 2009 par le laboratoire allemand Dental Milestones Guaranteed (DMG, Hamburg, Allemagne).

#### 2.2. Mode d'action des résines Icon®

Nous avons vu dans la première partie que l'émail sain réfléchit ou laisse passer la lumière à son contact. Son indice de réfraction est égal à environ 1.62. L'indice de réfraction d'un émail hypominéralisé se situe autour de 1.33 (Denis *et al.*, 2012). Ainsi, lorsque la lumière entre en contact avec un émail poreux, le

faisceau lumineux se comporte comme à l'interface de deux milieux de nature différente : il est dévié suivant le phénomène de réfraction décrit par Snell-Decartes au XVIIème siècle. De plus, un émail poreux est inhomogène dans sa structure. Il se comporte comme un ensemble aux multiples interfaces. Ainsi, à nouveau suivant les lois de Snell-Decartes, la lumière qui traverse la lésion blanche est à nouveau déviée. Le nombre de rayons revenant jusqu'à l'oeil de l'observateur est localement plus important. Ceci se traduit visuellement par une tache blanche, tranchant avec l'émail sain. La résine Icon® a un indice de réfraction égal à 1.52 (Denis *et al.*, 2012). Lorsque celle-ci prend place dans le réseau poreux avec la technique d'érosion infiltration, la résine homogénéise la structure en comblant les porosités et ajuste en même temps l'indice de réfraction de l'émail hypominéralisé au sien. Les indices de réfraction entre l'émail sain et la résine Icon® sont plus proches, ainsi la lumière est moins déviée que dans une lésion d'hypominéralisation non infiltrée. La tache est moins perceptible après érosion infiltration. La résine figée dans le réseau par réaction de polymérisation étanchéifie la surface de la lésion exposée à la salive et offre une barrière face à une éventuelle récurrence du processus carieux (Paris et Meyer-Lueckel, 2009 ; Tirlet et Attal, 2011 ; Atlan *et al.*, 2012 ; Denis *et al.*, 2012 ; Snell-Decartes, XVIIème siècle).

### 2.3. Indications

Les résines Icon® ont la particularité de ne pas être chargées car leur indication n'est pas de reconstituer un volume et une anatomie dentaire. Elles sont indiquées dans le traitement des lésions carieuses initiales non cavitaires sous certaines conditions et également dans le traitement esthétique des lésions blanches de diverses étiologies :

- La carie initiale (White-spot) non cavitaire limitée à l'émail en vestibulaire ou au tiers externe de la dentine en proximal ;
- L'Hypominéralisation Moltaire Incisive (MIH) modérée à sévère ;
- La fluorose légère à modérée ;
- Le traumatisme de la dent temporaire ayant entraîné une tache blanche sur la dent définitive (Paris et Meyer Lueckel 2009 ; Attal et Tiret, 2011 ; Attal *et al.* , 2014 ; Guerra *et al.* 2015).

### 2.4. Contre-indications

Les résines Icon® sont contre-indiquées en cas d'allergie à un des composants utilisés dans le protocole. Elles sont également contre-indiquées en cas de lésion carieuse cavitaire ou dont l'étendue en profondeur dépasse le tiers externe de la dentine. Pour ce qui est des MIH légères, le délabrement nécessaire pour atteindre la lésion est important. Le préjudice dentaire de leur traitement esthétique au regard du « primum non nocere » de la déontologie médicale, fait que ce type de lésion reste une contre-indication relative au protocole d'érosion-infiltration (Denis *et al.*, 2013 ; Attal *et al.*, 2014 ; Guerra *et al.*, 2015 ; Marouane et Douki, 2016).

## 2.5. Conditionnement

Les résines Icon® sont vendues en coffrets séparés pour les atteintes proximales et pour les lésions vestibulaires. Deux conditionnements existent pour les deux types d'atteinte : les boîtes contenant deux kits également appelées « starter kit », ou bien les boîtes contenant sept kits appelées « cube ».

Chaque kit pour les lésions proximales comprend :

- 1 seringue de 0.3 ml d'Icon Etch®,
- 1 seringue de 0.45 ml d'Icon Dry®,
- 1 seringue de 0.45 ml d'Icon Infiltrant®,
- 6 embouts proximaux,
- 1 canule,
- 4 coins interdentaires.

Chaque kit pour les lésions vestibulaires comprend :

- 1 seringue de 0.3 ml d'Icon Etch®,
- 1 seringue de 0.45 ml d'Icon Dry®,
- 1 seringue de 0.45 ml d'Icon Infiltrant®,
- 6 embouts vestibulaires,
- 1 canule.

La conservation se fait à température ambiante, à l'abri de la lumière et au sec. Un manuel de protocole ainsi qu'une fiche de suivi patient sont transmis dans les boîtes (Données issues du site et des fiches d'informations du site DMG).



Fig. : 2.1. Composition des kits : à droite composition d'un kit pour les lésions vestibulaires et à gauche composition d'un kit pour les lésions proximales (Photographies prises au CHRU de Brest, 2018).

## 2.6. Composition des seringues

Nous allons détailler successivement le contenu des différentes seringues nécessaires au protocole d'érosion infiltration :

- L'Icon Etch®,
- L'Icon Dry®,
- L'Icon Infiltrant®.



Fig. 2.2. : Les différentes seringues pour le protocole d'érosion infiltration avec les résines Icon® : en haut l'Icon Dry®, au milieu Icon Infiltrant® et en bas Icon Etch® (Photographie prise au CHRU de Brest, 2018).

### 2.6.1. L'acide de mordantage ou « Icon Etch® »

Il s'agit d'acide chlorhydrique à 15% auquel est ajouté de la silice pyrogénée et des substances tensio-actives. Le tout se présente sous forme d'un gel de couleur verte à l'odeur piquante. Il est conditionné sous seringue à piston rotatif sur laquelle est montée un embout applicateur. Sa consistance visqueuse permet de contrôler son écoulement et son application. L'Icon Etch® ne s'applique que sur l'émail. Son rôle est de préparer la surface amélaire à l'infiltration par l'Icon Infiltrant®. L'acide vient éliminer une couche superficielle hyperminéralisée de l'émail sur quelques microns afin d'exposer le réseau de porosité en sous-surface. L'accès à la lésion pour l'infiltration de la résine Icon® est ainsi permis (Laboratoire DMG).

### 2.6.2. Seringue « Icon dry®»

Il s'agit d'éthanol à 99%. Son rôle est de venir assécher le réseau de porosité en éliminant l'eau de l'émail et ainsi de permettre l'infiltration optimale de la résine. Il permet également d'évaluer la profondeur de la lésion atteignable par le produit et donc la quantité d'émail qui sera effectivement infiltrée par l'Icon

Infiltrant®. C'est un indicateur d'infiltration. Une lésion blanche entièrement infiltrée par l'Icon Dry® disparaît. En effet, l'Icon Dry® imprégné dans la tache homogénéise la structure et ajuste l'indice de réfraction à celui de l'émail sain. Si l'opacité de la lésion persiste, on peut compléter la procédure par un micro-sablage ou un polissage léger pour accéder davantage en profondeur à la lésion (Attal, 2012 ; Paris *et al.*, 2013 ; Laboratoire DMG).

### 2.6.3. La résine ou « Icon infiltrant® »

L'Icon Infiltrant® se compose d'une résine matricielle photopolymérisable à base de triéthylène glycol diméthacrylate ou TEGDMA, à laquelle sont ajoutés divers additifs. Il s'agit d'une résine de très basse viscosité et non chargée. Elle se présente sous forme d'un liquide de couleur jaune. Cette teinte s'explique par la présence d'un agent de polymérisation coloré : la camphoroquinone. La réaction de polymérisation consomme cet amorceur et la résine devient transparente après sa prise. Sa faible viscosité lui octroie une bonne pénétration dans les porosités amélares. Elle a un indice de réfraction proche de celui de l'émail sain (environ 1.52 pour l'Icon infiltrant®, environ 1.62 pour l'émail sain et environ 1.33 pour l'émail poreux). Ainsi, l'infiltration des taches blanches modifie et améliore les propriétés optiques de l'émail hypominéralisé. L'Icon Infiltrant® est conditionné dans une seringue hermétique car il contient des produits susceptibles de réagir à la lumière et à la chaleur (Laboratoire DMG ; Attal et Tirlet, 2011 ; Denis *et al.*, 2012).

### 2.7. Précautions d'emploi

Les produits utilisés dans le protocole d'érosion infiltration ne sont pas anodins. En effet, l'Icon Etch® est corrosif, l'Icon Dry® est irritant et facilement inflammable, et l'Icon Infiltrant® peut créer des réactions d'hypersensibilisations. Ils nécessitent tous quelques précautions d'emploi. Les gestes de premiers secours en cas de contact avec les yeux, la peau, d'inhalation ou d'ingestion, sont précisés sur les fiches de données de sécurité publiée par le laboratoire DMG :

- En cas de contact avec les yeux, des lésions oculaires parfois graves peuvent être encourues. Il faut rincer les yeux paupières ouvertes avec du sérum physiologique idéalement, ou à l'eau courante pendant 10 à 15 minutes, puis orienter chez un médecin. En prévention, il faut porter des lunettes de protection et en faire porter au patient.

- En cas de contact avec la peau ou les muqueuses, on s'expose à un risque de brûlure et d'ulcération, dont l'intensité varie suivant la durée d'exposition. Il faut rincer abondamment à l'eau la région touchée. Pour une exposition à l'Icon Dry®, il faut éventuellement appliquer une crème grasse sur la zone. Il faut également nettoyer les vêtements atteints. En prévention, il faut porter un vêtement de protection, et des gants homologués (caoutchouc ou nitrile). Le patient quant à lui devra porter une protection.

- En cas d'inhalation, il y a un risque d'irritation des voies respiratoires. Cette exposition peut mener à une toux ou à une dyspnée. Il faut veiller à un apport d'air frais, allonger le patient, le tenir au chaud et

l'adresser à un médecin. En prévention, le port de masque est obligatoire pour le praticien et un champ opératoire est fortement conseillé voire obligatoire.

- En cas d'ingestion, on expose à un risque d'irritation voire de perforation de l'estomac. Il ne faut pas faire vomir le patient, mais lui rincer la bouche et lui faire boire beaucoup d'eau pour diluer le produit ingéré, puis consulter un médecin. Les gestes de prévention sont les mêmes que pour un risque d'inhalation (Laboratoire DMG).

### 3. Organigramme décisionnel et protocoles

Une fois l'indication posée, les diverses informations expliquées, délivrées au patient et le consentement éclairé signé, on peut procéder à la thérapeutique. Les dents doivent avoir préalablement été nettoyées, détartrées et aéropolies au besoin. Après nettoyage, la teinte dentaire doit être prise avant la mise en place du champ opératoire, faire l'objet d'un suivi et être consignée dans le dossier médical. Un éclaircissement préalable peut être indiqué et proposé au patient. Si le patient est satisfait du résultat après l'éclaircissement, il est inutile d'infiltrer à condition que l'origine de la lésion ne soit pas carieuse. Dans tous les cas, le traitement par érosion infiltration ne s'effectuera que 15 jours après la fin de l'éclaircissement le temps que l'émail finisse d'éliminer l'oxygène accumulé au cours de ce dernier. En effet, l'oxygène est un puissant inhibiteur de polymérisation des résines qui viendrait contrarier les résultats du protocole d'érosion infiltration (Verven *et al.*, 2016). Une fois venu le temps de la procédure, on adapte notre attitude thérapeutique en fonction du cas clinique :

- Soit on réalise une érosion infiltration superficielle seule,
- Soit on réalise une érosion infiltration en profondeur associée à une stratification adaptée au cas,
- Si la lésion est toujours colorée secondairement par des chromophores après éclaircissement ou que l'éclaircissement de la lésion colorée n'est pas possible, un traitement à l'hypochlorite de sodium 5% pendant 3 minutes sera à inclure au protocole après la première phase d'application de l'Icon-Etch® (Tirlet et Attal, 2011 ; Vreven *et al.*, 2016).

#### 3.1. Protocole de l'érosion infiltration superficielle

Pour les fluoroses légères, les séquelles superficielles de traumatismes et les white-spots, le protocole d'érosion infiltration superficielle est généralement suffisant car l'Icon Infiltrant® arrive à pénétrer toute la lésion. Les résultats obtenus sont satisfaisants. L'érosion infiltration superficielle est une procédure d'environ 15 à 30 minutes une fois le champ opératoire posé. Les étapes sont précisées sur la brochure publiée par le laboratoire DMG (Tirlet et Attal, 2011 ; Cazzola *et al.*, 2018 ; Knösel *et al.*, 2019 ; Laboratoire DMG).



### 3.1.1. Etape 1

Elle consiste en la mise en place et désinfection du champ opératoire. La champ opératoire permet une protection du patient face aux produits irritants utilisés (protection des gencives ; protection face à l'inhalation et l'ingestion). Il permet aussi de maintenir au sec la zone d'intervention et d'améliorer la qualité de la prise de la résine et des résultats. Il faut également isoler les dents à ne pas traiter de la zone d'intervention.

### 3.1.2. Etape 2

Il s'agit du nettoyage des surfaces à traiter avec une pâte prophylactique ou une pâte à polir sur brosse montée sur contre-angle. Ensuite, il faut rincer abondamment et sécher les surfaces dentaires.

### 3.1.3. Etape 3

Cette étape consiste en l'application du gel d'acide chlorhydrique à 15%, ou Icon Etch®, avec l'applicateur uniquement sur l'émail à traiter. En cas de lésion carieuse initiale, il est conseillé de déborder d'un millimètre autour de la lésion étant donné sa forme étalée en profondeur pour que l'Icon Infiltrant® puisse l'atteindre totalement. On ne doit pas en appliquer sur la dentine ou le cément. Il faut effectuer ensuite un mouvement de friction pendant 2 minutes pour activer le produit (Attal et Tiret 2011).



Fig. : 2.3. Photographie du mordançage avec l'Icon Etch® (Courtoisie du Dr Coralie Burle, 2018).

#### 3.1.4. Etape 4

Il s'agit du rinçage abondant avec le spray à eau pendant 30 secondes.

#### 3.1.5. Etape 5

Cette étape consiste en le séchage doux des zones à traiter. La tache blanche devient encore plus visible : le réseau poreux des la lésion est ainsi exposé.



Fig. : 2.4. Etape de rinçage et séchage après mordançage (Photographie courtoisie du Dr Coralie Burle, 2018).

#### 3.1.6. Etape 6 (Etape additionnelle en cas de nécessité)

Si des colorations sont présentes, il faut réaliser ensuite une étape supplémentaire. En effet, l'érosion infiltration par résine Icon® ne permet de corriger esthétiquement que les lésions de couleur blanche. En cas de lésions colorées, la surface est en plus traitée par l'application d'hypochlorite de sodium à 5% pendant 3 minutes sur l'émail coloré en effectuant un mouvement de friction. Le rôle de l'hypochlorite dans ce cas est de dénaturer les pigments incrustés dans l'émail (Attal et Tirlet, 2011).

#### 3.1.7. Etape 7

Il s'agit de l'application de l'éthanol 99%, ou Icon Dry®, en effectuant un mouvement de friction avec l'embout de la seringue pendant 30 secondes. L'éthanol, en infiltrant la lésion, rend l'émail poreux

similaire visuellement à l'émail sain. La lésion doit donc disparaître à son application. Si ce n'est pas le cas, c'est que l'on n'a pas totalement atteint la lésion ou qu'elle n'est pas infiltrée totalement avec l'alcool. Il faut alors répéter l'opération à partir de l'étape 3, mais pas plus de 2 fois au total. Si au delà de 3 passages la tache persiste, on passera alors au protocole d'érosion infiltration en profondeur.



Fig. : 2.5. Photographie de l'application de l'Icon Dry® (Courtoisie du Dr Coralie Burle, 2018).

### 3.1.8. Etape 8

Une fois que la lésion disparaît à l'Icon Dry®, appliquer la résine, ou Icon Infiltrant®, avec l'applicateur pendant 3 minutes voire 6 minutes pour les lésions les plus profondes, en effectuant un mouvement de friction avec l'embout applicateur.



Fig. : 2.6. Photographie de l'application de l'Icon Infiltrant® (Courtoisie du Dr Coralie Burle, 2018)

### 3.1.9. Etape 9

Supprimer les excès de matériau et polymériser pendant 40 secondes avec la lampe à photopolymériser. On applique à nouveau la résine Icon® pendant 1 minute puis on photopolymérise 40 secondes après avoir retiré les excès. La dernière couche se photopolymérise sous une couche de glycérine afin d'isoler la résine de l'air. En effet, l'oxygène est un puissant inhibiteur de la prise des résines. Il est très important de bien polymériser l'Icon Infiltrant® pour assurer la biocompatibilité. En effet, le TEGDMA qui constitue l'Icon Infiltrant® est une molécule toxique. Non polymérisé, il est facilement soluble dans la cavité buccale par le biais de la salive ou en direction pulpaire. Par ailleurs, une deuxième infiltration de résine permet de gagner en dureté et augmente la protection face aux caries secondaires dans le cadre du traitement d'une lésion carieuse. L'application de glycérine avant la dernière polymérisation permet une prise plus complète de l'Icon Infiltrant® (Attal et Tirlet, 2011 ; Rahiotis *et al.*, 2015 ; Gölz *et al.*, 2016 ; Vreven *et al.*, 2016 ; Gurdogan *et al.*, 2017).

### 3.1.10. Etape 10

Cette étape consiste en un polissage soigneux. En effet, certaines études ont montré une augmentation de la rugosité de surface comparativement à un émail sain après la réalisation du protocole d'érosion infiltration par la résine Icon® (Gurdogan *et al.*, 2017 ; Mandava *et al.*, 2017).

### 3.1.11. Etape 11

Un contrôle annuel et un suivi sont recommandés. Une fiche « suivi patient » est fournie dans les boîtes. La résine Icon® étant non chargée, elle est non radio-opaque et donc non visible à la radiographie. Ainsi, dans le cadre du traitement des lésions carieuses, le suivi clinique et en particulier radiographique est plus délicat. Il consistera à ne constater aucune évolution et aucune progression de la lésion.

## 3.2. Erosion infiltration en profondeur

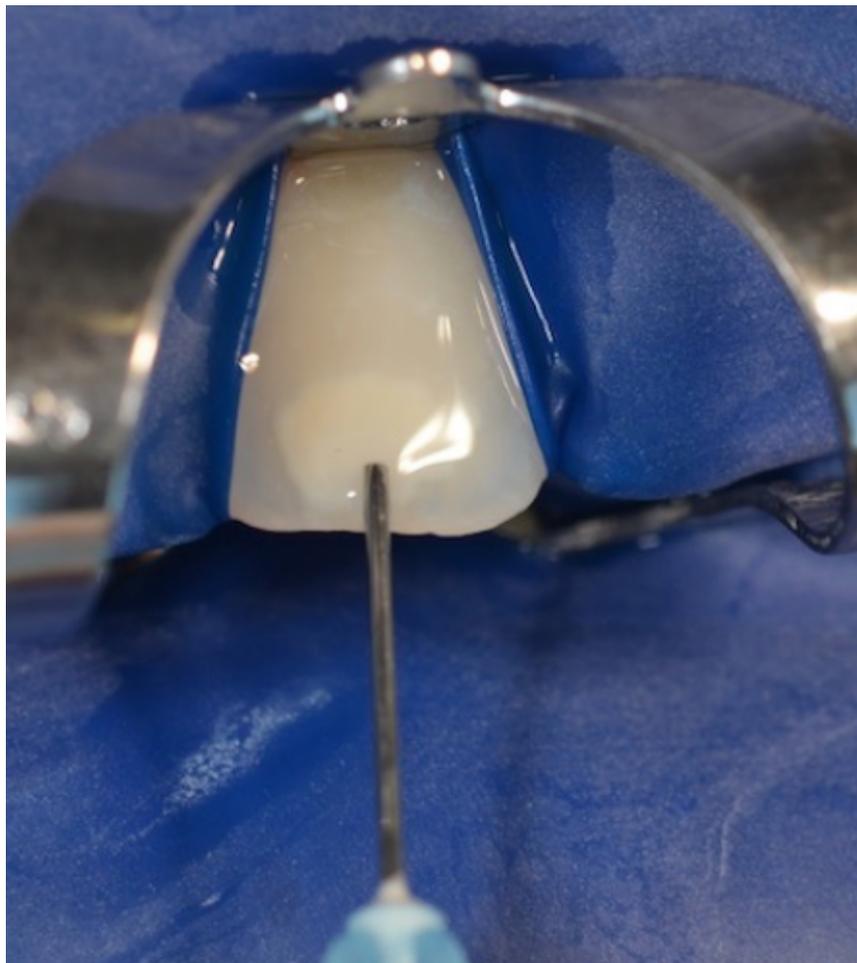
Pour les cas cliniques plus complexes à traiter, où le protocole d'érosion infiltration seul ne suffit pas après 3 applications au total d'Icon Etch® (mauvaise pénétration de l'Icon Dry®), il est nécessaire d'être plus délabrant pour permettre aux produits de pénétrer l'intégralité de la lésion. Plusieurs cas peuvent se présenter et être associés à une même situation clinique :

- Le plafond de la lésion blanche est trop profond pour une érosion infiltration simple (en particulier pour les MIH modérées et légères) : les produits ne peuvent pas toujours l'atteindre même après un total de trois passages d'Icon Etch®

- Le plafond des lésions a une profondeur irrégulière incluant des zones atteignables et difficilement atteignables par les produits d'érosion infiltration. Ceci s'explique par la présence d'une coque d'émail sain

qui recouvre la lésion par endroit (c'est le cas de certaines taches de la dent permanente causées par le traumatisme de la dent temporaire par exemple). Les produits pénètrent alors partiellement la lésion : des zones ou bordures blanchâtres persistent après application de l'Icon Dry®.

Pour ces cas-ci, il est possible de réaliser en complément un microsablage ou un fraisage avant de réaliser l'infiltration pour permettre une meilleure infiltration de la résine Icon®. On parle d'érosion infiltration en profondeur. La perte de substance sera alors restaurée en fin d'infiltration par une stratification adéquate. Ceci doit toujours s'envisager dans un contexte d'économie tissulaire et dans la limite du raisonnable. Aussi, on comprend facilement que dans le cas de la MIH légère située au tiers interne de l'émail, il serait nécessaire de fraiser beaucoup de tissu avant de rendre accessible la lésion. Ce cas fait l'objet d'une contre-indication relative pour l'érosion infiltration (Attal, 2012 ; Courson et Bessonne, 2017).



*Fig. : 2.7. Application de l'Icon Dry® et persistance de l'opacité de la lésion malgré trois applications d'Icon Etch® (Courtoisie du Dr Aude Simon).*

### 3.2.1. Etape 1

Dans ce cas, afin d'atteindre la lésion, nous procédons à un sablage à l'oxyde d'alumine à 50 microns ou à un polissage de la surface de la lésion à la fraise diamantée. Le but est d'éliminer la couche d'émail qui perturbe l'infiltration des produits.



Fig. 2.8. : Polissage à la fraise diamanté d'une lésion blanche dans le cadre d'une érosion infiltration en profondeur (Courtoisie du Dr Aude Simon)

### 3.2.2. Etape 2

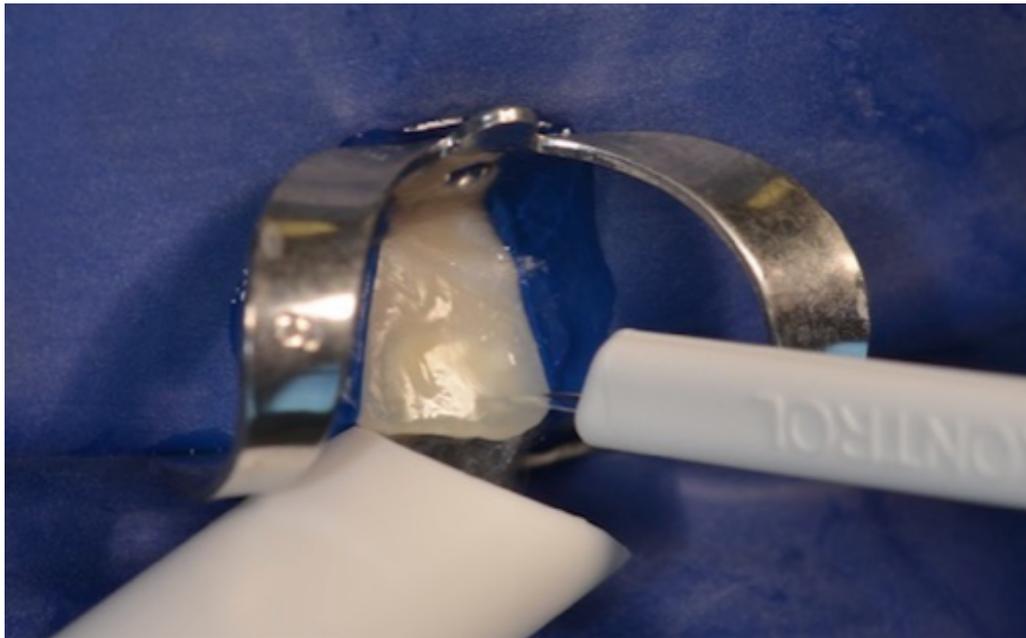
Grâce à une lame de bistouri, on peut dès lors savoir si on est dans la lésion. En effet, la texture de la lésion est plus molle que l'émail sain : la lame s'enfonce dans une zone plus friable. On peut ainsi localiser les pans d'émail qui surplombent la lésion. Il faut les supprimer par polissage à la fraise diamantée. Le bistouri est un indicateur de fraisage ou de sablage (Attal, Tîret 2011).

### 3.2.3. Etape 3

Il s'agit de l'application de l'Icon Etch®, rinçage, puis application de l'Icon Dry® à nouveau pour tester la pénétration de la lésion par les produits. Si la lésion n'évolue pas après 2 passages d'Icon Etch et d'Icon Dry, on sera obligé de sabler ou de fraiser à nouveau, puis de repasser ces produits. Si la lésion persiste, on poursuit et on renouvelle ainsi les étapes jusqu'à obtenir une diminution de l'opacité et au mieux une disparition complète de la tache à l'Icon Dry®.



*Fig. : 2.9.* Application de l'Icon Etch® avec l'embout applicateur (Courtoisie du Dr Aude Simon).



*Fig. : 2.10.* Rinçage abondant de l'Icon Etch® et aspiration (Courtoisie du Dr Aude Simon).

#### 3.2.4. Etape 4

Il faut ensuite appliquer la résine ou Icon Infiltrant® avec l'applicateur pendant 6 minutes dans ce cas-ci en effectuant un mouvement de friction avec l'embout applicateur (Attal et Tirlet 2011).

### 3.2.5. Etape 5

Cette étape consiste à supprimer les excès de matériau et polymériser pendant 40 secondes avec la lampe à photopolymériser. Une deuxième infiltration de résine permet de gagner en dureté : on en applique à nouveau pendant 1 minute puis on photopolymérise à nouveau 40 secondes après avoir retiré les excès. Dans le cas où une stratification est nécessaire, l'Icon Infiltrant® agit comme un adhésif. Il ne faut pas utiliser d'adhésif en plus de la résine Icon®. Il ne faut pas réaliser de polymérisation au travers de la glycérine.

### 3.2.6. Etape 6

Le protocole d'érosion infiltration en profondeur nécessite de supprimer de la matière dentaire pour accéder à la lésion. Ainsi on peut observer en fin de traitement une concavité à la surface dentaire qu'il est nécessaire de reconstituer par une stratification de composite en adéquation avec le cas clinique afin de retrouver un profil esthétique. Le choix du type de composite de restauration se fait en fonction de la nécessité ou non de camoufler une coloration persistante malgré un éclaircissement préalable et/ou une application d'hypochlorite à 5% :

- La tache n'est pas colorée : Une reconstitution avec un composite « email » suffit pour recréer le volume et l'effet esthétique souhaité ;
- La tache est colorée : une reconstitution avec un composite « body » est nécessaire pour masquer une teinte colorée persistante et disgracieuse ;
- La tache est très colorée : une reconstitution avec un composite « opaque » puis « body » est nécessaire sans quoi on verrait encore la coloration au travers du composite « body » (Attal et Tirlet, 2011).

### 3.2.7. Etape 7

Un polissage soigneux permet une restitution de l'état de surface s'approchant de celle de l'email sain et permet une meilleure intégration de la restauration.

### 3.2.8. Etape 8

Pour finir, un suivi est indispensable, d'autant plus que le vieillissement des résines Icon® sur le moyen et le long terme n'est pas encore parfaitement défini. Un polissage du composite ou une réfection peut être nécessaire pour améliorer le rendu esthétique au moment d'une réévaluation, en particulier chez les patients fumeurs ou les consommateurs d'aliments ou boissons colorés (Doméjean *et al.*, 2015 ; Silva *et al.*, 2018).



## 4. Avantages, inconvénients et limites de la technique

### 4.1. Les avantages

La technique d'érosion infiltration avec la résine Icon® est simple et rapide à réaliser dans la mesure où elle ne nécessite qu'une seule séance de pose. Elle permet également d'être économe en tissu dentaire car elle n'implique pas de fraisage pour l'érosion infiltration superficielle. Pour certaines atteintes, le micro-sablage et l'instrumentation légère sont néanmoins parfois nécessaires. La procédure dans son ensemble est indolore en opératoire et post-opératoire. Aucune anesthésie n'est nécessaire. L'érosion infiltration permet de masquer les taches blanches et permet ainsi une amélioration de l'esthétique. Ces résines sont de plus en plus utilisées de nos jours et plusieurs études montrent généralement la satisfaction du patient suite à leur utilisation. Par ailleurs, l'érosion infiltration permet un arrêt de la progression des lésions carieuses initiales infiltrées. De meilleurs résultats esthétiques sont obtenus comparativement à leur reminéralisation par fluoruration (Aziznezhad *et al.*, 2017 ; Prasada *et al.*, 2018 ; Gençer et Kirzioğlu, 2019).

### 4.2. Les inconvénients et limites

La résine Icon® est donc une innovation très intéressante sur le plan clinique mais elle trouve sa limite dans le coût de la procédure (prix par surface traitée assez conséquent et pas de prise en charge par la sécurité sociale). De plus, le traitement des lésions profondes nécessite de mutiler une partie de l'émail en éliminant une partie de la lésion par micro-sablage ou par fraisage/polissage léger, pour permettre à la résine d'infiltrer convenablement le corps de la lésion. Ces procédures peuvent amener à la création d'une concavité dans le profil dentaire. Une stratification peut s'avérer nécessaire pour recréer le bombé naturel de la dent (Attal, 2012).

En outre, cette résine n'est pas chargée et non radio-opaque, ce qui limite l'évaluation et le suivi radiologique du traitement pour les lésions carieuses initiales. Un examen clinique et radiologique régulier est indispensable.

Pour finir, le faible recul clinique compte tenu de sa commercialisation assez récente ne permet pas de prédire sur le long terme le vieillissement de ce produit (Hammad *et al.*, 2012 ; Neuhaus *et al.*, 2010 ; Paris, Meyer et Lueckel, 2009 ; Kielbassa *et al.*, 2009).

## CHAPITRE 3 : Vieillissement de la résine Icon®

### 1. Introduction : Le vieillissement des matériaux dentaires

Le vieillissement est la dégradation d'un élément par un usage ou une exposition prolongée. Dans le domaine de la dentisterie, il s'agit d'une évolution lente et irréversible à partir d'un point de référence temporel, souvent pris à partir de la fabrication ou de la mise en bouche d'un produit. Ce processus irrémédiable est indissociable de la variable temporelle. Il altère les propriétés mécaniques, physiques, chimiques, mais aussi la composition, la morphologie, la cohésion... et en somme les propriétés fonctionnelles et l'apparence du produit. Même si ce processus n'est pas aussi rapide pour tous les matériaux dentaires, aucun n'échappe au vieillissement (Fayolle et Verdu, 2005).

L'environnement buccal, sous l'action du temps, affecte les restaurations dentaires dans leur ensemble et cause leur vieillissement. Parmi les facteurs ayant une influence sur l'évolution des propriétés générales de nos soins, il y a :

- Les facteurs propres à l'opérateur : polissage, respect du protocole, utilisation d'un champ opératoire, qualité de la photopolymérisation ...

- Les facteurs sur lesquels le patient peut agir : hygiène alimentaire, hygiène bucco-dentaire, parafunctions ...

- Les facteurs sur lesquels le patient ne peut pas agir : l'action de la salive, l'action des enzymes, l'influence du pH, l'action de la température, l'action de la lumière, les forces mécaniques ...

- Les facteurs propres au matériau employé et au soin : sa rétraction de prise, sa composition, la présence de monomères de bas poids moléculaires, sa localisation en bouche, le volume restauré ...

Le vieillissement de nos produits est donc un phénomène complexe dans lequel une multitude de facteurs s'entrecroisent (Chadwick *et al.*, 1990 ; Yap *et al.*, 1998 ; Çaykara *et al.*, 1999 ; Finer et Santerre, 2003 ; Teixeira, 2006 ; De Suza Costa, 2008 ; Berthault *et al.* 2008 ; Demarco *et al.*, 2012 ; Bourbia *et al.*, 2013 ; Krüger *et al.*, 2018 ; Bourbia et Finer, 2018).

### 2. Le vieillissement de la résine Icon®

Le protocole d'érosion infiltration par la résine Icon® est une thérapeutique assez récente. Le comportement clinique de ce produit face aux contraintes de l'environnement buccal n'est pas évalué sur le long terme. Néanmoins, plusieurs études se penchent sur le sujet. Elles proposent un suivi de son vieillissement après quelques mois ou quelques années après l'infiltration de la résine Icon® (Tirlet *et al.*, 2013 ; Eckstein *et al.* 2015 ; Caglar *et al.*, 2015 ; Aushill *et al.*, 2015 ; Amari *et al.*, 2018 ; Cazzolla *et al.*, 2018 ; Giannetti *et al.*, 2018 ; Knösel *et al.*, 2019 ; Gözetici *et al.*, 2019).

## 2.1. Fragilité liée à sa composition

La matrice de la résine Icon® est majoritairement constituée de TEGDMA. Le TEGDMA est un composé chimique de très faible viscosité, facilement soluble, à haute rétraction de prise, hydrophile et cytotoxique. Les résines dentaires qui en contiennent beaucoup ont une plus grande aptitude à accumuler de l'eau par capillarité. En effet, il s'agit d'un des monomères les plus hydrophiles grâce à son groupement hydrophile « *ethoxy* ». Ce groupement favorise la migration de l'eau dans la trame des polymères de la résine. En parallèle de cela, la résine Icon® ne contient pas de charges. L'incorporation d'eau est directement liée à la taille et à la quantité de charges d'un composite. Leur présence limite grandement le processus d'infiltration de l'eau. La résine Icon® est donc moins protégée face à la dégradation hydrique. Le vieillissement hydrique entraîne la détérioration des matériaux par gonflement, plastification et solubilisation du produit (Données issues du site et de la fiche de sécurité du produit résine Icon® DMG ; Mortier, 2009 ; Alawjali et Lui, 2013 ; Krüger *et al.*, 2018).

## 2.2. Un vieillissement cependant difficile à prévoir

Cette fragilité de la résine Icon® liée à sa composition laisserait augurer un vieillissement précoce si les indications d'utilisation de ce produit n'étaient pas totalement différentes de celles des composites. En effet, la résine Icon® ne reconstitue pas un volume de tissu dentaire manquant. Elle corrige et renforce une trame dentaire déjà présente dans laquelle elle s'immisce et prend son ancrage (Données issues du site et des fiches techniques du laboratoire DMG ; Paris et Meyer-Luekel, 2009 ; Meyer, 2010).

Néanmoins, il est légitime de se poser plusieurs interrogations :

- La dégradation hydrique pose-t-elle des problèmes de biocompatibilité?
- Quelle est l'évolution de l'esthétique de la résine Icon®?
- Comment vieillit l'état de surface infiltré par la résine Icon®?
- L'infiltration par la résine Icon® prévient-elle efficacement des reprises carieuses?
- Quelle est la durée de vie de la résine Icon®?

## 3. Evolution de différents paramètres au cours du temps

Cette partie va regrouper les résultats de certaines études concernant les réévaluations suite à l'infiltration par la résine Icon®, et également de certaines études sur le TEGDMA (composant principal de la résine Icon®). Le but de cette partie est de réaliser une synthèse. Nous allons comparer successivement les résultats obtenus *in vitro* pour les comparer à ceux obtenus *in vivo*.

### 3.1. Evolution de la biocompatibilité

#### 3.1.1. Etudes *In vitro*

Le TEGDMA est une molécule toxique. En effet, de nombreuses études *in vitro* indiquent qu'elle entraîne une réaction inflammatoire, une perturbation de l'homéostasie et des aberrations dans la différenciation cellulaire (Ginzkey *et al.*, 2015 ; Kraus *et al.*, 2017). Or c'est le principal constituant de la résine Icon®. Certains auteurs ont montré que la résine Icon® non polymérisée était cytotoxique à 98.8% « dose dépendante » sur les cellules souches de la pulpe après 48h de contact et à 10% pour une résine Icon® polymérisée (Gözl *et al.*, 2016). La solubilité du TEGDMA partiellement polymérisé et des produits issus de sa dégradation pose donc des problèmes en terme de biocompatibilité.

Mais étant donné les indications d'utilisation, les auteurs ont conclu que l'érosion infiltration avec la résine Icon® était une procédure de traitement bien tolérée par l'organisme dans la mesure où il s'agit d'un procédé superficiel de correction. Ceci reste vrai à condition qu'il y ait un respect scrupuleux des recommandations des fabricants (Gözl *et al.*, 2016). Il est question notamment de bien respecter le temps de photopolymérisation et de choisir une lampe à photopolymériser appropriée (Liu *et al.*, 2018 ; Waclawczyk *et al.*, 2018).

Si la dégradation et l'élution du TEGDMA au travers la dentine ne pose pas de problème à court terme, l'exposition chronique aux résidus de matériaux dentaires à base de résine ne doit pas être prise à la légère. Des études plus approfondies à long terme pour la résine Icon® *in vitro* et surtout *in vivo* doivent être réalisées (Putzeys *et al.*, 2019).

#### 3.1.2. Etudes *In vivo*

Les études de réévaluation *in vivo* recensées dans ce travail n'ont pas objectivé d'effets négatifs quant à la biocompatibilité buccale suite à l'infiltration par la résine Icon® à court terme. Aucune réaction inflammatoire gingivale ou pulpaire n'a été objectivée. Les dents traitées sont restées vitales et asymptomatiques jusqu'à des périodes allant de 4 ans de réévaluation (Tirlet *et al.*, 2013 ; Aushill *et al.*, 2015 ; Eckstein *et al.*, 2015 ; Caglar *et al.*, 2015 ; Cazzolla *et al.*, 2018 ; Knösel *et al.*, 2019).

### 3.2. Evolution de l'esthétique

#### 3.3.2.1. Etudes *In vitro*

Concernant l'évolution de l'esthétique au cours du temps, la stabilité de la couleur de la résine Icon® est la notion la plus facile à réévaluer. Les études *in vitro* et *in vivo* ne s'accordent pas toutes. *In vitro*, la fragilité de la résine Icon® et sa facilité à voir sa couleur altérée sont mises en avant. Une étude menée par

Luebber *et al.* en 2009 a montré qu'une dégradation et qu'un changement de la couleur étaient plus importants pour les résines Icon® *in vitro*, après 60 jours d'exposition à divers colorants alimentaires, que pour les autres systèmes de résine. Des études plus récentes menées *in vitro* ont également montré cette instabilité de la teinte et cette tendance au jaunissement (Cohen-Carneiro *et al.*, 2014 ; Rey *et al.*, 2014 ; Silva *et al.*, 2018). Là aussi, la susceptibilité au changement de couleur est fonction du breuvage ou colorant auquel le produit est exposé. Les plus fortes variations sont observées pour les sodas colorés, le thé, le café et le curry. Pour plusieurs matériaux testés, la résine Icon® est celle qui s'est colorée le plus vite (Ceci *et al.*, 2017).

Cependant *in vitro*, les auteurs se sont basés sur une exposition continue aux agents colorants. Il n'a pas été tenu compte du rôle protecteur de la salive, ni de la régularité d'un brossage dentaire, ou des habitudes de vie du patient et de son hygiène alimentaire. Les auteurs de ces études préconisent néanmoins d'avertir le patient des risques d'apparition de colorations et de limiter la consommation d'aliments, condiments et boissons colorés si un traitement par résine Icon® a été entrepris (sodas colorés, thé, café, curry, vin...) (Luebber *et al.*, 2009 ; Cohen-Carneiro *et al.*, 2014 ; Ceci *et al.*, 2017 ; Silva *et al.*, 2018).

En parallèle, une étude menée *in vitro* par Torres *et al.* en 2019 a montré que l'exposition de la résine Icon® à des sources lumineuses particulières, surtout les ultra-violets, peut aboutir à terme à un changement de teinte significatif et à des résultats esthétiques délétères. Heureusement, il n'existe dans la vie quotidienne que de rares situations d'exposition intense et suffisamment longue aux ultraviolets (Torres *et al.*, 2019).

### 3.2.2. Etudes *In vivo*

Les études *in vivo* ne coïncident pas parfaitement entre elles, mais elles s'accordent globalement sur une satisfaction des patients et des praticiens quant au vieillissement des résines Icon® infiltrées après quelques mois ou années de recul clinique.

Certaines études rapportent que les résines Icon® ont des propriétés optiques relativement stables à l'exposition de la lumière naturelle après une réévaluation à 6 mois (Aushill *et al.*, 2015 ; Gözetici *et al.*, 2019), à 19 mois (Tirlet *et al.*, 2013), à 12 mois (Feng et Chu, 2013 ; Eckstein *et al.*, 2015 ; Ammari *et al.*, 2018), à 24 mois suivant une enquête interne à DMG et à 4 ans (Cazzolla *et al.*, 2018) après la mise en bouche de la résine Icon®.

Des modifications de la teinte des zones traitées par la résine Icon® ont cependant pu être observées pour le traitement des lésions proximales après 1 an de mise en bouche, mais sont restées stables dans les 3 années qui ont suivi (Caglar *et al.*, 2015). Ceci est à mettre en relation avec l'hygiène alimentaire, mais aussi avec l'hygiène bucco-dentaire, pas toujours aussi performante au niveau des espaces interdentaires par rapport aux faces vestibulaires des secteurs antérieurs.

### 3.3. Evolution de l'état de surface

#### 3.3.1. Etudes *In vitro*

La résine Icon® n'assure pas de rôle mécanique à proprement parler dans la mesure où elle infiltre un réseau d'émail hypominéralisé. Néanmoins selon des études réalisées *in vitro*, l'infiltration d'une résine Icon® entraîne une augmentation de la microdureté et de la rugosité de surface de l'émail immédiatement après la procédure. L'émail traité par une résine Icon® est plus résistant face à l'abrasion et l'érosion qu'un émail hypominéralisé soumis aux mêmes contraintes (Mandava *et al.*, 2017 ; Gurdogan *et al.*, 2017 ; Aziznezhad *et al.*, 2017 ; Yaskan et Ermis, 2018 ; Rios *et al.*, 2019).

Un résultat esthétique de finition de surface optimal est obtenu après un polissage soigneux de la zone traitée par la résine Icon®. Le but du polissage est d'obtenir à partir d'une surface rugueuse une surface lisse correspondant aux impératifs esthétiques et biologiques, sans en modifier la forme. C'est une étape cruciale dans la mesure où elle influence la durée de vie finale du matériau, améliore les propriétés de surface et la stabilité de sa couleur avec un effet lisse qui reproduit les effets optiques de la dent naturelle (Cazzaniga *et al.*, 2017). En effet, la rugosité à la surface d'une dent augmente la rétention de plaque, la prévalence des caries secondaires et l'inflammation du parodonte. Sans compter que les cellules de l'immunité humaine qui sont présentes dans la plaque peuvent dégrader l'interface dent/restauration (Kusuma *et al.*, 2019). Cela pourrait, comme pour les composites, compromettre l'intégrité de la résine Icon® sur le long terme.

#### 3.3.2. Etudes *In vivo*

Selon les différentes études de réévaluation recensées dans ce travail, la dureté de l'émail, la conservation des tissus et de la stabilité mécanique sont satisfaisantes après des périodes allant de quelques mois à quelques années. Le problème lié au changement de texture immédiatement après la pose est contourné par un polissage soigneux de la zone traitée par la résine Icon®. Au moment des réévaluations et lorsque ce paramètre était étudié, l'état de surface restait inchangé (Cazzolla *et al.*, 2018 ; Rios *et al.*, 2019).

### 3.4. Evolution du processus carieux

#### 3.4.1. Etudes *In vitro*

L'infiltration de résine Icon® stoppe la progression des caries et leurs récives. Leur mode d'action se fait sur deux plans : la présence de la résine empêche la nutrition et le développement des colonies de bactéries déjà présentes dans le réseau hypominéralisé d'émail d'une part et augmente la microdureté de surface de la zone traitée d'autre part. Tout ceci aboutit à l'arrêt de la progression des lésions carieuses.

L'efficacité des résines Icon® contre la maladie carieuse tout en corrigeant l'esthétique est très intéressante voire supérieure à celle de la fluoruration (Aziznezhad *et al.*, 2017 ; Mandava *et al.*, 2017 ; Attin *et al.*, 2012, Prassada *et al.*, 2018 ; Krishna *et al.*, 2018).

#### 3.4.2. Etudes *In vivo*

Des études de réévaluation *in vivo* ont montré que dans de bonnes conditions d'hygiène bucco-dentaire associées à un entretien annuel chez le dentiste, l'infiltration de résine Icon® ou la fluoruration sont de bonnes mesures prophylactiques et de bonnes mesures de traitement des caries dentaires initiales vestibulaires et proximales non cavitaires (Gözetici *et al.*, 2019). La résine Icon® agit en empêchant la nutrition des bactéries de la lésion et en augmentant la microdureté de surface. Le fluor quant à lui renforce l'émail fragilisé et empêche l'adhésion bactérienne (Aziznezhad *et al.* 2017). Néanmoins, la gestion de l'esthétique et l'obtention d'un résultat optique harmonieux tout en traitant la carie est meilleur avec la résine Icon® (Amari *et al.*, 2018).

Aucune progression des lésions carieuses n'a été objectivée radiologiquement sur les sites traités en proximal ou vestibulaire après l'infiltration (Ekstrand *et al.*, 2010 ; Tiret *et al.*, 2013 ; Caglar, 2015 ; Attal *et al.*, 2014 ; Cazzolla *et al.*, 2019 ; Knösel *et al.*, 2019). De nouvelles applications pour réétanchéfier un joint dent/restauration avec la résine Icon® sont en cours d'observation et donnent des résultats pour le moment prometteurs (Körner *et al.*, 2017).

#### 4. Conclusion : Au final, quelle durée de vie?

Etant donné la récente commercialisation des résines Icon® et leur nature, plusieurs auteurs se sont penchés sur la manière dont elles pouvaient vieillir à long terme. Aucune durée de vie n'est clairement établie pour le moment. Les études *in vitro* pour certains paramètres, notamment esthétiques, donnent un bilan assez pessimiste. Les conditions d'application, les indications de la résine Icon® et le mode de vie du patient font relativiser néanmoins ces résultats. Ceci est conforté par les études de réévaluation *in vivo* sur le court terme qui semblent favorables. Les patients sont tous satisfaits (Eckstein *et al.* 2015 ; Amari *et al.*, 2018 ; Cazzolla *et al.*, 2018 ; Knösel *et al.*, 2019...),

Les résines Icon® sont donc actuellement une option de traitement intéressante et satisfaisante dans les traitements des caries initiales de l'émail et des taches blanches superficielles. Il faut rester cependant prudent dans le respect du protocole d'utilisation et concernant leur vieillissement au long terme, étant donné la fragilité du TEGDMA, et le faible recul clinique disponible.

Leur dégradation est à mettre en relief avec le mode de vie du patient notamment son alimentation, ses habitudes de vie, de brossage, son hygiène alimentaire et ses éventuelles parafunctions. Les études à venir sur les réévaluations cliniques après l'application de la technique d'érosion infiltration par la résine Icon® après de plus longues durées nous en dirons plus, à l'avenir, sur leur efficacité et leur stabilité après plusieurs années de mise en bouche.

## CHAPITRE 4. Réévaluations de cas cliniques

### 1. Introduction

Nous avons vu que l'évolution dans le temps de la résine Icon® n'est pas encore cliniquement établie sur le long terme. Plusieurs études ont commencé à étudier le vieillissement de la résine Icon® au cours d'une réévaluation couvrant une période allant de quelques mois à quelques années après l'infiltration (Cazzola *et al.*, 2018 ; Caglar *et al.*, 2015 ; Knösel *et al.*, 2019 ; Tirlet *et al.*, 2013).

L'objectif principal de notre étude est de suivre le vieillissement des résines Icon® mises en bouche au cours des années 2016 à 2017 dans le service d'odontologie du Centre Hospitalo-Universitaire de l'hôpital Morvan à Brest. Nous étudions l'évolution esthétique, l'adaptation de la résine Icon® aux limites des lésions infiltrées, l'intégration biologique à l'échelle clinique, et pour finir la satisfaction des patients quant aux résultats obtenus.

### 2. Matériel et méthode

Les patients joignables et disponibles ayant reçu un traitement par résine Icon® ont été revus au cours d'une séance unique de réévaluation d'une vingtaine de minutes, quelques mois ou années après la pose. Les informations quant au déroulement de la réévaluation ont été délivrées et les objectifs ont été expliqués aux patients. Tous ont consenti à participer. La séance s'est déroulée en trois parties :

- Un entretien avec un questionnaire à l'appui (voir en annexe) portant sur différents points à mettre en relation avec l'examen clinique : les méthodes d'hygiène bucco-dentaire, l'hygiène alimentaire, la présence de douleur ou tout autre changement visuel ou tactile au niveau des dents traitées ressentis par le patient et pour finir l'évolution de sa satisfaction jusqu'au jour de la réévaluation.
- Un examen clinique incluant le relevé de la teinte, l'analyse de l'état de surface, le rendu visuel et esthétique, ainsi que différents tests de sensibilités (test au froid, test de percussion...)
- Pour finir la prise de photographies du sourire de face, puis de la cavité buccale avec écarteurs sous différentes angulations de manière à mettre en évidence les anciens sites lésionnels.

En parallèle, les informations récoltées ont été comparées avec la base de données pré-opératoires et du suivi à une semaine de la pose des résines Icon® issues de la thèse du Dr Aude Simon, des travaux du Dr Coralie Burle et du Dr Valérie Chevalier.



### 3. Résultats

Les résultats et données sont regroupés ci-dessous, illustrés de photographies. Nous les avons présentés sous forme de cas cliniques.

#### 3.1. Cas clinique n° 1 : Hypominéralisation Molaire Incisive de la 21

##### 3.1.1. Présentation du cas clinique

Une patiente de 19 ans consultait pour la correction d'une tache blanche sur une incisive centrale qu'elle trouvait disgracieuse. Madame ne présentait pas d'antécédent médical notable. Elle était non fumeuse et se brossait les dents deux à trois fois par jour avec une brosse à dent manuelle. Elle ne grignotait pas entre les repas mais consommait très souvent des aliments colorés, comme le thé et le curry.

Cette lésion avait pour origine une hypominéralisation molaire incisive, la 36 étant également atteinte. La tache traitée se situait sur la face vestibulaire de la 21 et était de forme grossièrement ovoïde et aux contours nets. Elle épargnait le bord libre ainsi que les faces mésiale et distale, mais s'étendait en direction apicale jusqu'à environ la moitié de la dent. Elle était de couleur blanche et son centre tirait légèrement vers le jaunâtre. La teinte générale des dents avec le teinter VitaClassique® avait été évaluée à A2 au moment de l'examen clinique initial.



Fig. : 4.1. Photographie avec écarteurs de la situation clinique initiale de la lésion (Courtoisie du Dr Simon Aude)

Un éclaircissement préalable a donc été proposé puis réalisé suite à l'avis favorable de la patiente. La teinte A1 a été obtenue après quelques semaines de traitement. La tache blanche était toujours visible après l'éclaircissement, mais les colorations jaunâtres ont été nettement atténuées.



Fig. : 4.2. Photographie avec écarteurs après éclaircissement (Courtoisie du Dr Simon Aude)

Le protocole d'érosion infiltration en profondeur avec les résines Icon® a donc été indiqué et réalisé le 30/05/16. Une couche de composite fluide teinte A1 a été rajoutée pour combler le manque de tissu.



Fig. : 4.3. Photographie avec écarteurs une semaine après l'érosion infiltration par la résine Icon® (Courtoisie du Dr Simon Aude)

### 3.1.2. Réévaluation du cas clinique à 23 mois

Au moment de la réévaluation, l'état de santé de la patiente n'a pas changé. Madame a conservé la même hygiène bucco-dentaire et la même hygiène alimentaire. Le contrôle de plaque est satisfaisant, la patiente continue de consommer régulièrement des aliments colorés (thé, curry...). On note entre la situation post-opératoire à une semaine et au moment de la réévaluation, soit environ 23 mois après :

- Concernant la teinte : La teinte générale des dents prise avec le teinter VitaClassique® est intermédiaire à A1 et A2. Concernant l'ancien site lésionnel, le centre de la zone infiltrée semble avoir davantage jauni. Cela reste néanmoins léger. La patiente a également remarqué ce changement ;

- Concernant la texture de surface : Le passage de la sonde accroche davantage au niveau du site traité avec une texture type « plastique dur » et une légère démarcation est perceptible là où le composite fluide a été appliqué ;

- Concernant le volume : Le composite mis en place maintient son rôle de reconstitution de l'émail fraisé. Le profil de la dent est resté adéquat ;

- Concernant l'état gingival et l'état pulpaire : Aucun signe inflammatoire de la gencive n'est observé à l'échelle clinique. La dent traitée est restée vitale et asymptomatique depuis la pose jusqu'au jour de la réévaluation.



Fig. : 4.4. Photographie avec écarteurs de face le jour de la réévaluation

### 3.1.3. Satisfaction

Malgré le changement de couleur, la patiente reste très satisfaite du résultat et le conseille à ses proches. Tout comme nous, elle se pose néanmoins plusieurs interrogations, à savoir si la tache va refaire son

apparition et avec elle la coloration jaunâtre en son centre. Ce changement reste effectivement à surveiller. Il reste difficile de déterminer si le changement de teinte est attribuable au vieillissement du composite fluide lui-même ou bien effectivement à celui de la résine Icon® infiltrée. Un polissage léger pourrait être envisager pour supprimer cette coloration, si elle est superficielle. La consommation d'aliment comme le curry et le thé est peut être à limiter.

### 3.2. Cas clinique n°2 : Lésions carieuses amélares initiales multiples

#### 3.2.1. Présentation du cas clinique

Une patiente de 26 ans consultait initialement pour une prise en charge globale. Elle souhaitait également masquer les taches blanches disgracieuses aux collets de certaines dents, en particulier au maxillaire en antérieur d'autant plus qu'elles étaient sensibles aux stimuli thermiques. Madame ne présentait pas d'antécédent médical particulier. Elle avait suivi un traitement orthodontique pendant 2 ans. Elle se brossait les dents une à deux fois par jour le matin et le soir, mais ne passait pas le fil dentaire. La patiente était non fumeuse mais grignotait beaucoup entre les repas.

Ces taches blanches étaient des lésions carieuses amélares initiales liées à un mauvais contrôle de plaque ayant empiré avec la pose d'un appareil orthodontique. Ces lésions étaient observées sur les collets des faces vestibulaires des 16, 13, 11, 14, 21, 23, 24, 45, 44 et 43. Les sensibilités de la patiente étaient liées à une déminéralisation de l'émail.



Fig. : 4.5. Photographie de la situation initiale avec écarteurs secteur 2 et 3 visibles (Courtoisie du Dr Chevalier)



Fig. : 4.6. Photographie de la situation initiale avec écarteurs secteur 1 et 4 visibles (Courtoisie du Dr Chevalier)

Les soins globaux ont été entamés. Madame n'a pas souhaité réaliser d'éclaircissement. Les lésions maxillaires ont été traitées par le protocole d'érosion infiltration superficielle par la résine Icon®. Par la suite, la patiente a dû partir de la région pour des raisons personnelles. Nous avons néanmoins pu la revoir en réévaluation 21 mois après la mise en place de la résine Icon®.



Fig. : 4.7. Photographie une semaine après l'érosion infiltration par la résine Icon® (Courtoisie du Dr Chevalier)

### 3.2.2. Réévaluation du cas clinique à 21 mois

Le jour de la réévaluation, Madame dit toujours grignoter beaucoup entre les repas et consommer des aliments colorés (thé, curry...). Elle dit maintenant se brosser les dents 3 fois par jour avec une brosse à dent à poils souples et passer le fil dentaire. Madame est toujours non fumeuse, et son état de santé général ne s'est pas modifié depuis sa première venue. On note entre le moment de l'érosion infiltration par la résine Icon® et le jour de la réévaluation soit environ 21 mois après :

- Concernant la teinte : La teinte A3 du teintier VitaClassique® est retrouvée au niveau des anciennes lésions. Elles ne sont plus du tout perceptibles.

- Concernant l'arrêt de la progression des lésions : Il n'y a aucune récurrence des lésions carieuses amélaire initiales sur les sites traités observable.

- Concernant le volume et la texture de surface : Aucune stratification n'avait été effectuée. Les surfaces traitées sont aussi lisse que l'émail, sans défaut de matière ni démarcation perceptible.

- Concernant l'état gingival et l'état pulpaire : Toutes les dents sont vitales et asymptomatiques. Aucune réaction inflammatoire de la gencive ou de la pulpe n'a été observée entre le moment de la pose et le jour de la réévaluation sur les sites traités.



Fig. : 4.8. Photographie après réévaluation de face et avec écarteurs

### 3.2.3. Satisfaction

Madame est très satisfaite du résultat, d'autant plus qu'elle ne présente plus d'hyperesthésies dentinaires. Elle conseillerait le traitement à ses proches. Les résultats sont effectivement satisfaisants sur le plan clinique au niveau des sites traités. Il aurait été intéressant de traiter également les lésions mandibulaires. Madame ayant déménagé depuis, elle regrette de ne pas avoir pu finir l'ensemble des soins.

### 3.3. Cas clinique n°3 : Fluorose modérée

#### 3.3.1. Présentation du cas clinique

Une patiente de 23 ans consultait pour camoufler des lésions blanches sur plusieurs dents définitives apparues dès leur éruption. Elle ne présentait pas d'antécédents médicaux particuliers, sauf la prise de fluor pendant la jeune enfance. Madame ne fumait pas. Elle ne grignotait pas entre les repas, mais consommait à l'occasion des aliments colorés comme le curry. Elle se brossait les dents 2 à 3 fois par jour avec une brosse à dent électrique mais ne passait pas le fil dentaire.

Le diagnostic posé est celui de la fluorose. Les dents 21 ; 11 ; 14 ; 24 ; 15 et 25 présentent les tâches les plus prononcées. Les lésions forment des plages nuageuses et opaques sur la face vestibulaire allant du bord libre jusqu'au tiers apical de la couronne. L'utilisation de la résine Icon® a donc été indiquée pour améliorer l'esthétique.



Fig. : 4.9. Photographie de la situation initiale de face et avec écarteurs (Courtoisie du Dr Coralie Burle)



Fig. : 4.10. Photographie une semaine après l'infiltration de la résine Icon® (Courtoisie du Dr Coralie Burle)

### 3.3.2. Réévaluation du cas clinique à 12 mois

Le jour de la réévaluation, la patiente a conservé ses habitudes d'hygiène bucco-dentaire et alimentaire. Elle est toujours non fumeuse et son état de santé ne s'est pas modifié depuis sa dernière venue. On note entre la situation post-opératoire à une semaine et au jour de la réévaluation soit environ 12 mois après :

- Concernant la teinte : La teinte A2 du teinter VitaClassique® est retrouvée. On remarque une amélioration du rendu esthétique et de l'intégration la résine Icon®. Les jeux optiques de translucidité semblent mieux s'accorder. Il ne semble pas y avoir de modification de la teinte dentaire entre le moment de la pose et le jour de la réévaluation

- Concernant la texture de surface : Une augmentation de la rugosité immédiatement après la pose a été observée et un polissage appliqué a été réalisé. Le jour de la réévaluation, aucune différence de texture de surface, aucun effondrement de l'émail traité et aucune jonction entre l'ancien site de la lésion et l'émail sain n'ont été objectivés.

- Concernant l'état gingival et l'état pulpaire : Aucune réaction inflammatoire gingivale ou dentaire n'a été observée depuis le moment de la pose jusqu'au jour de la réévaluation. Les dents traitées sont toutes vitales et asymptomatiques.



Fig. : 4.11. Photographie après réévaluation à 12 mois (Courtoisie Dr Coralie Burle)

### 3.3.3. Satisfaction

La patiente est satisfaite du résultat et n'a pas remarqué de changement particulier au niveau du rendu esthétique depuis la pose. Du fait du nombre de dents traitées, elle espère que la pose de la résine Icon® a un bon pronostic sur le long terme.

Du point de vue de l'observateur, le résultat est également satisfaisant.



### 3.4. Cas clinique n°4 : Hypominéralisation traumatique

#### 3.4.1. Présentation du cas clinique

Une patiente de 24 ans souhaitait camoufler des taches blanches disgracieuses en secteur antérieur. Elle ne présentait pas d'antécédent médical particulier. Madame était non fumeuse, elle ne grignotait pas entre les repas, mais consommait régulièrement des aliments colorés (thé, vin...). Elle se brossait les dents deux fois par jour avec une brosse à dent électrique, mais ne passait pas le fil dentaire.

Des lésions d'hypominéralisations liées au traumatisme des dents temporaires sur les dents 11, 21 et 31 étaient présentes. Elles étaient localisées sur l'ensemble du bord libre. Les taches forment des plages hypominéralisées allant de 1 à 2 mm en direction apicale, de couleur blanche sur la 11, de couleur blanche avec des colorations tirant vers le jaune-marron sur la 21 et de couleur marron assez marquée sur la 31. Un éclaircissement préalable a été proposé et accepté par la patiente. La teinte relevée avec le teinter VitaClassique® est alors passée de A3 à A1, les colorations présentes ont été atténuées. Les dents ont été traitées ensuite par le protocole d'érosion infiltration en profondeur avec la résine Icon® le 21/03/16.



Fig. : 4.12. Photographie de la situation initiale (Courtoisie du Dr Aude Simon)



Fig. : 4.13. Photographie après éclaircissement (Courtoisie du Dr Aude Simon)



Fig. : 4.14. Photographie une semaine après l'infiltration de la résine Icon® (Courtoisie du Dr Aude Simon)

### 3.4.2. Réévaluation du cas clinique après 36 mois

Le jour de la réévaluation, l'état de santé de Madame ne s'est pas modifié. Il en va de même pour son hygiène bucco-dentaire et alimentaire. Madame est toujours non fumeuse. On note entre la situation post-opératoire à une semaine et le jour de la réévaluation, soit environ 36 mois après :

- Concernant la teinte : On note une légère coloration jaunâtre persistante sur les bords libres des 11 et 21. Ces colorations sont encore atténuées par rapport à la situation clinique une semaine après la pose. Dans l'ensemble, on observe une amélioration de l'harmonie des résultats. Les effets optiques de translucidité semblent également améliorés. La teinte relevée au teintier VitaClassique® est A2.

- Concernant la texture de surface : Aucun changement de texture au passage de la sonde et aucune démarcation de surface entre la zone traitée et non traitée ne sont perceptibles. La surface est lisse et dure sur l'ensemble de la dent.

- Concernant le volume de la restauration : Une concavité à la surface des 11 et 21 liée à la procédure d'érosion infiltration en profondeur est perceptible. L'ajout d'un composite aurait été idéal pour combler le manque après l'infiltration. La patiente, déjà satisfaite du résultat immédiat, a refusé de réaliser cette procédure. Lors de la réévaluation, la proposition de reconstituer le profil de la dent au composite a été à nouveau déclinée par la patiente.

- Concernant l'état gingival et l'état pulpaire : La patiente n'a remarqué aucun changement ni aucune sensibilité entre le jour traitement et le jour de la réévaluation. A l'examen clinique, les dents sont toujours vitales et asymptomatiques. Aucune réaction inflammatoire n'est observée cliniquement.



Fig. : 4.15. Photographie au moment de la réévaluation à 36 mois

### 3.4.3. Satisfaction

Madame est très satisfaite des résultats. « Cela a changé ma vie, maintenant je souris beaucoup plus ». Du point de vue de l'opérateur, les résultats sont également très satisfaisants, mais il aurait été pertinent de corriger la concavité avec une résine composite.

## 3.5. Cas clinique n° 5 : Hypominérlisation traumatique sur la 21

### 3.5.1. Présentation du cas clinique

Une patiente de 24 ans souhaitait camoufler une tache blanche en secteur antérieur sur la 21. Cette tache est présente depuis l'éruption de la dent. Elle forme une plage nuageuse blanche plus ou moins opaque s'étendant du bord libre jusqu'à environ la moitié de la dent. La dent est asymptotique. D'un point de vue général, Madame ne présente pas d'antécédent médical particulier. Elle est non fumeuse. Madame ne grignote pas entre les repas mais consomme des aliments colorés.



Fig. : 4.16. Photographie de la situation initiale (Courtoisie du Dr Aude Simon)

Cette lésion avait pour origine un traumatisme de la dent temporaire ayant entraîné une séquelle sur la dent définitive 21. Afin d'accéder aux doléances de la patiente et en suivant l'arbre décisionnel développé par Attal et Tirlet en 2011, un éclaircissement préalable a été proposé à la patiente puis réalisé. La patiente est

passée de la teinte A3 à A1. À la fin du traitement, la tache était atténuée mais toujours perceptible. Le protocole d'érosion infiltration superficiel par la résine Icon® a donc été proposé à la patiente puis appliqué.



Fig. : 4.17. Photographie après éclaircissement (Courtoisie du Dr Aude Simon)



Fig. : 4.18. Photographie une semaine après infiltration ( Courtoisie du Dr Aude Simon)

### 3.5.2. Réévaluation du cas clinique à 30 mois

Au moment de la réévaluation, l'état de santé général de madame ne s'est pas modifié. L'hygiène bucco-dentaire est toujours bien maîtrisée et l'hygiène alimentaire est restée la même. Du point de vue clinique, on note entre le moment de la pose de la résine et le moment de la réévaluation, soit en environ 30 mois après :

- Concernant la teinte : L'ancien site lésionnel n'est pas perceptible. On note une amélioration des jeux optiques lumineux et une translucidité plus harmonieuse. La teinte relevée avec le teinter VitaClassique® est toujours A1.

- Concernant la texture : Aucune jonction entre le site traité et le reste de la dent n'est découvert. La surface est lisse, sans défaut au passage de la sonde et au passage de la soufflette.

- Concernant l'état gingival et l'état pulpaire : Aucune réaction inflammatoire n'a été observée entre le moment de la pose et le jour de la réévaluation à l'échelle clinique. La dent 21 est asymptotique et vitale.



Fig. : 4.19. Photographie le jour de la réévaluation à 30 mois

### 3.5.3. Satisfaction

La patiente est très satisfaite du résultat et le conseillerait à ses proches. Du point de vue de l'observateur les résultats sont aussi très satisfaisants et laissent supposer une bonne intégration de la résine Icon®.

## 4. Discussion

Nous avons effectué une réévaluation en terme d'esthétique, de maintien de l'état pulpaire et gingival, de maintien de la structure, de maintien de l'état de surface et de satisfaction sur cinq patients ayant bénéficié du protocole d'érosion infiltration par la résine Icon®. Le protocole d'érosion infiltration et les réévaluations qui en ont découlées après des périodes allant de 1 à 3 ans ont été réalisées dans le service d'odontologie du CHRU de Brest. L'objectif principal était de s'assurer de la pérennité des résultats obtenus juste après l'infiltration et de la manière dont les résines Icon® pouvait vieillir au contact permanent de l'environnement buccal.

### 4.1. Concernant les paramètres étudiés

Concernant la teinte, des changements ont pu être observés. Un des cas a montré un jaunissement du site lésionnel. Pour ce cas-ci, il est difficile d'établir si le jaunissement concerne la résine Icon® à proprement parler ou bien le composite fluide employé par dessus pour compenser la perte de volume liée au protocole d'érosion infiltration en profondeur. Par ailleurs, du curry était souvent consommé. Il est également impossible d'affirmer avec certitude le lien de corrélation entre la consommation du curry et le jaunissement de la zone traitée. Certaines études cependant ont démontré le pouvoir colorant du curry sur les TEGDMA *in vitro* (Luebber et al., 2009). Par mesure de précaution, peut-être faudrait il préconiser à nos patients d'en limiter la consommation après des traitements dentaires contenant beaucoup de TEGDMA.

Pour quatre des cas cliniques réévalués, nous avons pu apprécier une amélioration du rendu esthétique des jeux de lumière en translucidité. Certaines études suggèrent effectivement que l'infiltration d'eau dans un second temps vient améliorer la propagation des rayons au sein de la zone traitée par la résine Icon® (Kim *et al.*, 2011 et Attal *et al.* 2014).

Et pour finir, dans toutes les situations cliniques, le maintien de l'état pulpaire et gingival des tissus a été préservé. Aucune réaction inflammatoire de la gencive ou de la dent ne s'est produite entre le moment de la pose sous champ opératoire jusqu'au jour de la réévaluation. Ces observations n'ont été réalisées néanmoins qu'à l'échelle macroscopique.

### 4.2. Concernant la réalisation des séances

Concernant les paramètres de la réalisation de la séance, certains points auraient pu être améliorés. La méthodologie de la prise des photographies pour commencer n'a pas pu être aussi rigoureuse que souhaitée :

- Les conditions d'éclairage entre chaque moment de prise de cliché ne sont jamais exactement les mêmes et sont très difficiles à recréer entre les cas cliniques et surtout au sein d'un même cas clinique étudié.
- Les photographies n'ont pas pu être toutes réalisées avec le même appareil pour des raisons techniques, de gestion et de partage au sein du centre de soins dentaires.
- Les photographies ont été réalisées par des opérateurs différents.

Effectuer une comparaison dans de telles conditions est tout à fait possible mais comporte de nombreux biais qu'il faut prendre en considération.

La méthodologie pour la prise et le suivi de la teinte d'une part et l'appréciation de la texture et du volume de la surface d'autre part auraient pu être améliorés :

- Le teintier VitaClassique® a été utilisé à chaque fois. Il n'a permis que d'effectuer le suivi sur la partie médium de la dent et non sur son ensemble. Or certaines lésions réévaluées se situaient sur plusieurs zones de la dent en même temps. L'utilisation d'une aide électronique pour la détermination de la couleur aurait été une solution plus précise pour le suivi de la teinte, notamment concernant le jaunissement observé dans un des cas cliniques.

- La rugosité a été appréciée au passage de la sonde, donc à l'échelle clinique. Il est à ce stade impossible de dire si des pertes de matière seront objectivables au bout d'un temps suffisamment long en bouche.

- Les dents n'ont pas été asséchées de la même manière au moment de la prise des photographies. L'étude de l'état de surface à partir des différents clichés récupérés est rendue beaucoup plus difficile car l'humidité donne l'impression d'une surface plus lisse.

#### 4.3. Concernant notre étude

Malheureusement beaucoup des patients traités ont été perdus de vue ou n'ont pu pour des raisons personnelles se rendre aux séances de réévaluation. Ce sont des pertes d'informations non négligeables pour la fiabilité de notre étude. Le nombre de patient de notre réévaluation permet néanmoins d'avoir un bref aperçu du vieillissement et s'accorde avec les résultats d'autres études déjà effectuées (Cazzola *et al.*, 2018 ; Caglar *et al.*, 2015 ; Knösel *et al.*, 2019 ; Tirllet *et al.*, 2013).

Par ailleurs, les cas cliniques ont été réévalués au bout de période allant jusqu'à 3 ans. Ceci nous donne un bon aperçu du vieillissement à court terme, mais pas encore à moyen et à long terme. Un suivi régulier est indispensable afin pouvoir proposer une maintenance si des défauts viennent à survenir.

#### 4.5. Conclusion

La réévaluation des cinq cas cliniques a montré une certaine résistance au vieillissement des résines Icon® sur des périodes courtes à l'échelle d'une vie. Les résultats restent satisfaisants et bien plus acceptables pour les patients que les situations cliniques initiales lors de la première consultation. Les patients demeurent tous satisfaits et c'est un point non négligeable. On peut donc affirmer que l'utilisation de la résine Icon® est une thérapeutique intéressante pour les patients ayant des taches à camoufler sur des périodes de quelques années. Des solutions de maintenance, de la même manière que pour les composites de restauration (polissage, réfection de la stratification composite dans le cas du protocole d'érosion infiltration en profondeur, nouvel éclaircissement...) doivent être proposées en cas de besoin, ainsi que des conseils hygiéno-diététiques pour la consommation des aliments colorés.



## CONCLUSION

Nous avons vu que la couleur d'une dent naturelle est un phénomène optique complexe faisant intervenir plusieurs paramètres dont les plus importants sont la luminosité, la saturation et la teinte. Ils sont nécessaires, mais non suffisants pour recréer l'harmonie colorée d'une denture. Sept autres variables sont à prendre en compte lors d'une reconstitution dentaire : la stratification, la texture de surface, l'effet nacré, la translucidité, l'opalescence, les caractérisations et pour finir la fluorescence. Les restaurations dentaires et les protocoles de soins actuels s'inspirent de ces notions pour recréer le plus fidèlement la nature ou pour restituer une cohérence colorée d'ensemble.

L'hypominéralisation de l'émail peut perturber la couleur des dents par la formation de taches blanches plus ou moins visibles lors du sourire et parfois disgracieuses. Nous avons vu que les étiologies des hypominéralisations à l'origine de ces défauts sont les caries amélares initiales, la fluorose dentaire, les hypominéralisations molaires incisives et le traumatisme de la dent permanente par une dent temporaire. Ces atteintes peuvent laisser des séquelles de sévérité variable.

La technique d'érosion infiltration avec la résine Icon® est une thérapeutique correctrice récente de ces défauts blancs amélares. Simple et rapide, elle s'intègre dans un gradient thérapeutique de traitement. Elle n'est pas, ou presque pas mutilante pour les tissus dentaires pour l'érosion infiltration superficielle. En revanche, la procédure d'érosion infiltration avec la résine Icon® peut être adaptée aux cas cliniques plus complexes où la lésion blanche à traiter est plus étendue ou plus difficile d'accès pour les produits. Dans ces cas-ci, elle requiert une légère suppression de tissu dentaire. On parle alors d'érosion d'érosion infiltration en profondeur.

Une revue de littérature *in vivo* et *in vitro* concernant le vieillissement de la résine Icon® utilisée dans ce protocole nous a permis d'envisager une bonne évolution quant au vieillissement en bouche du produit sur le court terme. En revanche, cette analyse des études récentes ne nous permet toujours pas de nous prononcer sur le moyen et le long terme.

La réévaluation des cas cliniques au service d'odontologie du CHRU de Brest nous a confirmé la pérennité de l'intégration esthétique, de la biocompatibilité à l'échelle clinique, de l'état de surface et de l'arrêt du processus carieux sur le court terme. Les patients sont tous satisfaits. A l'avenir, il serait intéressant d'analyser le vieillissement de la résine Icon® en bouche à moyen terme et à long terme des mêmes cas cliniques afin d'améliorer le suivi et d'améliorer nos connaissances sur ce produit.

## BIBLIOGRAPHIE

1. Ahmad I. Three-dimensional shade analysis : perspectives of color - Part I. *Pract Periodontics Aesthet Dent.* 1999 Sep;11(7):789-96
2. Allart N. « La fluorose dentaire : Etiologie, diagnostic et prise en charge au cabinet dentaire ». Thèse de doctorat de chirurgie dentaire, sous la direction du Dr Alain Gambiez, Lille, Faculté de chirurgie dentaire, 2014, 90p
3. Ammari MM, Jorge RC, Souza IPR, Soviero VM. Efficacy of resin infiltration of proximal caries in primary molars : 1-year follow-up of a split-mouth randomized controlled clinical trial. *Clin Oral Investig.* 2018 Apr;22(3):1355-1362
4. Andreasen JO, Andreasen FM, Bakland LK, Flores MT. *Traumatic dental injuries, a manual.* Copenhague : Munksgaard éd. ; 2000
5. Arbab Chirani R, Foray H. Fluorose dentaire : diagnostic étiologique. *Archives de pédiatrie.* 2005;12(3):284-287
6. Attal JP, Atlan A, Denis M, Vennat E, Tirlet G. Tâches blanches de l'émail : Protocole de traitement par érosion infiltration superficielle ou en profondeur. *International Orthodontics.* 2014;12(1):1-31
7. Attal J, Tirlet G, Vennat E, Atlan A. L'infiltration en profondeur: un nouveau concept pour le masquage des taches de l'émail - Partie 2. Traitement d'une fluorose sévère. *Inf Dent.* 2014;5:74-9
8. Attal JP, Denis M, Atlan A, Vennat E, Tired G. L'infiltration en profondeur, un nouveau concept pour le masquage des taches de l'émail. *Inf Dent.* 2013;19:74-79
9. Attal JP, Atlan A, Denis M, Vennat E, Tirlet G. Nouveau concept pour le masquage des tache de l'émail, l'infiltration en profondeur partie III, traitement d'une MIH sévère. *Inf dent.* 2014;30:1-6
10. Attin R, Stawarczyk B, Keçik D, Knösel M, Wiechmann D, Attin T. Shear bond strength of brackets to demineralize enamel after different pretreatment methods. *Angle Orthod.* 2012 Jan;82(1):56-61
11. Ausschill TM, Schmidt KE, Arweiler NB. Resin Infiltration for Aesthetic Improvement of Mild to Moderate Fluorosis : A Six-month Follow-up Case Report. *Oral Health Prev Dent.* 2015;13(4):317-22
12. Aziznezhad M, Alaghemand H, Shahande Z, et al. Comparison of the effect of resin infiltrant, fluoride varnish, and nano-hydroxy apatite paste on surface hardness and streptococcus mutans adhesion to artificial enamel lesions. *Electron Physician* 2017;9:3934-42

13. Bourbia M, Finer Y. Biochemical Stability and Interactions of Dental Resin Composites and Adhesives with Host and Bacteria in the Oral Cavity : A Review. *J Can Dent Assoc.* 2018;84:1-7
14. Bourbia M, Ma D, Cvitkovitch DG, Santerre JP, Finer Y. Cariogenic bacteria degrade dental resin composites and adhesives. *J Dent Res.* 2013;92(11):989-94
15. Caglar E, Kuscu OO, Hysi D. Four year Evaluation of Proximal Resin Infiltration in Adolescents. *Acta Stomatol Croat.* 2015 Dec; 49(4):304-8
16. Cazzaniga G, Ottobelli M, Ionescu AC, Paolone G, Gherlone E, Ferracane JL, Brambilla E. In vitro biofilm formation on resin-based composites after different finishing and polishing procedures. *J Dent.* 2017 Dec;67:43-52
17. Cazzolla AP, De Franco AR, Lacaíta M, Lacarbonara V. Efficacy of 4-year treatment of icon infiltration resin on postorthodontic white spot lesions. *BMJ Case Rep.* 2018 Jul 18;2018
18. Chan YL, Ngan AH, King NM Degraded prism sheaths in the transition region of hypomineralized teeth. *J Dent.* 2010Mar;38(3):237-44
19. Clement M, Noharet R. Tache de fluorose l'érosion infiltration au service de la préservation tissulaire. *Inf dent.* 2013 ; 33 ; 22-27
20. Courson F, Bussone N. MIH et restaurations esthétiques antérieures. *Clinic.* 2017;38:50-51
21. Crombie F, Manton D, Kilpatrick N. Aetiology of molar-incisor hypo mineralization : a critical review. *Int J Paediatr Dent.* 2009 Mar;19(2):73-83
22. Demarco FF, Corrêa MB, Cenci MS, Moraes RR, Opdam NJ. Longevity of posterior composite restorations: not only a matter of materials. *Dent Mater.* 2012 Jan;28(1):87-101
23. Denis M, Atlan A, Attal, JP. Erosion/infiltration : un nouveau traitement des tâches blanches. *Les Entretiens de Bichat* 2012
24. Denis M, Atlan A, Vennat E, Tirlet G, Attal JP. Taches blanches de l'émail : diagnostic et anatomopathologie : deux données indispensables pour bien les traiter (partie 1). *Int Orthod.* Juin 2013;11(2): 139-65
25. Denis M, Atlan A, Vennat E, Tirlet G, Attal JP. White defects on enamel : diagnosis and anatomopathology : two essential factors for proper treatment (part 1). *Int Orthod* 2013;11(2):139-65

26. Dental Milestones Guaranteed. Icon® - une révolution dans le traitement des caries sans fraiser. Hamburg, Allemagne, consulté le 10/01/19
27. Doméjean S, Courson F, Muller-Bolla M. Comprendre les bases de la cardiologie en 10 points. *Inf Dent.* 2015;22:26-33
28. Doméjean S, Drancourt N, Perrin A, Voute A, Muller-Bolla M. Cariologie : Evolution des classifications et des guides thérapeutiques. *L'information Dentaire.* 2018; 20: 20-28
29. Eckstein A, Helms HJ, Knösel M. Camouflage effects following resin infiltration of postorthodontic white-spot lesions in vivo: One-year follow-up. *Angle Orthod.* 2015 May;85(3):374-80
30. Emery K, Volbrecht V, Peterzell D, Webster M. Variation in normal color vision, Relationship between color naming and hue scaling. *Vision Res.* 2017;141: 66–75
31. Ericson D. What is minimally invasive dentistry? *Oral health Prev Dent* 2004 ; 2 (suppl1) : 287-292
32. Fejerskov O, Kidd E. *Dental Carie, the disease and its clinical management.* Oxford : Blackwell Munksgaard éd. ; 2003
33. Fejerskov O, Larsen MJ, Richards A, Baelum V. Dental tissue effects of fluoride. *Adv Dent Res.* 1994;8(1):15-31
34. Fortier JP, Demars-Fremault C. *Abrégé de pédodontie.* Paris : Masson éd. ;1987
35. Gençer M, Kirzioğlu Z. A comparison of the effectiveness of resin infiltration and microabrasion treatments applied to developmental enamel defects in color masking. *Dent Mater J.* 2019. (Ahead of print)
36. Gitalis R, Zhou L, Marashdeh MQ, Sun C, Glogauer M, Finer Y. Human neutrophils degrade methacrylate resin composites and tooth dentin. *Acta Biomater.* 2019 Feb 23
37. Gözl L, Simonis RA, Reichelt J, Stark H, Frentzen M, Allam JP, Probstmeier R, Winter J, Kraus D. In vitro biocompatibility of ICON(®) and TEGDMA on human dental pulp stem cells. *Dent Mater.* 2016 Aug; 32(8):1052-64
38. Goure J-P. *L'optique dans les instruments.* Paris : Lavoisier éd. ; 2011
39. Guerra F, Mazur M, Nardi G, Corridore D, Pasqualotto D, Rinaldo F, et al. Dental hypomineralized enamel resin infiltration. Clinical indications and limits. *Senses Sci.* 2015;4:20-23

40. Gurdogan EB, Ozdemir-Ozenen D, Sandalli N. Evaluation of Surface Roughness Characteristics Using Atomic Force Microscopy and Inspection of Microhardness Following Resin Infiltration with Icon®. *J Esthet Restor Dent*. 2017 May 6;29(3):201-208
41. Hébert S. L'hypominéralisation des molaires et des incisives. 12èmes journées de santé dentaire publique du Québec, St-Jean-Sur-Richelieu, 2013. Consulté le 19/04/19
42. Heijs SC, Dietz W, Norén JG, Blanksma NG, Jälevik B. Morphology and chemical composition of dentin in permanent first molars with the diagnose MIH. *Swed Dent J*. 2007;31(4):155-64
43. Jälevik B, Klingberg GA. Dental treatment, dental fear and behaviour management problems in children with severe enamel hypomineralization of their permanent first molars. *Int J Paediatr Dent*. 2002 Jan;12(1):24-32
44. Jarty C. « Quantification surfacique et localisation des défauts de structure des incisives permanentes dans un contexte d'hypominéralisation molaires-incisives ». Thèse de doctorat de chirurgie dentaire, sous la direction du Dr Patrick Rouas, Bordeaux, UFR des sciences de l'odontologie, 2017, 76p
45. Joiner A. Tooth colour : a review of the literature. *J Dent*. 2004;32(1):3-12
46. Keyes PH. The infectious and transmissible nature of experimental dental caries. Findings and implications. *Arch Oral Biol*. 1960 Mar;1:304-20
47. Kim S, Kim EY, Jeong TS. The evaluation of resin infiltration for masking labial enamel white spot lesions. *Int J Paediatr Dent* 2011; 21(4):241-248
48. Knösel M, Ecktein A, Helms HJ. Long-term follow-up of camouflage effects following resin infiltration of post orthodontic white-spot lesions in vivo. *Angle Orthod*. 2019 Jan; 89(1):33-39
49. Kraus D, Wolfgarten M, Enkling N, Helfgen EH, Frentzen M, Probstmeier R, Winter J, Stark H. In-vitro cytocompatibility of dental resin monomers on osteoblast-like cells. *J Dent*. 2017 Oct;65:76-82
50. Lai PY, Seow WK, Tudehope D, Rogers Y. Enamel hypoplasia and dental caries in very-low birthweight children : a case-controlled, longitudinal study. *Pediatr Dent*. 1997;19(1):42-9
51. Lasfargues JJ, Louis JJ, Kaleka R. Classifications des lésions carieuses. De Black au concept actuel par sites et stades. *EMC - Odontologie* 2006:1-19
52. Lasserre JF. Les sept dimensions de la couleur des dents naturelles. *Clinic*. 2007;28:417-430

53. Liu B, Gan X, Zhao Y, Chen J, Yu H, Gao J, Yu H. TEGDMA releasing in resin composites with different filler contents and its correlation with mitochondrial mediated cytotoxicity in human gingival fibroblasts. *J Biomed Mater Res A*. 2018 Dec 30
54. Lutskeya IK et al. Fluorescence of dental hard tissue and restorative materials. *Int Dent Afr* 2012;2(5): 162-168
55. Lygidakis NA, Dimou G, Marinou D. Molar-incisor-hypomineralisation (MIH). A retrospective clinical study in Greek children. II. Possible medical aetiological factors. *Eur Arch Paediatr Dent*. 2008;9(4):207-17
56. Malmberg P, Norén JG, Bernin D. Molecular insights into hypomineralized enamel. *Eur J Oral Sci*. 2019. (Ahead of print)
57. Mandava J, Reddy YS, Kantheti S, Chalasani U, Ravi RC, Borugadda R, Konagala RK. Microhardness and Penetration of Artificial White Spot Lesions Treated with Resin or Colloidal Silica Infiltration. *J Clin Diagn Res*. 2017 Apr; 11(4):142-146
58. Manton DJ. Diagnosis of the early carious lesion. *Aust Dent J*. 2013;58:35-9
59. Marouane O, Douki N. Traitement focal de l'hypominéralisation traumatique de l'émail. *Inf dent*. 2016;27:1-7
60. Neitz J, Neitz M. Evolution of the circuitry for conscious color vision in primates. *Eye (Lond)*. 2017; 31(2): 286-300
61. O'Brien WJ, Hemmendinger H, Boenke KM, Linger JB, Groh CL. Color distribution of three regions of extracted human teeth. *Dent Mater*. 1997;13(3):179-85
62. Organisation Mondiale de la santé. Rapport sur la santé bucco-dentaire dans le monde 2003. Suisse, 2003. Consulté le 15/12/18
63. Organisation Mondiale de la Santé. Maladies liées à l'eau. Suisse, 2019. Consulté le 15/12/18
64. Paris S, Meyer-Lueckel H. Masking of labial enamel white spot lesions by resin infiltration - a clinical report. *Quintessence Int*. 2009;40(9):713-8
65. Peters MC, McLean ME. Minimally invasive operative care. I. Minimal intervention and concepts for minimally invasive cavity preparations *J. Adhesive Dent*. 2000 ; 3 : 7-16
66. Pignoly C, Aubut V, Baixe S. et coll. Prise de teintes, des techniques conventionnelles aux techniques électroniques. *Les dossiers de l'ADF*, novembre 2010

67. Prasada KL, Penta PK, Ramya KM. Spectrophotometric evaluation of white spot lesion treatment using novel resin infiltration material (ICON®). *J Conserv Dent*. 2018 Sep-Oct;21(5):531-535
68. Putzeys E, Nys S, Cokic SM, Duca RC, Vanoirbeek J, Godderis L, Meerbeek BV, Van Landuyt KL. Long-term elution of monomers from resin-based dental composites. *Dent Mater*. 2019 Mar;35(3):477-485
69. Rios D, Oliveira GC, Zampieri CR, Jordão MC, Dionisio EJ, Buzalaf M, Wang L, Honório HM. Resin-Based Materials Protect Against Erosion/Abrasion-a Prolonged In Situ Study. *Oper Dent*. 2019 Jan 10 (Ahead of print)
70. Reisine S, Douglass JM. Psychosocial and behavioral issues in early childhood caries. *Community Dent Oral Epidemiol*. 1998;26(suppl):32-44
71. Rouas P, Bandon D, Vaysse F. Les hypominéralisations molaires-incisives, diagnostic et prise en charge adaptée. *Inf Dent* 2010;(9):13-9
72. Scerri E, Gatt G, Camilleri S, Mupparapu M. Morphologic and developmental disturbances of permanent teeth following trauma to primary dentition in a selected group of Maltese children. *Quintessence Int*. 2010;41(9):717-24
73. Sellem J, Orlu R, Dursun E. Dyschromies colorées du secteur antérieur : étiopathogénie et prise en charge. *AOS Journal*. 2014;269:36-41
74. Silva MJ, Scurrah KJ, Craig JM, Manton DJ, Kilpatrick N. Etiology of molar incisor hypomineralization-A systematic review. *Community Dent Oral Epidemiol*. 2016;44(4):342-53
75. Silva SN, Reich AM, DeLeon E, Schafer T, Rueggeberg FA, Fortson WM J. Staining potential differences between an infiltrative resin and an esthetic, flowable composite. *J Esthet Restor Dent*. 2018 Sep; 30(5):457-463
76. Silverstone LM. Structure of carious enamel, including the early lesion. *Oral Sci Rev* 1973;3:100–60
77. Aude Simon. « Traitement des taches de déminéralisation vestibulaires par la résine Icon ». Thèse de doctorat de chirurgie dentaire, sous la direction du Dr Valérie Chevalier, Brest, UFR d'odontologie de Brest, 2016, 125p
78. Takahashi K, Correia Ade S, Cunha RF. Molar incisor hypomineralization. *J Clin Pediatr Dent*. 2009 Spring;33(3):193-7
79. Ten Bosch JJ, Coops JC. Tooth color and reflectance as related to light scattering and enamel hardness. *J Dent Res*. 1995;74(1):374-380

80. Tirlet G, Attal JP. Le gradient thérapeutique un concept médical pour les traitements esthétiques. *Inf dent.* 2009 ; 42-43 ; 2561-2568
81. Tirlet G, Attal J. L'érosion-infiltration: une nouvelle thérapeutique pour masquer les taches blanches. *Inf Dent.* 2011;93(4):2-7
82. Tirlet G, Chabouis HF, Attal JP. Infiltration, a new therapy for masking enamel white spots : a 19-month follow-up case series. *Eur J Esthet Dent.* 2013 Summer ; 8(2):180-190
83. Vaarkamp J, Ten Bosch JJ, Verdonschot EH. Propagation of light through human dental enamel and dentine. *Caries Res.* 1995;29(1):8-13
84. Van der Burgt TP, Ten Bosch JJ, Borsboom PC, Kortsmid WJ. A comparison of new and conventional methods for quantification of tooth color. *J Prosthet Dent.* 1990 Feb;63(2):155-162
85. Vanini L. Conservative composite restorations that mimics nature. *Journal of cosmetic dentistry.* 2010;26(3):80-101
86. Von Arx T. Developmental disturbances of permanent teeth following trauma to the primary dentition. *Aust Dent J.* 1993;38(1):1-10
87. Vreven J, Sabbagh J, Vermeersch G, Raskin A, Leloup G. Résines composites. *Odont.* 2016; :1-21
88. Waławczyk A, Postek-Stefańska L, Pietraszewska D, Birkner E, Zalejska-Fiolka J, Wysoczańska-Jankowicz I. TEGDMA and UDMA monomers released from composite dental material polymerized with diode and halogen lamps. *Adv Clin Exp Med.* 2018 Apr;27(4):469-476
89. Watts A, Addy M. Tooth discolouration and staining: a review of the literature. *Br Dent J.* 2001;190(6): 309-316
90. Weerheijm KL, Duggal M, Mejåre I, Papagiannoulis L, Koch G, Martens LC, et al. Judgement criteria for molar incisor hypomineralisation (MIH) in epidemiologic studies: a summary of the European meeting on MIH held in Athens, 2003. *Eur J Paediatr Dent Off J Eur Acad Paediatr Dent* 2003;4(3):110-3



# QUESTIONNAIRE : RÉÉVALUATION DU TRAITEMENT DES LÉSIONS BLANCHES PAR RESINES ICON®

## INTERROGATOIRE MEDICALE ORIENTE

**DATE DE LA REEVALUATION :**

**NOM :**

**PRENOM(S) :**

**DATE DE NAISSANCE :**

**NUMERO DE TELEPHONE :**

**MOTIF DE CONSULTATION INITIAL À J-0 :**

.....

**ETIOLOGIE DE LA/DES LESION(S) BLANCHE(S) TRAITÉE(S) :**

Lésion(s) carieuse(s) initiale(s)

Fluorose

MIH

Traumatisme de la dent temporaire

Autre(s) : .....

**DENT(S) TRAITÉE(S) :** .....

**LOCALISATION DE LA/DE(S) LESION(S) BLANCHE(S) AVANT TRAITEMENT :**

.....

**HYGIENE DE VIE :**

**Hygiène alimentaire :**

Grignotage : OUI  NON

Si oui quel(s) aliment(s)/boisson(s) et fréquence : .....

Consommation d'aliment(s) ou boisson(s) coloré(s) (thé, café, vin) : .....

Consommation tabagique : .....

**Hygiène bucco-dentaire :**

Fréquence : .....

Matériel : .....

Méthode : .....

**SYMPTOMATOLOGIE DES DENTS TRAITEES : OUI / NON**

Si oui développer :

- Lien probable avec la mise en place de la résine : OUI  NON
- Caractère de la douleur : .....
- Localisation et irradiation : .....
- Intensité (EVA 0 - 10) : .....
- Mode d'apparition : .....
- Date d'apparition, événement déclencheur : .....
- Evolution dans le temps : Aggravation  Résolution  Identique
- Fréquence d'apparition : .....
- Facteur aggravant/provoquant/soulageant la douleur :
  - Froid
  - Chaud
  - Mastication
  - Position allongée
  - Autre(s) : .....
- Facteur(s) associé(s) : .....
- Douleur et sommeil : Inchangé  Affecté
- Impact sur la qualité de vie : OUI  NON
- Autre(s) douleur(s) corporelle(s) si présente(s) : .....
- Co-morbidité(s), stress ou dépression associée : .....
- Consultation, médication antalgique et leur succès/échec :  
.....  
.....  
.....  
.....

**EXAMEN CLINIQUE ORIENTÉ**

**ALTERATION(S) AMELO-DENTINAIRE(S) : OUI / NON (si oui compléter)**

- Lésion carieuse :** OUI  NON
- Si oui :
  - Stade de la lésion : .....
  - Localisation : .....
  - Symptomatologie : .....
  - Lien probable avec la pose de résine : OUI  NON

**Fêlure / fracture :**

Type :  
Localisation :  
Symptomatologie : .....  
Lien probable avec la pose de résine : OUI  NON

**VITALITE PULPAIRE :**

**Test au froid :**

Négatif  Positif  Exacerbé   
Dent(s) concernée(s) : .....

**Test électrique (si l'état médical le permet) :** Positif (Seuil = ....)  Négatif

**TESTS DE PERCUSSIONS :**

**Test percussion transversale :**

Positif  Négatif   
Dent(s) concernée(s) : .....

**Test percussion axiale :**

Positif  Négatif   
Dent(s) concernée(s) : .....

**EXAMEN ESTHETIQUE :**

**Examen de la couleur**

Teinte (teintier VITA) : A J-0 : ..... Au moment de l'examen : .....  
Altération(s) : OUI  NON  Précisions : .....  
Homogénéité : OUI  NON   
Si non, décrire : .....

**Etat de la jonction email/restauration :** .....

**Etat de surface :** Lisse  Rugueux  Crayeux  Autre : .....

**AUTRE(S) ELEMENT(S) EVENTUEL(S) À SIGNALER** (*Exemple : Réaction muqueuse/gingivale...*) :

**Préciser:**

.....  
.....

**SATISFACTION :**

**Satisfaction du patient :** OUI       NON

Si non developer : .....

Conseillerait-il son traitement a une connaissance ayant des lésions  
blanches et qui souhaite s'en débarrasser?    OUI       NON

**Satisfaction de l'évaluateur :** OUI       NON

Si non developer : .....

**FETTOUHI Mona**

**TITRE :** Taches blanches, utilisation et vieillissement de la résine Icon® : réévaluations de cas cliniques réalisés au CHRU de Brest

**RESUME :**

Le protocole d'érosion infiltration avec la résine Icon® permet de camoufler les tâches blanches disgracieuses de l'émail et/ou de stopper un processus carieux dans ses tous premiers stades. Ce protocole a été appliqué sur certains patients du service d'odontologie du CHRU de Brest.

Dans ce travail, après avoir rappelé l'origine optique de la tache blanche, ses étiologies et son protocole de traitement par érosion infiltration, nous nous intéressons au vieillissement de la résine Icon®. Ainsi nous avons réévalué des cas cliniques d'érosion infiltration avec un recul clinique allant de 1 à 3 ans. Le but est d'estimer la stabilité esthétique et le maintien en l'état de ce matériau encore récent.

**RUBRIQUE DE CLASSEMENT :** ODONTOLOGIE CONSERVATRICE

**MOTS CLES :**

Erosion infiltration, Résine Icon®, Protocole, Réévaluation, Vieillissement, Esthétique, Taches Blanches

**JURY :**

Président : Mr Le Professeur ARBAB CHIRANI Reza  
Directeur de thèse : Mme Le Docteur CHEVALIER Valérie  
Asseseurs : Mme Le Docteur VALLAEYS Karen  
Mr Le Docteur FOUILLEN Kevin-John

**ADRESSE DE L'AUTEUR :**