



HAL
open science

La mise en évidence de la plaque dentaire : données actuelles

Paul Kientz

► **To cite this version:**

Paul Kientz. La mise en évidence de la plaque dentaire : données actuelles. Sciences du Vivant [q-bio]. 2019. hal-03297992

HAL Id: hal-03297992

<https://hal.univ-lorraine.fr/hal-03297992>

Submitted on 23 Jul 2021

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.



AVERTISSEMENT

Ce document est le fruit d'un long travail approuvé par le jury de soutenance et mis à disposition de l'ensemble de la communauté universitaire élargie.

Il est soumis à la propriété intellectuelle de l'auteur. Ceci implique une obligation de citation et de référencement lors de l'utilisation de ce document.

D'autre part, toute contrefaçon, plagiat, reproduction illicite encourt une poursuite pénale.

Contact : ddoc-thesesexercice-contact@univ-lorraine.fr

LIENS

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 122. 4

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 335.2- L 335.10

http://www.cfcopies.com/V2/leg/leg_droi.php

<http://www.culture.gouv.fr/culture/infos-pratiques/droits/protection.htm>

ACADEMIE DE NANCY-METZ

UNIVERSITE DE LORRAINE

FACULTE DE CHIRURGIE DENTAIRE

ANNEE 2019

N°10595

THESE

Pour le

**DIPLOME D'ETAT DE DOCTEUR
EN CHIRURGIE DENTAIRE**

Par

Paul KIENTZ

Né le 15 juin 1988 à Laxou (Meurthe-et Moselle)

La mise en évidence de la plaque dentaire, données actuelles.

Présentée et soutenue publiquement le 31 janvier 2019

Examineurs de la thèse :

Monsieur P. AMBROSINI
Madame D. DESPREZ-DROZ
Monsieur D. JOSEPH
Madame F. MAYER-COUPIN

Professeur des Universités
Maître de Conférences des Universités
Maître de Conférences des Universités
Assistante Hospitalier Universitaire

Président
Juge
Juge
Juge

A mon grand-père Jean

« Par délibération en date du 11 décembre 1972, la Faculté de Chirurgie Dentaire a arrêté que les opinions émises dans les dissertations qui lui seront présentées doivent être considérées comme propre à leurs auteurs et qu'elle n'entend leur donner aucune approbation ni improbation »

Président : Professeur Pierre MUTZENHARDT

Doyen : Professeur Jean-Marc MARTRETTE

Vice-Doyens : Dr Céline CLEMENT – Dr Rémy BALTHAZARD – Dr Anne-Sophie VAILLANT

Membres Honoraires : Dr L. BABEL – Pr. S. DURIVAUX – Pr A. FONTAINE – Pr G. JACQUART – Pr D. ROZENCWEIG - Pr ARTIS - Pr M. VIVIER

Doyens Honoraires : Pr J. VADOT, Pr J.P. LOUIS

Professeur émérite : Pr M-P FILLEUL

Département Odontologie pédiatrique Sous-section 56-01	Mme <u>DROZ Dominique</u>	Maitre de Conférences *
	Mme JAGER Stéphanie	Maitre de Conférences *
	M. PREVOST Jacques	Maitre de Conférences
	Mme HERNANDEZ Magali	Maitre de Conférences *
	M. LEFAURE Quentin	Assistant
Département Orthopédie dento-faciale Sous-section 56-01	Mme DARSAT Claire	Assistante*
	M. EGLOFF Benoît	Maitre de Conférences *
	Mme GREGOIRE Johanne	Assistante
Département Prévention, épidémiologie, économie de la santé, odontologie légale Sous-section 56-02	Mme LAWTON Mathilde	Assistante
	Mme CLÉMENT Céline	Maitre de Conférences *
	M. BAUDET Alexandre	Assistant *
Département Parodontologie Sous-section 57-01	Mme NASREDDINE Greyce	Assistante
	M. AMBROSINI Pascal	Professeur des Universités *
	Mme BISSON Catherine	Maitre de Conférences *
	M. JOSEPH David	Maitre de Conférences *
	M. LACH Patrick	Assistant
	Mme MAYER-COUPIN Florence	Assistante
Département Chirurgie orale Sous-section 57-01	Mme PAOLI Nathalie	Enseignante univ. – Praticien attachée*
	Mme GUILLET-THIBAUT Julie	Maitre de Conférences *
	M. BRAVETTI Pierre	Maitre de Conférences
	Mme PHULPIN Bérangère	Maitre de Conférences *
	M. CLERC Sébastien	Assistant*
Département Biologie orale Sous-section 57-01	M. HASNAOUI Nasr	Assistant
	Mme KICHENBRAND Charlene	Enseignante univ. – Praticien attachée*
	M. YASUKAWA Kazuto	Maitre de Conférences *
Département Dentisterie restauratrice, endodontie Sous-section 58-01	M. MARTRETTE Jean-Marc	Professeur des Universités *
	Mme EGLOFF-JURAS Claire	Assistante*
	M. MORTIER Éric	Professeur des Universités *
	M. AMORY Christophe	Maitre de Conférences
	M. BALTHAZARD Rémy	Maitre de Conférences *
	M. ENGELS-DEUTSCH Marc	Maitre de Conférences
	M. VINCENT Marin	Maitre de Conférences*
	Mme GEBHARD Cécile	Assistante
M. GEVREY Alexis	Assistant	
Département Prothèses Sous-section 58-01	M. GIESS Renaud	Assistant *
	M. DE MARCH Pascal	Maitre de Conférences
	M. SCHOUVER Jacques	Maitre de Conférences
	Mme VAILLANT Anne-Sophie	Maitre de Conférences *
	Mme CORNE Pascale	Maitre de Conférences Associée *
	M. CIESLAK Steve	Assistant
	M. HIRTZ Pierre	Assistant *
	M. MAILLET Maxime	Assistant
	Mme MOEHREL Beïhsabée	Assistante
M. VUILLAUME Florian	Assistant	
Département Fonction-dysfonction, imagerie, biomatériaux Sous-section 58-01	Mme STRAZIELLE Catherine	Professeur des Universités *
	Mme MOBY (STUTZMANN) Vanessa	Maitre de Conférences *
	M. SALOMON Jean-Pierre	Maitre de Conférences

Souligné : responsable de département * temps plein

Mis à jour le 01/09/2018

**A notre Président,
Monsieur Pascal AMBROSINI**

Docteur en Chirurgie Dentaire
Docteur de l'Université Henri Poincaré, Nancy 1
Professeur des Universités-Praticien hospitalier
Responsable du département de Parodontologie

Vous nous faites l'honneur de présider ce jury.

Nous avons été amenés à travailler sous votre supervision dans le service de parodontologie au cours de nos longues années de clinique. Nous tenons à vous remercier pour l'attention que vous nous avez portée ainsi qu'à nos camarades aux cours de ces vacances.

Nous vous remercions pour vos encouragements tout au long de ces années qui n'ont pas toujours été faciles.

A notre Juge et co-directeur de Thèse
Monsieur David JOSEPH

Docteur en Chirurgie Dentaire
Maître de Conférences Universitaire-Praticien Hospitalier

Nous vous remercions d'avoir accepté de diriger cette thèse.

Vous avez su nous aiguiller dans la recherche de ce sujet malgré nos idées assez brouillonnes.

Nous avons aussi eu l'occasion de profiter de vos enseignements cliniques, de votre sincérité et de votre bonne humeur qui ont contribué à notre intérêt pour la parodontologie.

Nous vous remercions enfin pour votre soutien et vos encouragements pour l'écriture de cette thèse.

**A notre Juge et directrice de Thèse
Madame Florence MAYER-COUPIN**

Docteur en Chirurgie Dentaire
Assistant Hospitalier Universitaire

Nous vous remercions vivement pour votre direction de cette thèse.

Votre soutien et vos encouragements au terme de nos 18 mois d'absence nous ont permis de venir à bout de cette « montagne » infranchissable que la thèse semblait présenter à nos yeux.

Nous ne saurons jamais assez vous exprimer notre gratitude pour votre bienveillance à notre égard. Vous avez su nous redonner confiance dans un avenir qui nous paraissait encore bien sombre il y a trois mois.

Vous avez grandement contribué à la réussite de ce projet. Merci.

A notre Juge

Madame Dominique DESPREZ-DROZ

Docteur en Chirurgie Dentaire

Docteur de l'Université Henri Poincaré, Nancy 1

Maître de Conférences Universitaire-Praticien Hospitalier

Responsable du département d'Odontologie pédiatrique

Nous vous remercions d'avoir accepté d'être notre juge aujourd'hui.

Nous tenions à vous inclure dans ce jury car nous avons été sous votre supervision tout au long de nos années de clinicat et nous en avons grandement bénéficié.

Votre engagement au côté de vos patients et de leurs familles est un exemple pour nous et nous exprimons le souhait de réussir à maintenir ce niveau d'exigence envers nous-mêmes au cours de notre exercice professionnel.

A un moment de notre scolarité où notre estime personnelle était au plus bas vous vous êtes enquis de notre bien-être et avez témoigné de l'intérêt envers nous, chose nouvelle pour nous alors.

Au moment de choisir un quatrième membre de jury nous avons immédiatement pensé à vous. Merci d'être à nos côtés aujourd'hui.

Sommaire

Introduction.....	14
1. La plaque dentaire : quantification objective et subjective.....	15
1.1 Rôle de la plaque dentaire dans les pathologies bucco dentaires	15
1.2 Les différents indices de plaque dentaire	19
1.3 Les moyens à notre disposition pour mettre en évidence la plaque dentaire	28
2. Les révélateurs de plaque dentaire	31
2.1 Composition des révélateurs	31
2.2 Les différents modes de fonctionnement des révélateurs	32
2.3 Présentation des révélateurs de plaque disponible en France	34
2.4 Présentation du Tri Plaque ID [®] du laboratoire GC, révélateur tri teinte de plaque dentaire	36
3. Apport de l'imagerie numérique.....	39
3.1 Photographie en lumière naturelle (blanche).....	40
3.2 Utilisation de la lumière ultraviolette	45
3.3 L'analyse d'image pour la quantification de la plaque dentaire	52
3.4 Limites de l'imagerie	58
Conclusion.....	60
Bibliographie.....	61

Table des illustrations

Figure 1 : schéma des arcades dentaires maxillaire et mandibulaire indiquant en rouge les faces inspectées pour le calcul de l'IHB-S en l'absence d'édentements (source : université de Malmö, Suède)	20
Figure 2 : schéma présentant les différents scores de débris selon l'IHB-S (source : université de Malmö, Suède)	21
Figure 3 : schéma présentant les différents scores de plaque selon l'indice modifié de Quigley-Hein (source : université de Malmö, Suède)	25
Figure 4 : exemple de charte pour réaliser le SEP. Le bleu représente la proportion de faces présentant de la plaque (source : Darmon 2002)	27
Figure 5 : le passage de la sonde décolle les dépôts de plaque dentaire sur la surface de la dent (source : Dr Michel BLIQUE)	28
Figure 6 : l'application de révélateur de plaque permet de discriminer efficacement les surfaces couvertes de biofilm des surfaces indemnes (source : Jayanthi et al. 2015)	29
Figure 7 : a Cliché pris avec la caméra Soprocure® en mode Perio (lumière ultraviolette). La plaque apparaît en jaune et l'inflammation gingivale en rose foncé. b Même dent qu'en 3a mais prise avec le mode Daylight de la caméra Soprocure. c Photographie numérique de la même dent qu'en 3a, b (a,b,c source : (Rechmann et al. 2016)). d Cliché pris avec la caméra VistaCam® iX HD avec l'embout Proof en lumière ultraviolette et affichant en rouge les zones d'émail carié (flèche jaune). e Cliché pris avec la caméra VistaCam® iX HD en lumière infrarouge et montrant par transillumination les zones proximales d'émail carié (flèche bleu) (d,e source : laboratoire Dürr Dental).	30
Figure 8 : exemple de révélateur de plaque dentaire fluorescent vu en lumière ultraviolette. Le produit utilisé sur cette photographie est le Plaque Test Indicator® (source : laboratoire Ivoclar Vivadent)	34

Figure 9 : Schéma expliquant le principe de fonctionnement du gel Tri Plaque ID[®] du laboratoire GC. **a** seules les molécules de colorant rouge sont conservées après rinçage. **b** la structure plus dense de la plaque mature permet de conserver les molécules des colorants rouge et bleu. **c** les bactéries cariogènes ont consommé le saccharose du gel et conduit à la baisse du pH du gel. Le colorant rouge perd sa couleur, seul le colorant bleu reste visible (**a,b,c** source : Blique et Grosse 2013)... 38

Figure 10 : utilisation du gel Tri Plaque ID[®] du laboratoire GC. **a** coloration rouge/rose, plaque jeune (<48 heures) ; **b** coloration violette/bleue, plaque mature (>48 heures) ; **c** coloration bleu clair, plaque acidogène (source : laboratoire GC).. 38

Figure 11 : Cliché montrant l'intérêt de l'association de la photographie avec l'usage d'un révélateur pour visualiser la plaque dentaire. **a** le révélateur utilisé est l'érythrosine. **b** le révélateur utilisé est le Plaque Finder, une solution bi teinte. (source : Pretty et al. 2005). 41

Figure 12 : exemple d'appareil reflex pour une utilisation en odontologie (source : Aliexpress.com) 43

Figure 13 : Exemple de matériel utilisé pour la photographie intra-orale. **a** écarteur, **b** contrasteur en aluminium anodisé, **c** miroir pour prise de cliché palatin ou mandibulaire (source : a, b et c laboratoire Prodont Holliger) 44

Figure 14 : Exemple de photographie avec utilisation de révélateur de plaque. Une mire de couleur est placée sur le cliché au moment de la prise de vue (source : Kasai et al. 2016)..... 44

Figure 15 : situation du spectre visible pour l'œil humain dans le spectre électromagnétique (source : Wikipédia) 46

Figure 16 : courbes présentant l'intensité de la fluorescence moyenne en fonction de la longueur d'onde (exprimée en nanomètres) pour quatre groupes d'individus classés selon leur indice de plaque (indice de Silness et Løe). **b** représente les mêmes données que la courbe **a** après atténuation du pic d'autofluorescence de la dent autour de 510 nm..... 49

Figure 17 : image capturée avec la caméra VistaCam iX HD équipée de la tête Proof. Le code couleur de l'image permet de différencier les zones présentant des lésions carieuses et/ou de la plaque dentaire (source : laboratoire Dürr Dental).....	50
Figure 18 : Utilisation du mode Perio sur la caméra SoproCare pour déterminer l'indice de plaque du patient. L'indice de référence est l'indice de plaque de Quigle	51
Figure 19 : Utilisation du mode Perio sur la caméra SoproCare pour déterminer l'état d'inflammation de la gencive. L'indice de référence est l'indice d'inflammation gingivale de Silness et Løe (source : laboratoire Actéon).....	52
Figure 20 : description du processus de comptabilisation des pixels pour la quantification planimétrique de la plaque dentaire (source : Rosa et Elizondo 2015).	53
Figure 21 : méthode pour placer de façon reproductible l'appareil photographique pour la prise de vue intra-orale (source : Rosa et Elizondo 2015).....	54
Figure 22 : appareil pour la contention de la tête du patient lors de la prise de vue intra-orale (source : Reyes Silveyra 2011).....	54
Figure 23 : analyse tridimensionnelle d'une dent au moyen d'un laser pour l'évaluation de la quantité de plaque avant et après brossage. a image 3D avant brossage (à gauche) et après brossage (à droite). b représentation en couleurs de la différence d'élévation après brossage correspondant à la quantité de plaque retirée (source : Pretty et al. 2005).	56
Figure 24 : quantification de la plaque par fluorescence (QLF). a et b représentent les vues intra-orales. La fluorescence rouge/orange correspond à la plaque dentaire, la fluorescence verte correspond à la dent sans plaque. c , d , e et f présentent les différents calques obtenus avec des seuils de sélection différents (source : Pretty et al. 2005).....	57

Liste des tableaux

Tableau 1 : prévalence de la carie dentaire au sein de la population française (source : HAS 2010)	17
Tableau 2 : critères de notation des débris selon l'IHB-S (source : Greene et Vermillion 1964).....	21
Tableau 3 : critères de notation des dépôts de tartre selon l'IHB-S (source : Greene et Vermillion 1964).....	22
Tableau 4 : critères de notation pour l'indice de plaque selon Silness et Løe (source : Silness et Løe 1964; Løe 1967).....	23
Tableau 5 : critères de notation des zones rétentes selon l'IR (source : INSERM 1999)	24
Tableau 6 : critères de notation des dépôts de tartre selon l'IR (source : INSERM 1999)	24
Tableau 7 : critères de notation pour l'indice de Quigley-Hein modifié (source : Université de Malmö, Suède)	25
Tableau 8 : présentation des solutions de révélation de la plaque dentaire au cours du temps et les auteurs à l'origine de leur utilisation (source : Datta 2017).....	31
Tableau 9 : présentation des différentes spécialités de révélateur de plaque disponibles sur le marché français	34
Tableau 10 : Composition du gel Tri Plaque ID® (Laboratoire GC 2015).....	36

Introduction

Devant la forte prévalence des maladies bucco dentaires (80% des adultes présentent une gingivite, 33 à 50% présentent une carie (HAS et al. 2010; Tonetti et al. 2015) et leur impact négatif au niveau local, loco régional, systémique ou sur la qualité de vie du patient, leur prévention doit être au cœur de notre exercice, toutes disciplines de l'odontologie confondues. L'enseignement à l'hygiène orale est une des missions fondamentale du chirurgien dentiste.

Facteur étiologique principal de ces maladies, la plaque dentaire est cependant difficilement visible à l'œil nu notamment en faible quantités ce qui complique son retrait par le patient et le praticien.

Le but de ce travail est de dresser au travers d'une revue de la littérature un panorama des techniques à notre disposition pour visualiser cette plaque et ainsi offrir à l'omnipraticien des éléments pour améliorer le contrôle de plaque de ses patients.

Nous consacrerons la première partie de cette thèse aux moyens de mesurer la plaque dentaire. Après quelques rappels, la présentation de différents indices épidémiologiques et cliniques, nous présenterons un récapitulatif des techniques de mise en évidence de la plaque.

Dans un second temps nous nous intéresserons plus spécifiquement aux révélateurs de plaque dentaire. Le révélateur Tri Plaque ID[®] du laboratoire GC, dernière évolution majeure dans ce domaine, sera présenté.

Enfin la troisième partie sera centrée sur l'imagerie numérique et l'usage de la photographie dans la mise en évidence de la plaque dentaire.

1. La plaque dentaire : quantification objective et subjective

1.1 Rôle de la plaque dentaire dans les pathologies bucco dentaires

La plaque dentaire est le facteur étiologique majeur des maladies bucco-dentaires (Loe et al. 1965; Walsh 2006; Tonetti et al. 2015; Sanz et al. 2017).

Un enseignement à l'hygiène bucco dentaire (technique de brossage efficace, nettoyage interdentaire) et la mise en œuvre de technique de prévention permet de réduire efficacement l'incidence des caries et des maladies parodontales chez nos patients (Axelsson et Lindhe 1981).

Dès lors la mise en évidence de la plaque dentaire intéresse l'ensemble des disciplines odontologiques et n'est pas seulement réservée à une pratique spécialisée (parodontologie exclusive) ou à la recherche scientifique.

1.1.1 Définition

La plaque dentaire est un dépôt situé à la surface de la dent, constitué d'éléments bactériens, cellulaires et salivaires et de résidus alimentaires (Garnier et Delamare 2017). C'est un biofilm c'est-à-dire un agrégat de bactéries et de leurs sécrétions adhérent à la surface de la dent ou de restaurations dans la cavité buccale.

1.1.2 Formation

Dès l'accouchement la cavité orale du bébé est colonisée par des micro-organismes. Plus tard lorsque les premières dents feront leur éruption, elles seront à leur tour colonisées. La plaque dentaire constitue un écosystème extrêmement complexe et très variable selon son épaisseur, son âge, sa localisation dans la cavité buccale ou encore les habitudes alimentaires et d'hygiène bucco-dentaire du patient (Rosan et Lamont 2000).

- Formation de la pellicule exogène acquise (PEA). Les bactéries ne peuvent pas adhérer directement à l'hydroxyapatite de l'émail dentaire. Elles ont besoin d'un intermédiaire sous la forme de la PEA qui va servir de substrat. Elle forme un revêtement insoluble et très résistant en seulement quelques minutes.
- Colonisation initiale par des bactéries pionnières qui vont se fixer à la PEA. Il s'agit majoritairement de streptocoques. La plaque se développe si aucun contrôle de plaque n'est réalisé.
- Maturation de la plaque. Apparition d'espèces bactériennes anaérobies Gram- et migration de ces espèces en sous gingival (Chetrus et Ion 2013).

1.1.3 Gingivites

Il s'agit d'une inflammation réversible du tissu gingival. Il existe une corrélation directe entre l'accumulation de plaque dentaire et la gingivite bien qu'une petite quantité de plaque soit compatible avec un parodonte sain. L'élimination de la plaque dentaire permet de faire disparaître les symptômes (INSERM 1999).

L'arrêt du contrôle de plaque entraîne une gingivite, sa reprise permet de revenir à un état parodontal sain (Loe et al. 1965).

1.1.4 Parodontites

La parodontite est une maladie infectieuse provoquant une réaction inflammatoire des défenses immunitaires de l'hôte conduisant à la destruction irréversible des tissus de soutien de la dent (os alvéolaire, cément, ligament alvéolo-dentaire, attache épithéliale, gencive). Elle succède généralement à une gingivite (réversible) mais toutes les gingivites ne se transforment pas en parodontites (Agence Nationale d'Acréditation et d'Evaluation en Santé 2002).

La plaque dentaire est le facteur étiologique principal des parodontites.

Néanmoins il existe de nombreux facteurs de risque expliquant une réponse différente des tissus parodontaux entre individus pour un niveau d'hygiène bucco dentaire similaire.

Parmi ces facteurs de risque on retrouve : le tabagisme, l'alcoolisme, certaines maladies systémiques telles que le diabète et l'infection au VIH, des facteurs d'irritation locaux (présences de caries non traitées, effets iatrogènes de

restaurations ou traitements dentaires), les perturbations hormonales (grossesse, ménopause, contraception orale).

1.1.5 Caries dentaires

« *La carie est due à la production locale d'acides organiques par les bactéries cariogènes de la plaque dentaire lorsque ces dernières sont en contact avec des sucres fermentescibles.* » (HAS et al. 2010)

L'acidité provoquée par ces bactéries va être à l'origine d'une déminéralisation des tissus durs de la dent (émail et dentine).

Des processus de reminéralisation existent à l'état naturel permettant de contrebalancer une acidification transitoire de la cavité buccale au cours des repas quotidiens. Le processus carieux est donc réversible tant qu'il se limite à l'émail. La perte de cet équilibre en faveur de la déminéralisation peut provoquer à terme une destruction irréversible des tissus durs de la dent.

Tableau 1 : prévalence de la carie dentaire au sein de la population française (source : HAS 2010)

Population étudiée	Prévalence de la carie dentaire
Enfants < 6 ans	20-30 %
Enfants de 6 à 12 ans	30-50% (6 ans) ; 45-55% (12 ans)
Adolescents	50-80%
Adultes	33-50%
Personnes âgées	30-40%

Le processus carieux concerne tous les individus avec des dents. Il est la résultante de 4 facteurs représentés dans le schéma de Keyes modifié:

- le régime alimentaire : un régime hautement sucré ou acide, des aliments collants
- l'hôte : ses défenses immunitaires, la présence de facteurs de risques individuels, les spécificités anatomiques individuelles, des maladies systémiques
- la plaque dentaire : la présence ou non d'espèces bactériennes fortement acidogènes (*Streptococcus mutans*, *Lactobacillus*, *Actinomyces*)
- le temps ou bien la fréquence d'ingestion de sucres fermentescibles. Plus cette fréquence augmente et plus l'acidité buccale est forte et se prolonge en faveur de la déminéralisation.

Le contrôle de plaque dentaire est donc une étape indispensable pour le traitement des caries car l'absence d'hygiène bucco-dentaire conduira inévitablement à une récurrence de la maladie (HAS et al. 2010).

1.1.6 Halitose

L'halitose est définie comme le symptôme de mauvaise haleine (Garnier et coll. 2017).

L'halitose est fréquente et affecte des personnes de tous âges (Porter et Scully 2006).

Une mauvaise hygiène bucco-dentaire est la cause la plus fréquente. L'accumulation de débris alimentaires et leur dégradation par la plaque dentaire permet la prolifération de nombreuses espèces bactériennes dont le métabolisme va produire des produits soufrés, des diamines (putrescine, cadavérine) et des chaînes courtes d'acides gras à l'origine de la mauvaise odeur perçue. Parmi les bactéries fréquemment rencontrées chez les patients atteints d'halitose on retrouve *Porphyromonas gingivalis* et *Prevotella intermedia* des bactéries également impliquées dans les maladies parodontales (Porter et Scully 2006).

L'halitose n'est pas forcément associée à la présence d'une maladie parodontale. Il existe de nombreux facteurs systémiques (troubles digestifs, diabète, sinusite,...), médicamenteux (alcool, tabac notamment) et alimentaires (consommation d'alliacées, d'épices,...) pouvant l'expliquer à eux seuls.

Bien que subjective la perception d'une mauvaise odeur buccale peut-être inquiétante pour le patient et devenir un motif de consultation chez son chirurgien dentiste. Le rappel des règles d'hygiène bucco-dentaire et de contrôle de plaque sera indispensable (Porter et Scully 2006).

1.2 Les différents indices de plaque dentaire

Les indices présentés ici ont été spécifiquement développés pour évaluer la plaque dentaire chez les patients. Ils permettent le suivi au cours des séances des progrès en brossage du patient de façon objective et reproductibles car réalisés selon des protocoles précis. Ils ne représentent pas l'impact de la plaque sur l'état parodontal ou dentaire des patients. Il existe d'autres indices pour cela mais ils ont été volontairement écartés pour se concentrer sur la plaque dentaire. S'agissant du facteur étiologique majeur des maladies bucco-dentaires son évaluation et sa quantification est indispensable lors des consultations au cabinet pour mettre en place des techniques de prévention adaptées, suivre l'évolution des traitements, assurer une pérennité des travaux réalisés et prévenir la rechute.

La quantification précise de la plaque peut être longue et sera réservée au domaine de la recherche scientifique ou à la pratique spécialisée. Des indices épidémiologiques sont utiles pour quantifier précisément et objectivement la plaque dentaire chez un individu ou au sein d'une population.

Pour un omnipraticien l'utilisation d'indices cliniques dichotomiques (présence/absence de plaque) sera intéressante car plus simples et rapides à réaliser tout en restant suffisamment représentatifs de l'hygiène buccale de son patient. Dans le cadre d'une consultation de parodontologie l'évaluation de la plaque pourra être facilement intégrée à la séance lors du sondage parodontal sans perte de temps excessive.

1.2.1 Indice simplifié d'hygiène bucco dentaire (IHB-S)

Mis au point initialement par Greene et Vermillion en 1960, l'indice d'hygiène bucco dentaire a été simplifié par ses auteurs en 1964 afin de pouvoir être réalisé plus rapidement au fauteuil. Il se base sur l'examen de 6 surfaces dentaires contre 12 pour la version précédente. Pour chaque surface dentaire sélectionnée pour le calcul de l'indice le praticien donnera un score pour les débris et un score pour le tartre.

L'IHB-S du patient est ensuite calculé en additionnant ces deux scores (Greene et Vermillion 1964).

- Sélection des 6 surfaces dentaires
 - ❖ 4 dents postérieures : une dans chaque quadrant (01, 02, 03 ou 04). Il s'agit de la première dent complètement sur arcade en distal de la 2^e prémolaire. Ce sera en général 16, 26, 36 ou 46 mais en fonction des édentements on peut être amené à sélectionner une 2^e ou une 3^e molaire. On examinera les faces vestibulaires à l'arcade maxillaire et les faces linguales à l'arcade mandibulaire (figure 1)
 - ❖ 2 dents antérieures : on examinera les faces vestibulaires de 11 et 31. En l'absence de celles-ci on choisira respectivement 21 et 41 (figure 1)

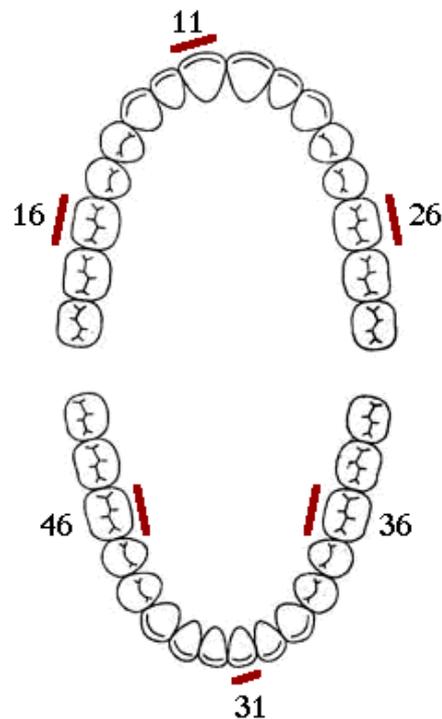


Figure 1 : schéma des arcades dentaires maxillaire et mandibulaire indiquant en rouge les faces inspectées pour le calcul de l'IHB-S en l'absence d'édentements (source : université de Malmö, Suède)

- Examen clinique des faces sélectionnées et recueil des scores

- ❖ Score de débris

Tableau 2 : critères de notation des débris selon l'IHB-S (source : Greene et Vermillion 1964)

Score	Critères
0	Aucun débris ou coloration
1	Débris mous < 1/3 de la surface OU Colorations extrinsèques sans débris mous
2	Débris mous < 2/3 de la surface
3	Débris mous > 2/3 de la surface

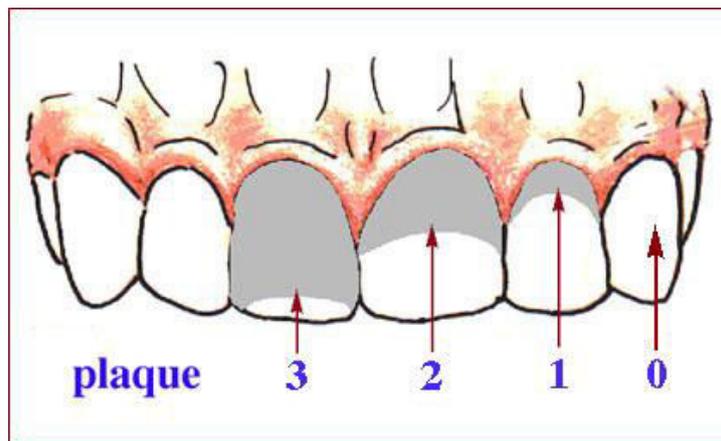


Figure 2 : schéma présentant les différents scores de débris selon l'IHB-S (source : université de Malmö, Suède)

Le score de débris est obtenu en faisant la moyenne des scores de débris pour toutes les faces examinées.

$$\text{Score de débris} = \frac{\text{somme des scores de débris pour toutes les faces}}{\text{nombre de faces examinées}}$$

❖ Score de tartre

Tableau 3 : critères de notation des dépôts de tartre selon l'IHB-S (source : Greene et Vermillion 1964)

Score	Critères
0	Absence de tartre
1	Tartre supra gingival < 1/3 de la surface
2	Tartre supra gingival > 1/3 et < 2/3 de la surface OU Présence de tartre sous gingival en petite quantité
3	Tartre supra gingival > 2/3 de la surface OU Tartre sous gingival en bande continue le long du collet

Le score de tartre est obtenu en faisant la moyenne des scores de tartre pour toutes les faces examinées

$$\text{Score de tartre} = \frac{\text{somme des scores de tartre pour toutes les faces}}{\text{nombre de faces examinées}}$$

- Calcul de l'indice simplifié d'hygiène bucco dentaire

L'indice est calculé en faisant la somme des scores de débris et de tartre

$$\text{IHB-S} = \text{score de débris} + \text{score de tartre}$$

1.2.2 Indice de plaque (IP)

Cet indice a été développé par Silness et Løe en 1964 afin d'évaluer l'épaisseur de la plaque et son étendue sur les surfaces dentaires. Selon le temps disponible pour réaliser les mesures, il peut se baser sur l'examen des 6 dents suivantes : 16, 12, 24, 36, 32 et 44 ou sur l'examen de l'ensemble des dents présentes en bouche. Les dents doivent être séchées avec un souffle d'air avant l'examen. Aucune coloration de la plaque n'est nécessaire au préalable.

Chaque dent est divisée en 4 faces : vestibulaire, linguale, mésiale et distale. Chaque face est examinée à l'aide d'une sonde et notée selon les critères du Tableau 4.

Tableau 4 : critères de notation pour l'indice de plaque selon Silness et Løe (source : Silness et Løe 1964; Løe 1967)

Score	Critères
0	Absence de plaque
1	Plaque fine adhérant à la gencive libre. L'application de révélateur de plaque ou l'utilisation d'une sonde peut-être nécessaire pour la visualiser
2	Accumulation modérée de plaque dans le sulcus ou sur la dent et pouvant être vue à l'œil nu
3	Abondance de plaque dans le sulcus et/ou sur la dent et la gencive libre

L'indice de plaque est obtenu en calculant la moyenne de toutes ces mesures.

$$IP = \frac{\text{Somme des scores de toutes les faces examinées}}{\text{nombre de faces examinées}}$$

1.2.3 Indice de rétention (IR)

Créé par Bjorby et Løe en 1967, cet indice permet d'évaluer la rétention de plaque par des obturations ou couronnes iatrogènes, des lésions carieuses ou des dépôts de tartre (Løe 1967; INSERM 1999)

Il est basé sur l'étude de deux composantes pouvant être utilisées conjointement ou séparément :

- l'évaluation des zones rétentes

Tableau 5 : critères de notation des zones rétentes selon l'IR (source : INSERM 1999)

Score	Critères
1	Lésion carieuse non soignée ou limite cervicale de restauration défectueuse située au 1/3 cervical de la dent si absence de contact avec la gencive
2	Idem score 1 mais limite entre en contact avec la gencive
3	Idem score 1 mais limite sous gingivale de 1 mm ou plus

- l'évaluation des dépôts de tartre

Le tartre est un facteur d'irritation gingivale car il contient de nombreuses bactéries tout en étant plus difficile à éliminer que la plaque dentaire.

Tableau 6 : critères de notation des dépôts de tartre selon l'IR (source : INSERM 1999)

Score	Critères
1	Présence de tartre supra gingival
2	Présence de tartre sous gingival
3	Dépôt abondant de tartre

1.2.4 Indice de Quigley-Hein modifié par Turesky et coll.

Il s'agit d'un indice épidémiologique conçu en 1962 par Quigley et Hein. Ses critères de notation ont été modifiés en 1970 par Turesky, Gilmore et Glickman. Les faces vestibulaires et linguales de toutes les dents non restaurées à l'exception des 3^e molaires sont examinées et notées en fonction du tableau ci-dessous :

Tableau 7 : critères de notation pour l'indice de Quigley-Hein modifié (source : Université de Malmö, Suède)

Score	Critères
0	Absence de plaque
1	Bordure discontinue de plaque le long de la limite cervicale
2	Ligne continue (jusqu'à 1mm) de plaque le long de la limite cervicale
3	Largeur de plaque > 1mm mais < 1/3 de la couronne de la dent
4	Largeur de plaque > 1/3 mais < 2/3 de la couronne de la dent
5	La plaque couvre plus des 2/3 de la couronne de la dent

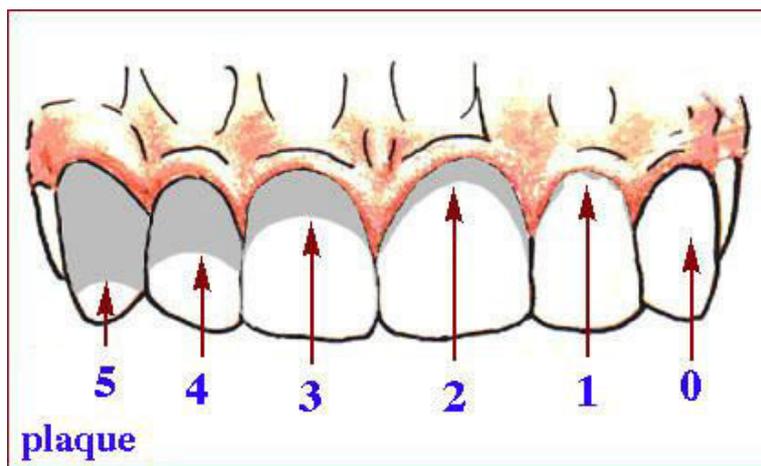


Figure 3 : schéma présentant les différents scores de plaque selon l'indice modifié de Quigley-Hein (source : université de Malmö, Suède)

L'indice est calculé en faisant la moyenne des scores pour l'ensemble des faces examinées :

$$\text{Indice} = \frac{\text{Somme des scores de toutes les faces examinées}}{\text{Nombre de faces examinées}}$$

1.2.5 Indice de plaque de O'Leary ou Plaque Control Record

Cet indice épidémiologique mis au point en 1972 permet d'évaluer le contrôle de plaque du patient. Le praticien note la présence ou l'absence de plaque supra gingivale sur les faces vestibulaires, mésiales, distales et linguales de toutes les dents après avoir utilisé un révélateur.

L'indice est exprimé en pourcentage comme la proportion de faces présentant de la plaque sur l'ensemble des faces examinées (1998)

$$\text{Plaque Control Record} = \frac{\text{Nombre de faces présentant de la plaque}}{\text{Nombre total de faces examinées}} \times 100$$

1.2.6 PASS ou Plaque Assessment Scoring System

Cette méthode d'évaluation ne cherche pas à quantifier précisément la plaque dentaire par un système de score. Son but est de permettre au praticien de dresser rapidement un état du contrôle de plaque chez son patient. D'après les auteurs, le protocole ne prend pas plus de deux minutes contre 7 minutes pour réaliser l'indice de O'Leary (Butler et al. 1996).

Le chirurgien dentiste réalisant le PASS sélectionne 5 dents : 4 premières molaires (ou leurs voisines distales si elles sont absentes) et une incisive maxillaire (ou mandibulaire si aucune incisive maxillaire n'est présente).

Chaque dent sélectionnée est divisée en quatre faces : vestibulaire, lingual, mésiale et distale.

A l'aide d'une sonde parodontale l'examineur balaie chacune de ces zones en pénétrant d'un millimètre dans le sulcus. Si de la plaque est visible sur la sonde alors la face considérée est comptée comme positive et comme négative dans le cas contraire.

Enfin le calcul du PASS est fait en calculant le pourcentage de faces positives sur l'ensemble des faces examinées (5 dents avec 4 faces font 20 faces au total).

$$\text{PASS} = \frac{\text{Nombre de faces positives}}{\text{Nombre total de faces examinées}} \times 100$$

Au terme de leur étude les auteurs ont constaté une forte corrélation statistique entre le PASS et l'indice de O'Leary permettant de recommander la méthode PASS comme technique fiable d'évaluation du contrôle de plaque (Butler et al. 1996).

1.2.7 Le système d'Evaluation de Plaque (SEP)

Darmon et Schleicher ont développé un index très proche sur la méthode mais différent sur la façon de l'interpréter du PASS. Les auteurs estiment que la plupart des indices expriment au patient une image négative de leur hygiène bucco dentaire et diminuent sa motivation. Aussi plutôt que de parler en pourcentages (forme de notation de la bouche) les auteurs préfèrent avoir recours à une charte dans laquelle les faces positives sont coloriées en bleu et les faces négatives en jaune. Là aussi le choix des couleurs n'est pas anodin puisqu'il ne correspond pas au traditionnel noir/blanc ou rouge/vert associé à l'échec/réussite (Darmon 2002).

Le protocole reste identique au PASS.

Système d'évaluation de plaque : le SEP

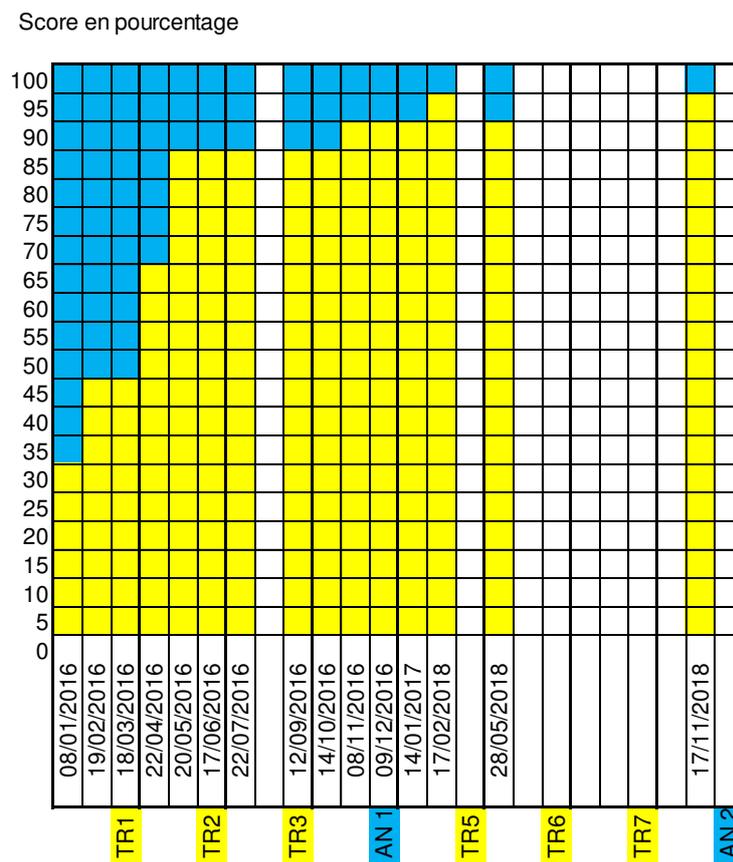


Figure 4 : exemple de charte pour réaliser le SEP. Le bleu représente la proportion de faces présentant de la plaque (source : Darmon 2002)

1.3 Les moyens à notre disposition pour mettre en évidence la plaque dentaire

1.3.1 La sonde

Lors de l'examen clinique, le passage d'une sonde d'examen tangentiellement à la surface dentaire permet de récolter les dépôts de plaque dentaire. Leur accumulation plus ou moins importante à l'extrémité de la sonde permet d'évaluer de façon assez précise la quantité de plaque présente (Figure 5) (Lim et al. 1986).

Il existe des sondes pour plaque dentaire dont l'extrémité noire contraste davantage avec la plaque (Lim et al. 1986).

Cette technique semble être préférable lorsque les quantités de plaque sont modérées ou abondantes (Lim et al. 1986).

Il s'agit d'un moyen rapide et toujours disponible pour le praticien sans aucune préparation préalable. Il permet de montrer rapidement au patient les zones où le contrôle de plaque doit être renforcé.

Il peut également révéler un saignement lors du passage de la sonde qui est un signe clinique d'inflammation gingivale (Agence Nationale d'Acréditation et d'Evaluation en Santé 2002). Le saignement gingival est un motif de consultation fréquent des patients et permet donc de les motiver au brossage grâce à un signe concret de l'inflammation gingivale.

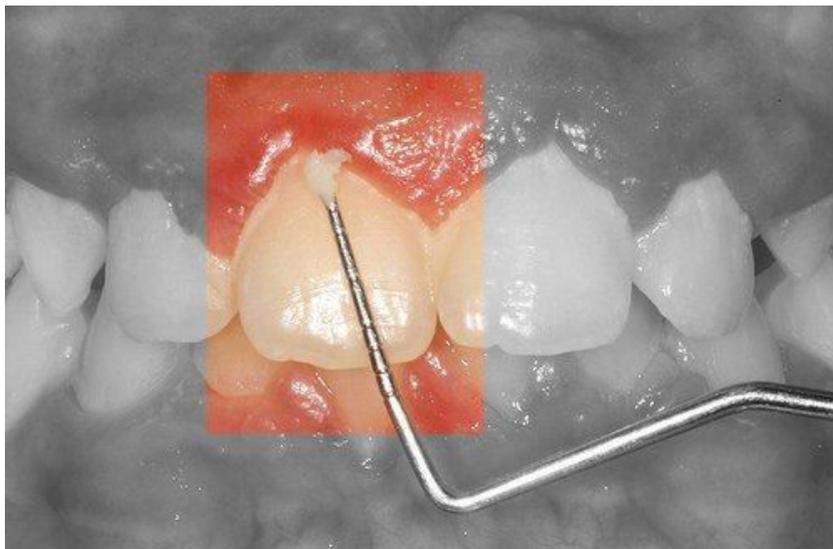


Figure 5 : le passage de la sonde décolle les dépôts de plaque dentaire sur la surface de la dent (source : Dr Michel BLIQUE)

1.3.2 Les révélateurs de plaque dentaire

Le révélateur est un colorant se fixant sélectivement à la plaque dentaire. Par contraste avec les surfaces dentaires blanches il permet ainsi de visualiser la plaque et donc de faciliter sa quantification et son élimination par le praticien et le patient (Figure 6).



Figure 6 : l'application de révélateur de plaque permet de discriminer efficacement les surfaces couvertes de biofilm des surfaces indemnes (source : Jayanthi et al. 2015)

1.3.3 Les caméras intra-buccales

Les caméras intra-buccales sont un outil innovant pour le praticien tant pour le diagnostic que pour l'éducation thérapeutique du patient et son implication dans le contrôle de plaque.

Les caméras présentes sur le marché peuvent être divisées en deux catégories : les caméras visuelles et les caméras thérapeutiques (Jung 2015).

Les premières permettent, grâce à leur objectif, de réaliser des clichés à divers niveaux de grossissement (du portrait jusqu'au cliché intra-oral pour certaines). Les secondes utilisent en plus un éclairage spécifiquement étudié (ultraviolet, infrarouge) et une analyse logicielle pour fournir au praticien des informations complémentaires comme la détection des lésions carieuses ou les dépôts de biofilm (Figure 7).

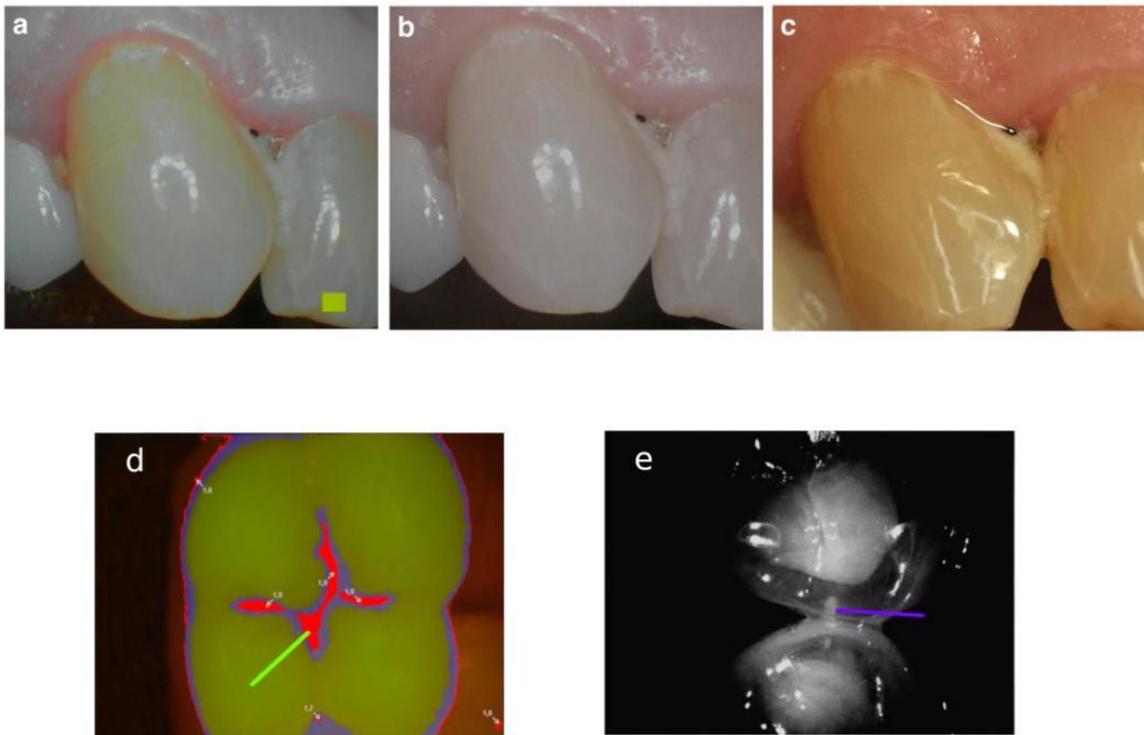


Figure 7 : **a** Cliché pris avec la caméra Soprocure® en mode Perio (lumière ultraviolette). La plaque apparaît en jaune et l'inflammation gingivale en rose foncé. **b** Même dent qu'en 3a mais prise avec le mode Daylight de la caméra Soprocure. **c** Photographie numérique de la même dent qu'en **3a, b** (**a,b,c** source : (Rechmann et al. 2016)). **d** Cliché pris avec la caméra VistaCam® iX HD avec l'embout Proof en lumière ultraviolette et affichant en rouge les zones d'émail carié (flèche jaune). **e** Cliché pris avec la caméra VistaCam® iX HD en lumière infrarouge et montrant par transillumination les zones proximales d'émail carié (flèche bleu) (**d,e** source : laboratoire Dürr Dental).

2. Les révélateurs de plaque dentaire

Les révélateurs de plaque dentaire sont des solutions utilisées pour colorer spécifiquement la plaque dentaire, la différenciant ainsi des surfaces dentaires exemptes de plaque car non colorées, et permettant ainsi son élimination ciblée.

Certains d'entre eux sont en vente libre en pharmacie tandis que d'autres sont réservés à un usage professionnel.

Leur utilisation est un bon moyen de motivation des patients (Axelsson et Lindhe 1981; Trouilleau épouse Joly et Rouvre 2008; Blique et Grosse 2013b; Chouchaisithi et al. 2014; Peng et al. 2014; Nagashima et al. 2018).

2.1 Composition des révélateurs

De nombreuses solutions ont été utilisées par le passé pour colorer la plaque dentaire.

Tableau 8 : présentation des solutions de révélation de la plaque dentaire au cours du temps et les auteurs à l'origine de leur utilisation (source : Datta 2017)

Scientifiques	Année de publication	Solution utilisée
Skinner	1914	Teinture d'iode (1 ^{re} utilisation de révélateur)
Berwick	1920	Association de Vert Brillant et de Violet de gentiane
Easlick	1935	Brun Bismarck
Raybin	1943	Violet de gentiane
Amim	1963	Erythrosine
Lang et coll.	1972	Plaklite [®] (révélateur fluorescent à base de fluorescéine)
Block et coll.	1972	Révélateur 2 teintes

On relève également dans la littérature l'utilisation de Mercurochrome[®] (Merbromine) ou de bleu de méthylène comme colorants de plaque dentaire.

Par la suite l'association de plusieurs colorants au sein d'une même formule a permis la mise au point de révélateurs bi voire tri teintes.

Certaines formules commerciales contiennent de l'éthanol sujet à évaporation. Ces produits doivent être correctement refermés après usage et la date d'expiration doit être respectée pour éviter l'utilisation d'un produit trop concentré qui risquerait de fausser les résultats (Skaggs et al. 1991; Datta 2017).

2.2 Les différents modes de fonctionnement des révélateurs

De façon générale les révélateurs de plaque dentaire fonctionnent en colorant spécifiquement la plaque avec une couleur contrastant avec les surfaces blanches des dents (Datta 2017). Cela permet à l'examineur de visualiser clairement la plaque qui est normalement translucide et donc difficilement détectable à l'œil nu surtout lorsqu'elle est présente en petite quantité.

2.2.1 Les différentes formes galéniques

On peut retrouver les révélateurs sous différentes formes commerciales :

- solutions pour application directe (gel, liquide). Le praticien dépose une petite dose du produit dans le plateau d'examen avant d'utiliser un applicateur à usage unique pour couvrir l'ensemble des surfaces dentaires. Il est important de sécher les dents avant afin d'éliminer les excès de salive. Le produit est rincé avant examen
- bain de bouche : le colorant est versé dans un gobelet et dilué selon les recommandations du fabricant. Le patient se rince ensuite la bouche avec la solution.
- Gouttes : quelques gouttes de colorant sont placées sous la langue avant d'être étalées sur toutes les surfaces dentaires. Le patient rince ensuite avant examen.
- Comprimés ou gommes à mâcher : le patient mâche le produit et s'assure de bien couvrir l'ensemble de la bouche pour une révélation homogène. Il peut ensuite cracher et rincer avant examen

2.2.2 Les révélateurs mono-teinte

Il s'agit des plus anciens révélateurs utilisés car il existe de nombreuses substances capables de se lier à la plaque dentaire. La liaison du colorant et de la plaque se fait grâce à une différence de polarité et l'établissement de liaisons électrostatiques avec

les protéines de la plaque et des liaisons hydrogènes avec les polysaccharides de la plaque (Chetrus et Ion 2013).

Ils colorent donc la plaque d'une seule teinte (rouge ou bleu). Certains colorants ne sont plus utilisés à l'heure actuelle en raison de leur toxicité comme la teinture d'iode ou le brun Bismarck.

2.2.3 Les révélateurs bi-teintes

Le fonctionnement des révélateurs bi-teintes est basé sur l'association de deux colorants, un rouge et un bleu :

- Le Bleu brillant : FD & C Blue n°1 selon la norme américaine de la Food and Drug Administration (FDA) ou E133 selon la classification européenne des additifs alimentaires
- l'Erythrosine : FD & C Red n°3 selon la FDA ou E127 selon la classification européenne des additifs alimentaires. Elle a la particularité de colorer également la PEA ainsi que les muqueuses ce qui la rend très difficile à nettoyer (taches dans le crachoir, sur le matériel et les vêtements).
- le FD & C Red n°28 (rouge).

Les révélateurs bi-teintes changent de couleur et indiquent l'âge de la plaque : la plaque récente est rouge, la plaque ancienne violet/bleu. Plus la plaque est ancienne et plus la teinte bleue est soutenue.

Gallagher et coll. ont montré en 1977 que le mécanisme d'action des révélateurs bi-teintes n'était pas lié au métabolisme bactérien ou à des facteurs biochimiques mais était dépendant de l'épaisseur de la plaque.

Ainsi le changement de teinte de ce type de révélateur est associé à l'augmentation de l'épaisseur de la plaque et donc de son âge. La plaque jeune peu dense a une affinité importante pour le colorant rouge, celui-ci se fixe donc en priorité et le colorant bleu est éliminé lors du rinçage ne laissant qu'une coloration rose/rouge de la plaque jeune. La plaque mature, plus épaisse va retenir les deux colorants et donc prendre une teinte violet/bleu d'autant plus bleue que la plaque est épaisse (Block et al. 1972; Gallagher et al. 1977; Skaggs et al. 1991; Datta 2017).

2.2.4 Le révélateur tri-teintes

Il n'en existe qu'un seul sur le marché, le Tri Plaque ID[®] du laboratoire GC (voir 2.4).

2.2.5 Les révélateurs fluorescents

Leur fonctionnement est basé sur l'utilisation d'un fluorophore (ou fluorochrome) c'est-à-dire une substance chimique capable d'émettre de la lumière de fluorescence après excitation (Garnier et Delamare 2017).

La fluorescence se définit comme une émission lumineuse secondaire due à la désexcitation spontanée d'atomes ou de molécules excitées par un rayon incident, soit électromagnétique (rayons X, rayons ultraviolets, photons) soit corpusculaires (électrons, protons,...) (Garnier et Delamare 2017).

En odontologie on utilise la fluorescéine comme colorant fluorophore. Elle se fixe spécifiquement à la plaque dentaire et sous une lumière ultraviolette émet en retour une intense couleur jaune permettant de bien la visualiser.

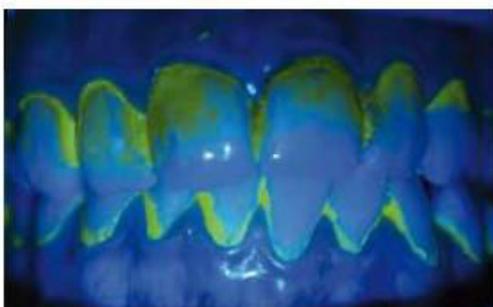


Figure 8 : exemple de révélateur de plaque dentaire fluorescent vu en lumière ultraviolette. Le produit utilisé sur cette photographie est le Plaque Test Indicator[®] (source : laboratoire Ivoclar Vivadent)

2.3 Présentation des révélateurs de plaque disponible en France

Tableau 9 : présentation des différentes spécialités de révélateur de plaque disponibles sur le marché français

Nom commercial	Laboratoire	Forme galénique	Type de révélation	Colorant
----------------	-------------	-----------------	--------------------	----------

USAGE PROFESSIONNEL				
Plaque Test Indicator [®]	Ivoclar Vivadent	Solution pour application directe	Fluorescence	Fluorescéine
Mira 2 Ton [®]	Hager & Werken	Solution pour application directe OU Comprimés	2 teintes	E133 (bleu) CI 45410 (rouge)
2-Tone [®]	Deprophar	Gouttes	2 teintes	FD&C Red 28 et FD&C Blue 1
F.L.A.G. [®] for B.LED	Actéon Satelec	Liquide	Fluorescence	Fluorescéine
Tri Plaque ID [®]	GC	Gel	3 teintes	E133 Rose Bengale
Reveal [®]	Henri Schein	Gouttes	1 teinte	FD&C Red 28
VENTE LIBRE				
Red-cote [®]	GUM	Comprimés	1 teinte	FD&C Red 28 et FD&C Blue 1
Plac Control [®]	Dentaid	Comprimés	1 teinte	E127 (Erythrosine)
Dento Plaque Inava [®]	Pierre Fabre	Bain de bouche OU Gouttes OU Application directe	1 teinte	E127 (Erythrosine)
Revel-Plak [®]	Papilli	Gouttes	2 teintes	FD&C Red 28 et FD&C Blue 1
PCA 223 Plaquefinder [®]	Curaprox	Comprimés	2 teintes	Pas d'érythrosine

2.4 Présentation du Tri Plaque ID[®] du laboratoire GC, révélateur tri teinte de plaque dentaire

Le gel Tri Plaque ID[®] est un révélateur de plaque tri teinte capable de différencier la plaque jeune, mature et celle produisant des acides en une seule application.

2.4.1 Composition du gel

Sur la fiche descriptive de sécurité du produit on peut lire la liste des composants du gel avec leur proportions approximatives (Laboratoire GC 2015)

Tableau 10 : Composition du gel Tri Plaque ID[®] (Laboratoire GC 2015)

Composant	Proportion (si disponible)
Eau	57%
Solvants organiques	25%
Glycérol	10-20%
Saccharose	5-10%
Ethanol	1-5%
Carboxyméthylcellulose de sodium (CMC-Na)	1-5%
Solvants organiques volatils	5%
Bleu brillant E133	?
Rose bengale	?

2.4.2 Mode d'emploi

- Sécher suffisamment les dents à l'aide de la seringue air-eau pour éliminer les excès de salive
- Appliquer le gel au pinceau directement sur les dents
- Laisser agir le gel puis rincer avec le jet d'eau sous aspiration haute vitesse
- Le résultat est directement interprétable :

- ❖ Couleur rose/rouge : il s'agit de plaque jeune (<48 heures)
- ❖ Couleur bleue/violette : il s'agit de plaque plus ancienne (>48 heures) et plus épaisse
- ❖ Couleur bleu clair : il s'agit de plaque à haut pouvoir acidogène

2.4.3 Principe de fonctionnement

- Lorsque la plaque est jeune elle forme un réseau peu dense qui va retenir uniquement les molécules de colorant rose (Rose Bengale). Les molécules de colorant bleu (E133) trop volumineuses seront donc éliminées par le rinçage. La plaque prend donc une teinte rose/rouge.
- Lorsque la plaque est plus ancienne (>48 heures) elle forme un réseau suffisamment dense pour retenir à la fois les molécules roses et bleues et donc la plaque prend une teinte pourpre/violette. Plus la plaque est ancienne et plus elle retient les molécules bleues et donc plus la coloration bleue s'intensifie.
- Lorsque la plaque présente un haut pouvoir acidogène, les bactéries présentes vont métaboliser le saccharose présent dans le gel. S'ensuit la production d'acides organiques qui va rapidement faire baisser le pH (pH<4,5 en 2 minutes). Le colorant rose perdant sa teinte en milieu acide, la couleur du gel vire donc vers un bleu léger.

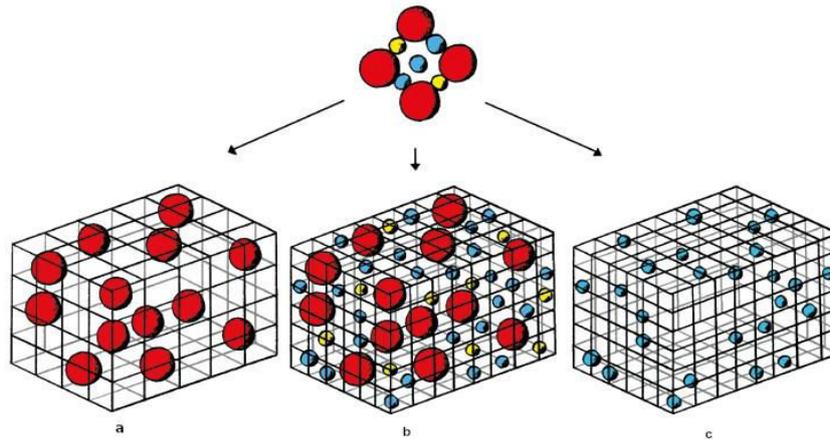


Figure 9 : Schéma expliquant le principe de fonctionnement du gel Tri Plaque ID[®] du laboratoire GC. **a** seules les molécules de colorant rouge sont conservées après rinçage. **b** la structure plus dense de la plaque mature permet de conserver les molécules des colorants rouge et bleu. **c** les bactéries cariogènes ont consommé le saccharose du gel et conduit à la baisse du pH du gel. Le colorant rouge perd sa couleur, seul le colorant bleu reste visible (**a,b,c** source : Blique et Grosse 2013).

2.4.4 Interprétation de la révélation



Figure 10 : utilisation du gel Tri Plaque ID[®] du laboratoire GC. **a** coloration rouge/rose, plaque jeune (<48 heures) ; **b** coloration violette/bleue, plaque mature (>48 heures) ; **c** coloration bleu clair, plaque acidogène (source : laboratoire GC)

Conformément aux instructions du fabricant, les résultats sont interprétés après rinçage avec de l'eau en observant les différentes teintes prises par la plaque.

3. Apport de l'imagerie numérique

Pour obtenir un bon contrôle de plaque il est nécessaire d'impliquer le patient dans le traitement, le rendre actif dans sa maladie. En effet c'est lui qui par son brossage quotidien, le passage des brossettes interdentaires ou l'utilisation d'un dentifrice fluoré va permettre de prolonger les soins professionnels faits au fauteuil et assurer leur pérennité. C'est un élément clé de la prévention des maladies bucco-dentaires (Sanz et al. 2017). C'est donc un élément clé de la prise en charge. Nous approchons donc des principes d'éducation thérapeutique du patient (ETP).

« L'ETP vise à aider les patients à acquérir ou maintenir les compétences dont ils ont besoin pour gérer au mieux leur vie avec une maladie chronique » (2016).

Les informations données au patient ont un impact limité si elles sont données seules, sans interaction avec le soignant. En effet, le patient ne mémorise qu'une petite partie de l'information perçue :

- 10% de ce qu'il lit
- 20% de ce qu'il entend
- 30% de ce qu'il voit
- 50% de ce qu'il voit et entend à la fois
- 80% de ce qu'il dit
- 90% de ce qu'il dit et fait à la fois (2016)

L'impact de l'image sur la compréhension du patient est donc non négligeable et est un outil précieux à la disposition du praticien pour intégrer le plus possible le patient dans son traitement.

Lors d'une consultation le temps est compté car il y a beaucoup d'informations à communiquer au patient. Qu'il s'agisse de prévention, de choix thérapeutique, de conseils ou d'éléments diagnostiques l'image joue un rôle majeur pour appuyer ce discours.

La représentation de la cavité buccale n'est pas toujours facile. La photographie permet une représentation directe de la bouche du patient à divers niveau de zoom (du portrait à la prise de vue intra-orale) et permet d'illustrer clairement le discours de prévention (Peng et al. 2014; Jung 2015; Tonetti et al. 2015).

Il existe de nombreux modèles de caméras disponibles sur le marché pour la prise de vue intra-orale. Nous écarterons de cet exposé celles bon marché qui fleurissent sur internet et coûtent une centaine d'euros.

3.1 Photographie en lumière naturelle (blanche)

Il s'agit de la photographie classique en lumière naturelle. Elle peut-être réalisée à différents niveaux de zoom (du portrait à la prise de vue intra-orale). C'est un examen non-invasif.

En odontologie la photographie présente des intérêts d'un point de vue médico-légal, pour la communication scientifique, comme outil diagnostique (suivi des cas) ou pour la communication entre confrères et avec le laboratoire de prothèse (Cohidon 2014).

Comme expliqué précédemment, la plaque dentaire est relativement difficile à observer à l'œil nu surtout lorsqu'elle est présente en petite quantité. Cela est d'autant plus vrai pour le patient qui n'a ni les connaissances ni l'expérience de son chirurgien dentiste. Dès lors l'élimination ciblée de la plaque peut être difficile.

La photographie permet grâce au zoom optique d'obtenir des grossissements importants. Ainsi la plaque dentaire, les dépôts de tartre, les zones rétentrices de plaque ou difficiles d'accès au brossage sont aisément visibles et des stratégies peuvent être élaborées conjointement avec le patient pour réaliser un bon contrôle de plaque. Elle permet une prise de conscience (« électro choc ») pour les patients qui peuvent parfois minimiser leur état bucco-dentaire ou simplement ne pas en avoir conscience. Cela peut permettre d'emporter l'adhésion du patient au traitement/devis mais aussi de lui montrer les progrès réalisés (ou l'absence de progrès) par rapport à la situation de départ.

3.1.1 Le bilan photographique

Il est normalisé de façon à pouvoir comparer les clichés entre eux au cours du traitement.

L'utilisation conjointe de révélateur de plaque et de la photographie met davantage en avant les zones nécessitant notre attention. Il peut y avoir un effet de dégoût du patient devant une coloration généralisée de la bouche. Il faut profiter de cette prise de conscience pour capter l'attention du patient et lui expliquer comment et pourquoi retirer cette plaque dentaire.



Figure 11 : Cliché montrant l'intérêt de l'association de la photographie avec l'usage d'un révélateur pour visualiser la plaque dentaire. **a** le révélateur utilisé est l'érythrosine. **b** le révélateur utilisé est le Plaque Finder, une solution bi teinte. (source : Pretty et al. 2005).

3.1.2 Quand réaliser les photographies ?

La photographie est un outil diagnostique parmi d'autres. Il a l'avantage d'être non invasif et d'être facilement compréhensible par le patient.

La réalisation d'un bilan photographique lors de la première consultation permet de garder une trace de la situation de départ. Cela permet également de pouvoir réfléchir au cas une fois que le patient a quitté le cabinet (élaboration du plan de traitement, devis).

La réalisation de clichés lors des différentes phases marquantes du traitement parodontal (détartrage, surfaçage, éventuelle phase chirurgicale) permettra d'étoffer le dossier du patient et pourra servir de preuves de la qualité du travail du praticien

en cas de contentieux médico-légal. Ces photographies sont également un moyen de confronter un patient qui ne suivrait pas les conseils de contrôle de plaque. Pour le praticien c'est un support de communication avec le patient pour expliquer le traitement, ses effets, ses résultats,...

L'usage de la photographie ne se limite pas à la parodontologie et trouve bien sûr sa place dans les autres disciplines de l'odontologie. Aussi un omnipraticien tirera avantage à systématiser la prise de vue à son cabinet pour enrichir l'iconographie du dossier patient (Cohidon 2014).

L'enseignement à l'hygiène orale est une des missions fondamentale du chirurgien dentiste. Dès lors l'utilisation de tout outil à sa disposition pour la prévention des maladies bucco-dentaire devrait-être considérée (Tonetti et al. 2015).

Utilisée en fin de traitement c'est un excellent moyen d'évaluer les progrès effectués, le patient ayant tendance à oublier son état initial une fois que celui-ci s'est amélioré.

3.1.3 Matériel utilisé

Afin de réaliser des clichés de bonne qualité, le matériel doit être adapté à l'usage et une bonne connaissance des règles de photographie est nécessaire. Il existe des formations pour la photographie en odontologie.

Un boîtier numérique de type reflex associé à un objectif macrophotographique semble être un bon choix pour réaliser à la fois des portraits et des clichés intra oraux. Il faudra y associer un éclairage comme un flash annulaire pour obtenir des clichés avec une bonne luminosité (Cohidon 2014).



Figure 12 : exemple d'appareil reflex pour une utilisation en odontologie (source : Aliexpress.com)

Pour bien observer l'ensemble de la denture il est nécessaire d'écarter les joues lors de la photographie. L'assistant(e) pourra utiliser des écarteurs et se placera de façon à ne pas gêner la prise de vue.

Afin d'obtenir un fond uniforme et sombre on utilisera des contrasteurs.

Enfin l'utilisation de miroirs intra-oraux permettra de facilement prendre des clichés du maxillaire ou de la mandibule en entier.

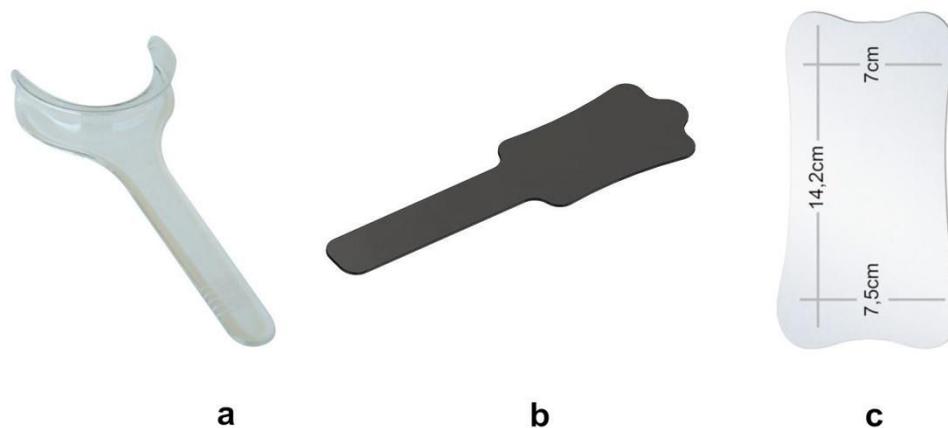


Figure 13 : Exemple de matériel utilisé pour la photographie intra-orale. **a** écarteur, **b** contrasteur en aluminium anodisé, **c** miroir pour prise de cliché palatin ou mandibulaire (source : a, b et c laboratoire Prodont Holliger)

L'utilisation d'une mire ou d'une référence de couleur est importante pour communiquer. En effet la restitution fidèle des couleurs dépend de beaucoup de paramètres et une photographie même bien étalonnée peut être mal interprétée si visualisée sur un écran de mauvaise qualité. On peut utiliser par exemple les échantillons de couleur du teintier sur le cliché pour communiquer une couleur au prothésiste et ainsi livrer une référence précise. Pour l'utilisation des révélateurs il existe également des mires de couleurs.



Figure 14 : Exemple de photographie avec utilisation de révélateur de plaque. Une mire de couleur est placée sur le cliché au moment de la prise de vue (source : Kasai et al. 2016).

3.1.4 Réglages de l'appareil

Il est préférable d'utiliser le mode manuel « M », plus complet et permettant d'ajuster précisément tous les paramètres ou le mode priorité à l'ouverture « A ».

Pour l'ouverture du diaphragme, il est nécessaire de régler l'appareil en fermeture maximale pour les photos intra buccales. Pour les photos du visage on utilisera les valeurs f/11 ou f/9. Pour les photos du sourire ou des lèvres la valeur f/22 sera utilisée.

Pour le temps d'exposition, la synchronisation du flash est indiquée, sinon il faut régler la vitesse à 1/125 secondes.

Pour le mode autofocus, il est préférable d'annuler tous les automatismes, et de déconnecter la motorisation de l'objectif.

Pour la sensibilité du capteur, on conseille des ISO standards 100-200.

Pour la balance des blancs, la fonction automatique est suffisante.

On peut corriger l'exposition, en réglant une légère sur exposition dans les cadrages intra buccaux soit environ 2/3 ou 1 EV. (Cohidon 2014)

3.2 Utilisation de la lumière ultraviolette

La lumière ultraviolette est une émission électromagnétique d'une longueur d'onde comprise entre 100 et 400 nm. Elle présente donc pour l'œil humain une couleur violette correspondant à une longueur d'onde de 380 nm mais la majorité de son spectre est invisible.

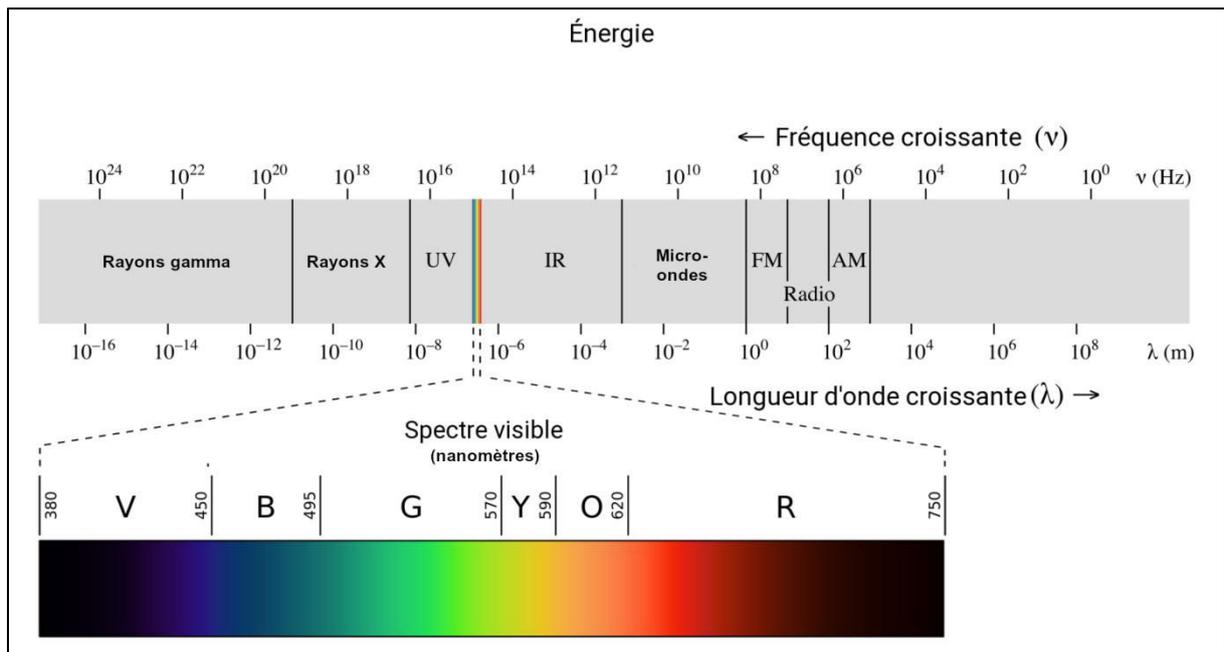


Figure 15 : situation du spectre visible pour l'œil humain dans le spectre électromagnétique (source : Wikipédia)

Dans le domaine médical la lumière ultraviolette a de multiples applications. En odontologie l'utilisation principale des ultraviolets est la photopolymérisation des matériaux d'obturation (photopolymère) mais a d'autres propriétés qui en font un outil incontournable.

3.2.1 Principe de fonctionnement

L'utilisation de la lumière UV repose sur la luminescence des tissus organiques, terme qui regroupe deux principes : la fluorescence et la phosphorescence.

Dans les deux cas, l'absorption d'une lumière de faible longueur d'onde γ_1 (donc de fréquence élevée, voir Figure 15) excite la matière provoquant un changement de niveau des couches électroniques (spin) vers un niveau énergétique plus élevé et instable. La désexcitation de la matière vers une couche électronique inférieure plus stable produit un photon de longueur d'onde γ_2 supérieure à la lumière absorbée ($\gamma_1 < \gamma_2$) (Shakibaie et al. 2011).

La différence entre fluorescence et phosphorescence tient dans la durée de l'émission secondaire après l'arrêt de la radiation à l'origine de l'excitation :

- on parle de fluorescence si l'émission secondaire ne dépasse pas 1 micro seconde (μs) suivant l'arrêt de la lumière. Le terme d'autofluorescence est utilisé pour décrire la présence au sein du tissu étudié de fluorophores endogènes.
- on parle de phosphorescence si l'émission secondaire persiste au delà de la micro seconde.

Il existe de nombreux tissus ayant des propriétés de fluorescence comme les tissus minéralisés (os, dents), les tissus contenant de la kératine ou du collagène,...

L'autofluorescence va varier selon les tissus étudiés, selon la lumière absorbée, selon le degré de minéralisation des tissus. L'étude de ces différents paramètres a permis d'établir une relation entre la lumière absorbée, la longueur d'onde secondaire émise et le degré de minéralisation ou d'activité métabolique des tissus (Shakibaie et al. 2011; Joseph et al. 2015; Lee 2015).

A cette autofluorescence des tissus dentaires s'ajoute la fluorescence liée à la plaque dentaire (Joseph et al. 2015).

Soumis à la lumière ultraviolette, les surfaces dentaires émettent une intense couleur bleue alors que les dépôts bactériens (plaque et tartre) émettent une fluorescence orange/rouge (Blique et Grosse 2013; Lee et al. 2013; Jung 2015; Lee 2015).

Une étude de 2016 a montré qu'un biofilm plus épais, plus vieux ou plus cariogène s'accompagne d'une fluorescence rouge plus importante (Volgenant et al. 2016).

Il semble que la matrice organique soit à l'origine de l'autofluorescence des tissus minéralisés. En effet la dentine saine émet une fluorescence plus importante que l'émail sain, naturellement plus minéralisé et ayant une matrice organique moins importante (Lee et al. 2013; Lee 2015)

Ainsi une zone de tissu carié, donc déminéralisé, présente une autofluorescence plus importante qu'un tissu sain non déminéralisé (longueur d'onde de l'émission secondaire plus élevée). L'origine de cette augmentation de fluorescence est sujette à discussion.

Une hypothèse fréquente est que cette fluorescence augmentée serait liée au métabolisme bactérien et notamment à la présence de porphyrines (étymologiquement du grec porphura qui signifie pourpre, de couleur rouge (Garnier et Delamare 2017)) (Reyes Silveyra 2011; Jung 2015; Van der Veen et al. 2016).

3.2.2 Quantification de la fluorescence (Quantitative light-induced fluorescence, QLF) pour la mise en évidence de la plaque dentaire

Dès lors qu'une relation a été établie entre les tissus observés et la fluorescence émise secondairement à leur excitation par une lumière de longueur d'onde connue, il a rapidement été mis au point une technique d'identification des tissus par spectrophotométrie.

L'examen consiste à l'aide d'une source lumineuse de longueur d'onde connue et constante d'éclairer les surfaces dentaires et de mesurer la fluorescence émise à l'aide d'un spectrophotomètre.

Les graphiques ci-dessous ont été obtenus à l'aide d'un laser de longueur d'onde 404 nm qui est la longueur d'onde la plus absorbée par la porphyrine.

Le pic sur le graphique de gauche autour de 500 nm (**12,a**) représente la fluorescence du tissu dentaire sous ce type d'éclairage. Cette autofluorescence du tissu dentaire a été minorée pour le graphique de droite (**12,b**) mettant ainsi en évidence un pic de fluorescence autour de 650 nm pour les indices de plaque de grade 3 (courbe bleue).

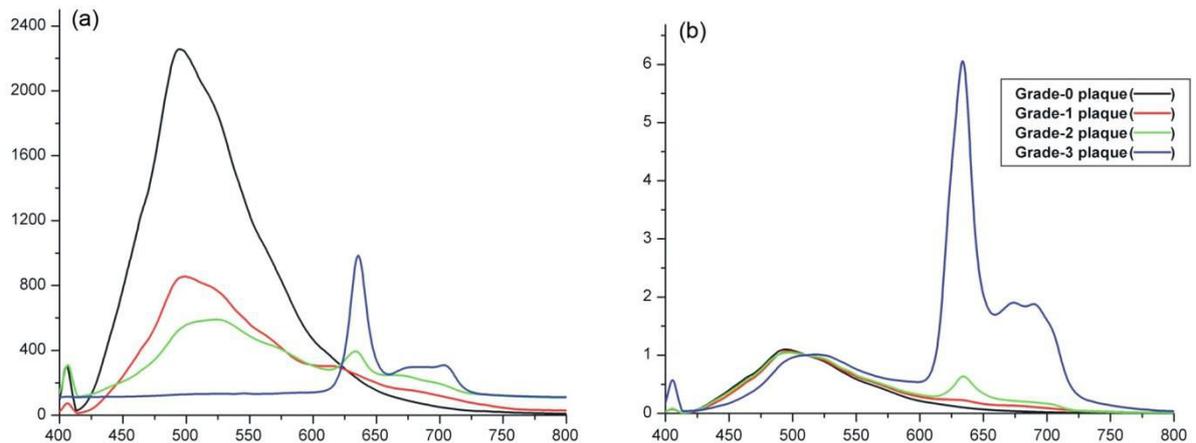


Figure 16 : courbes présentant l'intensité de la fluorescence moyenne en fonction de la longueur d'onde (exprimée en nanomètres) pour quatre groupes d'individus classés selon leur indice de plaque (indice de Silness et Løe). **b** représente les mêmes données que la courbe **a** après atténuation du pic d'autofluorescence de la dent autour de 510 nm.

En utilisant ce principe on peut développer des outils permettant d'isoler les surfaces couvertes de biofilm des surfaces saines en mesurant leur fluorescence et ainsi quantifier la plaque dentaire présente.

3.2.3 QLF pour la détection de caries dentaires

Le principe est identique à celui utilisé pour la détection de la plaque dentaire. La dentine infectée se déminéralise, sa matrice organique augmente donc proportionnellement, et de nombreuses bactéries sont présentes. La fluorescence des tissus cariés a été étudiée sous différentes longueurs d'onde d'excitation et il a été déterminé que la longueur d'onde idéale pour la détection des lésions carieuses est 488 nm (Lee 2015). Des études ont montré une corrélation entre le pic de fluorescence, la baisse de la dureté du tissu et l'augmentation de la population bactérienne présente. Il est donc acceptable de dire que la mesure du signal de fluorescence fournit un outil objectif et reproductible pour détecter les lésions carieuses.

3.2.4 Systèmes commerciaux utilisant les UV

Plusieurs solutions existent combinant une caméra intra-orale, une ou plusieurs sources lumineuses de longueurs d'onde déterminées et un spectrophotomètre permettant d'exploiter le principe de fluorescence afin de détecter caries et biofilms

bactériens. Nous laisserons volontairement de côté les modèles exclusivement développés pour la détection des lésions carieuses et leur traitement.

- VistaCam iX[®] HD du laboratoire Dürr Dental

Cette caméra est fournie avec 5 têtes interchangeable (Cam, Macro, Poly, Proof et Proxy) permettant une grande flexibilité avec un seul produit. La tête Proof nous intéresse plus particulièrement.

Equipée de deux LED UV (longueur d'onde 405 nm) elle permet une évaluation en temps réel de l'hygiène bucco-dentaire du patient. Via une analyse logicielle de l'image captée, la caméra différencie les zones d'émail sain ne présentant aucun biofilm des zones cariées et/ou couvertes de plaque dentaire et présente les résultats au praticien au moyen d'une interface utilisateur simple permettant une communication aisée avec le patient.

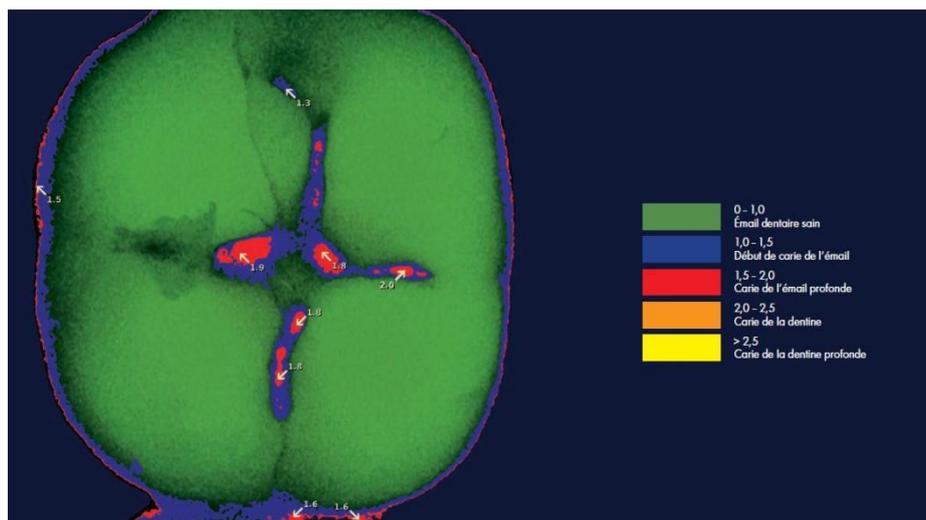


Figure 17 : image capturée avec la caméra VistaCam iX HD équipée de la tête Proof. Le code couleur de l'image permet de différencier les zones présentant des lésions carieuses et/ou de la plaque dentaire (source : laboratoire Dürr Dental).

- la caméra SoproCare[®] du laboratoire Actéon

Dernière née des caméras Sopro elle utilise à la fois les LEDs bleues pour la fluorescence et les LEDs blanches pour conserver le relief et offrir une image précise. Elle utilise aussi les paramètres d'amplification chromatique sélective pour simplifier la lecture des images et le diagnostic. Elle dispose de trois modes de fonctionnement : DayLight, Cario et Perio. Le mode Daylight est une caméra visuelle

classique en lumière blanche. Les modes Cario et Perio utilisent tous les deux le principe d'autofluorescence.

Nous nous intéresserons plus spécifiquement au mode Perio.



Figure 18 : Utilisation du mode Perio sur la caméra SoproCare pour déterminer l'indice de plaque du patient. L'indice de référence est l'indice de plaque de Quigley Hein (source : laboratoire Actéon).

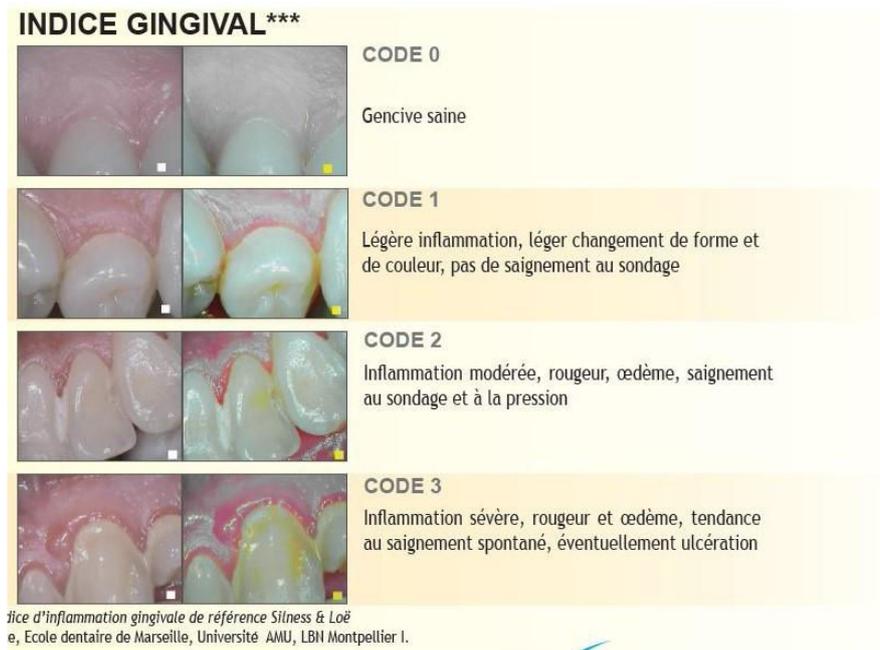


Figure 19 : Utilisation du mode Perio sur la caméra SoproCare pour déterminer l'état d'inflammation de la gencive. L'indice de référence est l'indice d'inflammation gingivale de Silness et Løe (source : laboratoire Actéon).

Grâce à l'amplification chromatique sélective, une cartographie de chaque dent est établie en temps réel (l'image peut être figée comme photo pour montrer au patient ou pour l'enregistrer) via un système de code couleur :

- l'inflammation gingivale est représentée en rose/magenta
- la plaque jeune est présentée en blanc granuleux
- la plaque ancienne est jaune orangée

3.3 L'analyse d'image pour la quantification de la plaque dentaire

3.3.1 Technique de quantification planimétrique de l'image

Le principe de cette technique consiste à faire analyser par un ordinateur des images numériques (les photographies intra-orales) et de lui faire compter les pixels présentant de la plaque et ceux correspondant aux surfaces dentaires. On peut ainsi déterminer le pourcentage de surfaces dentaires recouvertes de plaque et ainsi évaluer l'hygiène bucco dentaire du patient.

Cette méthode a montré son efficacité par rapport à une technique traditionnelle avec examen clinique de la plaque dentaire par le praticien (Söder et al. 1993).

Afin de faciliter la discrimination des pixels, on utilise un révélateur coloré de plaque dentaire.

L'analyse de l'image se fait avec un logiciel d'édition ou de retouche d'image comme Photoshop Elements® (ou GIMP® son équivalent open source). Après avoir détourné la dent examinée, l'examineur crée un nouveau calque et fait un remplissage de couleur unie de la sélection. Cela lui permet de « compter » le nombre de pixels « dent ». Sur la photo initiale il va ensuite sélectionner les pixels colorés par le révélateur de plaque à l'aide de l'outil « sélection par couleur » et créer un nouveau calque avec juste les pixels « plaque dentaire ». La littérature utilise différents seuils de sélection (thresholds en anglais) pour cela. L'opérateur va ensuite pouvoir dénombrer ces pixels. Le calcul de la plaque dentaire se fait ensuite sur un tableur.

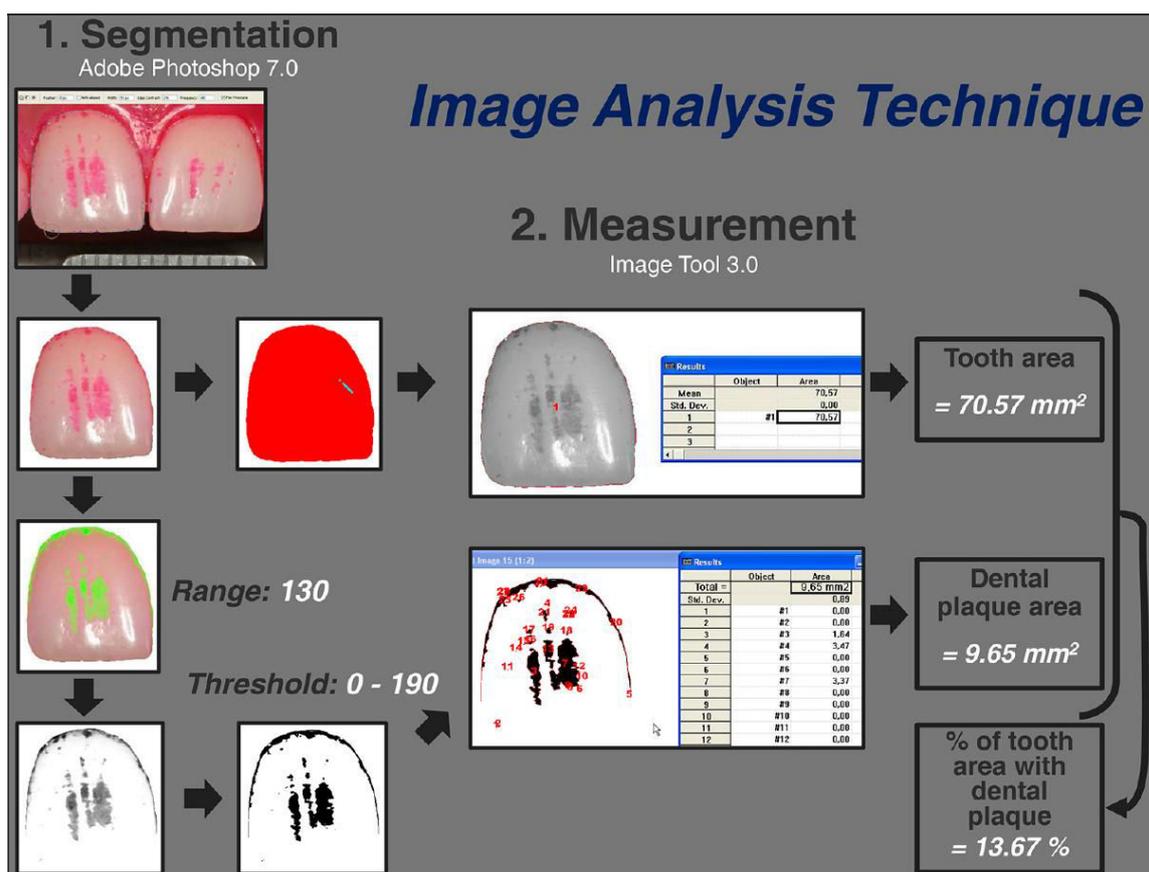


Figure 20 : description du processus de comptabilisation des pixels pour la quantification planimétrique de la plaque dentaire (source : Rosa et Elizondo 2015).

De façon à assurer la reproductibilité des mesures entre patients l'utilisation d'un système de contention de la tête est intéressante puisqu'il permet de conserver une distance fixe entre l'objectif et la bouche du patient. Ainsi il n'y a pas de réglages à effectuer et donc moins de biais introduits dans les mesures.

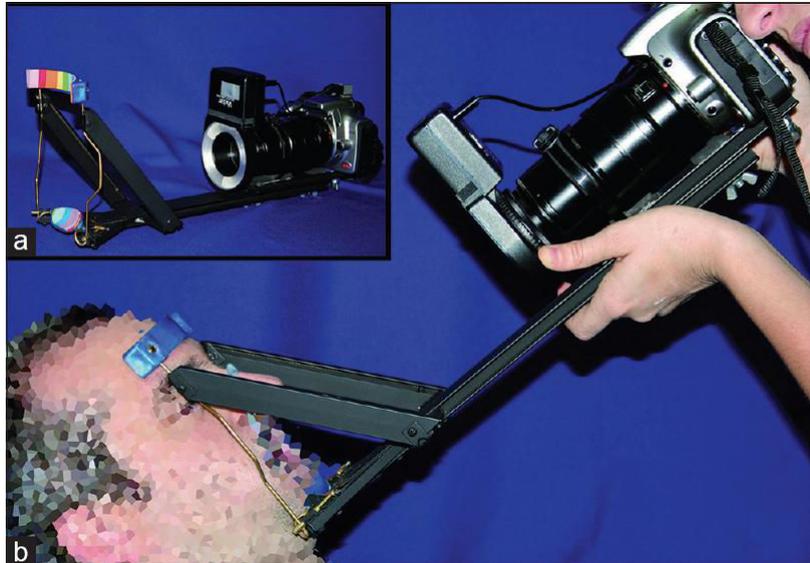


Figure 21 : méthode pour placer de façon reproductible l'appareil photographique pour la prise de vue intra-orale (source : Rosa et Elizondo 2015).

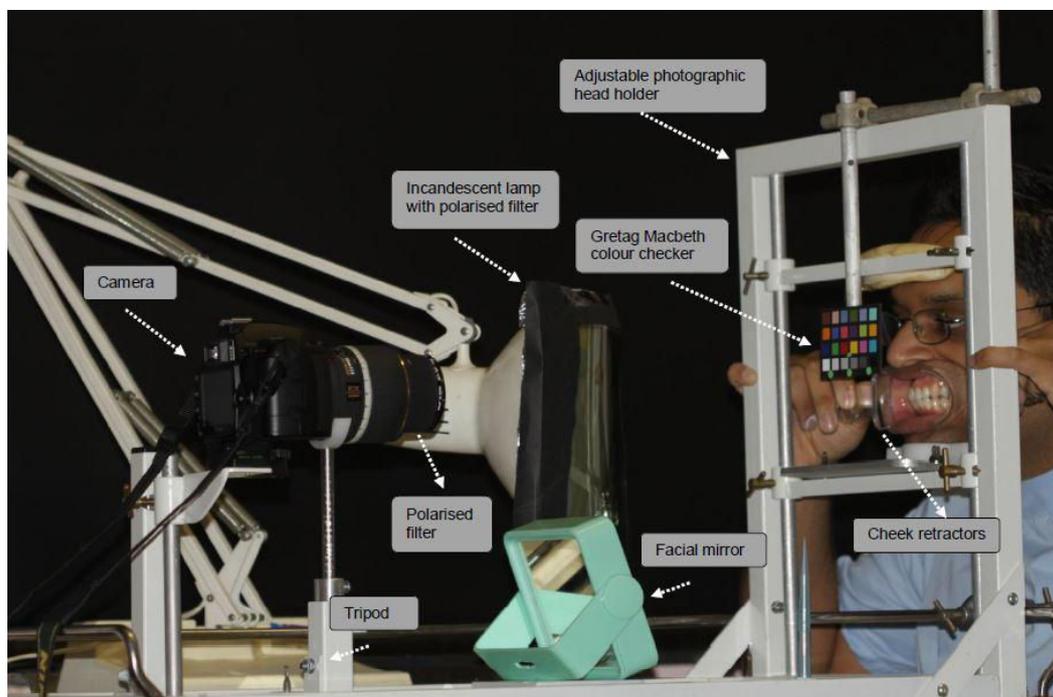


Figure 22 : appareil pour la contention de la tête du patient lors de la prise de vue intra-orale (source : Reyes Silveyra 2011).

3.3.2 Technique automatisée de segmentation de l'image

Les auteurs de cette méthode ont créé une base de données permettant à un ordinateur d'analyser des photographies du secteur antérieur après coloration au révélateur de plaque et de calculer automatiquement la quantité de plaque présente. Au cours de leur étude, cette technique a été comparée à une évaluation « manuelle » de la plaque et a prouvé son efficacité (Kang et al. 2006).

L'ordinateur utilise pour la discrimination des zones « dents » et « plaque » un réseau neural cellulaire lui permettant de détourner automatiquement la dent, la gencive et les autres tissus environnants et d'ensuite séparer les zones colorées par le révélateur des zones sans plaque.

L'avantage de cette technique est de ne pas nécessiter l'intervention d'un opérateur humain pour l'analyse de l'image. Cela permet donc d'éliminer des biais et de systématiser l'évaluation. Cette technique n'a cependant pas encore été commercialisée. De plus la base de données utilisée par l'ordinateur lors des calculs a été élaborée à partir des photographies de seulement 15 patients ce qui n'est certainement pas représentatif de toutes les situations cliniques.

3.3.3 Technique de scannage tri dimensionnel par laser

Cette méthode a été développée pour analyser l'efficacité de différents dentifrices à retirer la plaque dentaire.

Au moyen d'un laser permettant de mesurer précisément la distance entre la sonde et la surface dentaire on réalise un « mapping » de la zone analysée. Cette analyse est faite avant et après le brossage et la différence d'élévation correspond à la quantité de plaque retirée (Yeganeh et al. 1999; Pretty et al. 2005).

Initialement cette analyse était faite sur modèle en plâtre après empreinte mais des études ultérieures ont émis l'hypothèse que la prise d'empreinte pouvait affecter le biofilm et dès lors fausser le résultat. L'utilisation de dispositifs de mesure intra-oraux évite d'avoir recours aux empreintes et améliore la précision des mesures.

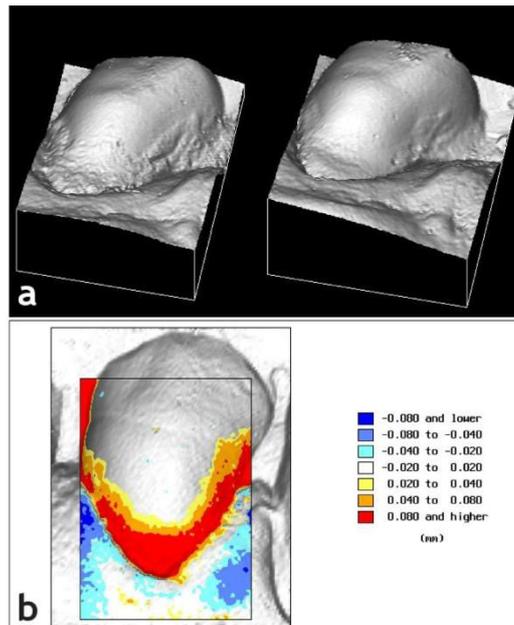


Figure 23 : analyse tridimensionnelle d'une dent au moyen d'un laser pour l'évaluation de la quantité de plaque avant et après brossage. **a** image 3D avant brossage (à gauche) et après brossage (à droite). **b** représentation en couleurs de la différence d'élévation après brossage correspondant à la quantité de plaque retirée (source : Pretty et al. 2005).

3.3.4 Détection de la plaque par Quantitative light-induced fluorescence (QLF)

Pour la description du procédé se référer à la partie 3.2.2.

Les images obtenues sous lumière ultraviolette doivent être analysées afin de pouvoir quantifier la plaque dentaire présente. La méthode utilisée est celle de la quantification planimétrique de l'image (voir 3.3.1) sauf qu'au lieu de faire appel à des révélateurs de plaque pour la visualiser, on utilise les propriétés de fluorescence de la dent et de la plaque pour les discriminer.

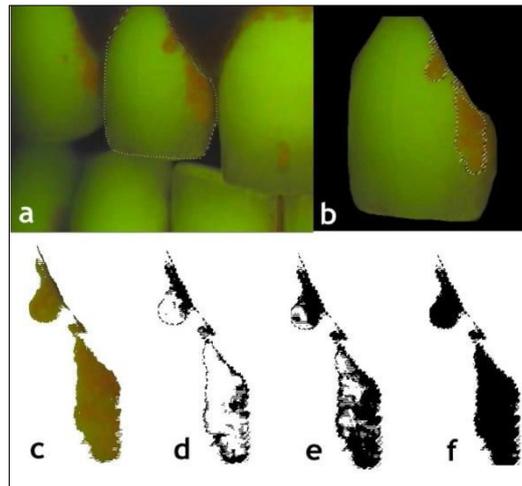


Figure 24 : quantification de la plaque par fluorescence (QLF). **a** et **b** représentent les vues intra-orales. La fluorescence rouge/orange correspond à la plaque dentaire, la fluorescence verte correspond à la dent sans plaque. **c**, **d**, **e** et **f** présentent les différents calques obtenus avec des seuils de sélection différents (source : Pretty et al. 2005)

3.3.5 Les logiciels d'analyse d'images

Ces logiciels permettent d'extraire des données à partir de l'analyse d'images numériques. Ils sont utilisés dans de nombreux domaines (militaire, sécurité, astronomie, biologie, médecine, ...) et leur champ d'application est très vaste. Parmi les usages les plus connus on notera la reconnaissance faciale ou la reconnaissance de caractères, techniques démocratisées par l'avènement des smartphones.

Ils font appel à des algorithmes qui permettent de traiter un grand nombre d'images rapidement.

Au travers d'une interface utilisateur on pourra bénéficier de nombreuses fonctionnalités :

- acquisition de l'image : modification des paramètres de prise de vue en dialoguant directement avec l'appareil photographique.
- Mise en place de time lapse : acquisition à intervalles réguliers de clichés selon les instructions de l'opérateur
- traitement de l'image permettant d'affiner et de préciser les clichés pour permettre une analyse rapide et efficace

- mise en place de filtres pour supprimer le bruit photographique ou pour améliorer certains détails de l'image
- utilisation de pseudo couleurs pour rehausser certains éléments de l'image normalement difficiles à distinguer de leur environnement
- compter et mesurer manuellement ou automatiquement des aires, des périmètres, des longueurs, des circonférences, des angles, des densités,...
- classer des éléments entre eux
- extraire des données quantitatives des images
- suivre des objets mobiles
- annoter les images
- création de fichiers permettant le partage et la publication

Il existe différents logiciels d'analyse d'image. Image-Pro Plus 7[®] (et sa version plus récente Image-Pro Express[®]) ou une alternative open source comme Image J.

Il est à noter qu'il existe des logiciels d'analyse d'images spécialisés dans le traitement des fichiers DICOM (imagerie médicale numérique) comme Osirix[®].

3.4 Limites de l'imagerie

L'image est un outil puissant au service du praticien pour l'enseignement à l'hygiène bucco-dentaire et le contrôle de plaque. Néanmoins son usage reste toutefois limité par certains facteurs :

- Coût (appareil photo reflex, caméras intra-orales chères, suites logiciels de traitement et archivage des images)
- Temps de réalisation : la réalisation des clichés et leur traitement (enregistrement sur l'ordinateur, traitement de l'image, intégration des images au dossier patient) sont des opérations qui selon la configuration matérielle et l'expérience de l'utilisateur peuvent être longues. La délégation de ces tâches à un(e) assistant(e) permettra de gagner en temps et en efficacité. On pourra par exemple consacrer ce temps à réaliser l'enseignement au contrôle de plaque et à la présentation des différents moyens de brossage.
- Erreurs de discrimination. L'imagerie est un moyen diagnostic parmi d'autre et ne saurait remplacer la clinique. Le diagnostic basé uniquement sur des

données d'imagerie pourrait mener à des traitements iatrogènes notamment dans le cadre de lésions carieuses.

- Rapport des patients à l'image parfois difficile. Certains patients ont peur de se voir ou refusent de savoir.
- Formation nécessaire pour la photographie. L'intégration de la photographie dans notre exercice nécessite des adaptations en matériel, en organisation et en formation. La formation de l'assistant(e) ne sera pas négligée dans ce domaine car il (elle) sera d'une aide précieuse pour réaliser rapidement et efficacement les clichés (déflexion des joues et de la langue avec les écarteurs, réglage de la lumière, sauvegarde des photos, entretien du matériel,...)
- Quantification trop précise, inadaptée à la clinique. Avec les techniques d'analyse d'image (quantification planimétrique, QLF, scannage 3D, technique de segmentation automatisée), de minuscules variations de quantité de plaque sont enregistrées sans pour autant qu'il y ait de différences cliniques perceptibles (Pretty et al. 2005). Ces techniques seront donc réservées à la recherche scientifique.

Conclusion

La mise en évidence de la plaque dentaire bien que maîtrisée depuis longtemps reste un sujet d'actualité car il est au cœur de la prévention bucco dentaire et de l'exercice de l'omnipraticien.

Les évolutions technologiques dans le domaine ont permis la mise au point d'outils modernes et efficaces permettant une dentisterie en accord avec les données acquises de la science.

Bien qu'anciens les révélateurs de plaque dentaire conservent un intérêt dans l'arsenal thérapeutique du praticien d'aujourd'hui. Ils sont à la fois simples, rapides à utiliser et à interpréter et peu onéreux. Le Tri Plaque ID[®] du laboratoire GC est le dernier développement en date, preuve que l'intérêt des praticiens pour ces produits reste fort.

Support incontournable de la communication patient/praticien, l'imagerie est très présente dans nos cabinets. L'image est un outil fort pour transmettre rapidement et efficacement des informations. La mise au point de nouvelles caméras intra-orales qui combinent ergonomie de la prise de vue et des aides thérapeutiques comme la fluorescence par lumière ultra-violette permet d'envisager une dentisterie plus axée sur la prévention.

La photographie en lumière naturelle, plus classique, permet de constituer une iconographie importante de l'ensemble du parcours de soins depuis le diagnostic jusqu'à la visite de contrôle.

Des techniques nouvelles basées sur les propriétés des biofilms bactériens et les progrès scientifiques dans le domaine existent dans la littérature et sont prometteuses. Elles permettent une quantification extrêmement précise de la plaque dentaire et pourrait contribuer à la création d'outils innovants pour le praticien.

Bibliographie

Références bibliographiques papier

1. Axelsson P, Lindhe J. Effect of controlled oral hygiene procedures on caries and periodontal disease in adults. Results after 6 years. J Clin Periodontol. 1981 ; 8(3) : 239-248.
2. Blique M, Grosse S. Contribution of fluorescence and selective chromatic amplification in daily preventive dentistry practise. Dent Asia. 2013 : 52-55.
3. Blique M, Grosse S. Révélateur de plaque de dernière génération : aide à la motivation et à la décision de traitement. Fil Dent. 2013 ; (82) : 12-14.
4. Block PL, Lobene RR, Derdivanis JP. A two-tone dye test for dental plaque. J Periodontol. 1972 ; 43(7) : 423-426.
5. Butler BL, Morejon O, Low SB. An accurate, time-efficient method to assess plaque accumulation. J Am Dent Assoc. 1996 ; 127(12) : 1763-1766.
6. Chetrus V, Ion IR. Dental plaque-classification, formation and identification. Int J Med Dent. 2013 ; 3(2) : 139-143.
7. Chounchaisithi N, Santiwong B, Sutthavong S, Asvanit P. Use of a disclosed plaque visualization technique improved the self-performed, tooth brushing ability of primary schoolchildren. J Med Assoc Thai Chotmaihet Thangphaet. 2014 ; 97 Suppl 2 : 88-95.
8. Cohidon A-L. La prise de vue photographique en odontologie : pourquoi et comment ? [Thèse d'exercice]. [Nancy] : Université de Lorraine. Faculté d'Odontologie ; 2014. 163p.
9. Datta D. Disclosing solutions used in dentistry. World J Pharm Res. 2017 ; 6(6) : 1648-1656.
10. Gallagher IHC, Fussell SJ, Cutress TW. Mecanism of Action of a Two-Tone Plaque Disclosing Agent. J Periodontol. 1977 ; 48(7) : 395-396.
11. Garnier M, Delamare V, Delamare J. Dictionnaire illustré des termes de médecine. In : Dictionnaire illustré des termes de médecine. Maloine. 2017.
12. Greene JG, Vermillion JR. The Simplified Oral Hygiene Index. J Am Dent Assoc. 1964 ; 68(1) : 7-13.
13. Jayanthi M, Shilpapiya M, Reddy VN, Elangovan A, Sakthivel R, Vijayakumar P. Efficacy of three-tone disclosing agent as an adjunct in caries risk assessment. Contemp Clin Dent. 2015 ; 6(3) : 358-363.
14. Joseph B, Prasanth CS, Jayanthi JL, Presanthila J, Subhash N. Detection and quantification of dental plaque based on laser-induced autofluorescence intensity ratio values. J Biomed Opt. 2015 ; 20(4) : 048001-1-048001-10.

15. Jung N. Apport des caméras intra-buccales au cabinet dentaire [Thèse d'exercice]. [Lyon] : Université Claude Bernard-Lyon 1 ; 2015. 66p.
16. Kang J, Li X, Luan Q, Liu J, Min L. Dental Plaque Quantification Using Cellular Neural Network-Based Image Segmentation. Intelligent computing in signal processing and pattern recognition. Dans : Huang DS, Li K, Irwin GW (éd.). Intelligent computing in signal processing and pattern recognition. ICIC 2006. Berlin : Springer 2006 : p.797-802.
17. Kasai M, Iijima Y, Takemura H, Mizoguchi H, Ohshima T, Satomi N. Dental plaque assessment lifelogging system using commercial camera for oral healthcare. Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc. 2016: 2566-2569.
18. Lee E-S, Kang S-M, Ko H-Y, Kwon H-K, Kim B-I. Association between the cariogenicity of a dental microcosm biofilm and its red fluorescence detected by Quantitative Light-induced Fluorescence-Digital (QLF-D). J Dent. 2013 ; 41(12) : 1264-1270.
19. Lee Y-K. Fluorescence properties of human teeth and dental calculus for clinical applications. J Biomed Opt. 2015 ; 20(4) : 040901-1-40901-8.
20. Lim LP, Tay FBK, Waite IM, Cornick DER. A comparison of 4 techniques for clinical detection of early plaque formed during different dietary regimes. J Clin Periodontol. 1986 ; 13(7) : 658-665.
21. Loe H. The Gingival Index, the Plaque Index and the Retention Index Systems. J Periodontol. 1967 ; 38(6 Part II) : 610-616.
22. Loe H, Theilade E, Jensen SB. Experimental gingivitis in man. J Periodontol. 1965 ; 36 : 177-187.
23. Nagashima Y, Shigeishi H, Fukada E, Amano H, Urade M, Sugiyama M. Self-check with plaque disclosing solution improves oral hygiene in schoolchildren living in a children's home. Arch Public Health. 2018 ; 76(1) : 1-6.
24. Peng Y, Wu R, Qu W, Wu W, Chen J, Fang J, et al. Effect of visual method vs plaque disclosure in enhancing oral hygiene in adolescents and young adults: A single-blind randomized controlled trial. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2014 ; 145(3) : 280-286.
25. Porter SR, Scully C. Oral malodour (halitosis). BMJ. 2006 ; 333(7569): 632-635.
26. Pretty IA, Edgar WM, Smith PW, Higham SM. Quantification of dental plaque in the research environment. J Dent. 2005 ; 33(3) : 193-207.
27. Rechmann P, Liou SW, Rechmann BMT, Featherstone JDB. Performance of a light fluorescence device for the detection of microbial plaque and gingival inflammation. Clin Oral Investig. 2016 ; 20(1) : 151-159.
28. Rosa GM, Elizondo ML. New portable system for dental plaque measurement using a digital single-lens reflex camera and image analysis : Study of reliability and validation. J Indian Soc Periodontol. 2015 ; 19(3) : 279-284.

29. Reyes Silveyra LJ. Investigations on automated methods for dental plaque detection [Thèse de Sciences]. [Birmingham] : University of Birmingham. School of Dentistry. College of Medical and Dental Sciences ; 2011. 387p.
30. Rosan B, Lamont RJ. Dental plaque formation. *Microbes Infect.* 2000 ; 2(13) : 1599-1607.
31. Sanz M, Beighton D, Curtis MA, Cury JA, Dige I, Dommisch H, et coll. Role of microbial biofilms in the maintenance of oral health and in the development of dental caries and periodontal diseases. Consensus report of group 1 of the Joint EFP/ORCA workshop on the boundaries between caries and periodontal disease. *J Clin Periodontol.* 2017 ; 44(Suppl 18): S5-S11.
32. Shakibaie F, George R, Walsh LJ. Applications of Laser induced Fluorescence in Dentistry. 2011 ; 3(3) : 38-44.
33. Silness J, Loe H. Periodontal Disease in Pregnancy II. Correlation Between Oral Hygiene and Periodontal Condition. *Acta Odontol Scand.* 1964 ; 22(1) : 121-135.
34. Skaggs JM, Dickson RE, Bowers H, Park K, inventeurs; Colgate-Palmolive company, cessionnaire. Plaque disclosing compositions. United State patent US4992256A. 27 septembre 1989.
35. Söder PO, Jin LJ, Söder B. Computerized planimetric method for clinical plaque measurement. *Scand J Dent Res.* 1993 ; 101(1) : 21-25.
36. Tonetti MS, Eickholz P, Loos BG, Papapanou P, Van der Velden U, Armitage G, et coll. Principles in prevention of periodontal diseases. Consensus report of group 1 of the 11th European Workshop on Periodontology on effective prevention of periodontal and peri-implant diseases. *J Clin Periodontol.* 2015 ; 42(Suppl 16): S5-S11.
37. Trouilleau épouse Joly C, Rouvre M. Motivation à l'hygiène bucco-dentaire des patients traités en orthopédie dento faciale [Thèse d'exercice]. [Nantes] : Université de Nantes. Faculté d'odontologie ; 2008.105p.
38. Van der Veen MH, Volgenant CMC, Keijser B, Ten Cate J (Bob) M, Crielaard W. Dynamics of red fluorescent dental plaque during experimental gingivitis-A cohort study. *J Dent.* 2016 ; 48 : 71-76.
39. Walsh LJ. Dental plaque fermentation and its role in caries risk assessment. *Int Dent South Afr.* 2006 ; 8(5) : 34-41.
40. Yeganeh S, Lynch E, Jovanovski V, Zou L. Quantification of root surface plaque using a new 3-D laser scanning method. *J Clin Periodontol.* 1999 ; 26(10) : 692-697.
41. De La Tribonnière X, Ait El Mahjoub B. Transposition pédagogique à l'éducation thérapeutique du patient. Dans : Ruault de la Tribonnière X (dir). *Pratiquer l'éducation thérapeutique L'équipe et les patients.* Issy-les-Moulineaux : Elsevier Masson. 2016. p. 67-81.

Références bibliographiques électroniques

42. Agence Nationale d'Acréditation et d'Evaluation en Santé. Parodontopathies : diagnostic et traitements. Acta Endosc [Internet]. 2002 [consulté le 12 novembre 2018]. Disponible sur : https://www.has-sante.fr/portail/upload/docs/application/pdf/2010-10/corriges_rapport_cariedentaire_version_postcollege-10sept2010.pdf
43. Darmon P. Le système d'évaluation de plaque SEP : une méthode d'estimation quantitative de la plaque dentaire [Internet]. Dentalespace. 2002 [consulté le 19 novembre 2018]. Disponible sur: <https://www.dentalespace.com/praticien/formationcontinue/systeme-d-evaluation-plaque-sep-methode-d-estimation-quantitative-plaque-dentaire/>
44. HAS (Haute Autorité de Santé), Rumeau-Pichon C, Jeanblanc G, Poullie A-I. Recommandations en santé publique, stratégies de prévention de la carie dentaire [Internet]. 2010 mars [consulté le 25 novembre 2018]. Disponible sur: https://www.has-sante.fr/portail/upload/docs/application/pdf/2010-10/corriges_synthese_carie_dentaire_version_postcollege-10sept2010.pdf
45. INSERM (Institut National de la Santé et de la Recherche Médicale). Maladies parodontales, thérapeutiques et prévention. [Internet]. 1999 [consulté le 25 novembre 2018]. Disponible sur : <http://www.ipubli.inserm.fr/handle/10608/28>
46. Laboratoire GC. GC Tri Plaque ID gel Safety data sheet [Internet]. 2015 [consulté le 19 novembre 2018]. Disponible sur : http://www.gcamerica.com/downloads/SDS_US/SDS_GC%20Tri%20Plaque%20ID%20Gel.pdf
47. Volgenant CMC, Hoogenkamp MA, Buijs MJ, Zaura E, Cate J (Bob) M ten, Veen MH van der. Red fluorescent biofilm: the thick, the old, and the cariogenic. J Oral Microbiol [Internet]. 2016 [consulté le 02 mars 2017]. Disponible sur: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.3402/jom.v8.30346?scroll=top&needAccess=true>

Table des matières

Introduction.....	14
1. La plaque dentaire : quantification objective et subjective.....	15
1.1 Rôle de la plaque dentaire dans les pathologies bucco dentaires.....	15
1.1.1 Définition.....	15
1.1.2 Formation.....	15
1.1.3 Gingivites.....	16
1.1.4 Parodontites.....	16
1.1.5 Caries dentaires.....	17
1.1.6 Halitose.....	18
1.2 Les différents indices de plaque dentaire.....	19
1.2.1 Indice simplifié d'hygiène bucco dentaire (IHB-S).....	19
1.2.2 Indice de plaque (IP).....	22
1.2.3 Indice de rétention (IR).....	23
1.2.4 Indice de Quigley-Hein modifié par Turesky et coll.....	24
1.2.5 Indice de plaque de O'Leary ou Plaque Control Record.....	26
1.2.6 PASS ou Plaque Assessment Scoring System.....	26
1.2.7 Le système d'Evaluation de Plaque (SEP).....	27
1.3 Les moyens à notre disposition pour mettre en évidence la plaque dentaire	28
1.3.1 La sonde.....	28
1.3.2 Les révélateurs de plaque dentaire.....	29
1.3.3 Les caméras intra-buccales.....	29
2. Les révélateurs de plaque dentaire.....	31
2.1 Composition des révélateurs.....	31
2.2 Les différents modes de fonctionnement des révélateurs.....	32
2.2.1 Les différentes formes galéniques.....	32

2.2.2	Les révélateurs mono-teinte.....	32
2.2.3	Les révélateurs bi-teintes	33
2.2.4	Le révélateur tri-teintes	34
2.2.5	Les révélateurs fluorescents	34
2.3	Présentation des révélateurs de plaque disponible en France	34
2.4	Présentation du Tri Plaque ID [®] du laboratoire GC, révélateur tri teinte de plaque dentaire	36
2.4.1	Composition du gel	36
2.4.2	Mode d'emploi.....	36
2.4.3	Principe de fonctionnement.....	37
2.4.4	Interprétation de la révélation.....	38
3.	Apport de l'imagerie numérique.....	39
3.1	Photographie en lumière naturelle (blanche).....	40
3.1.1	Le bilan photographique	40
3.1.2	Quand réaliser les photographies ?	41
3.1.3	Matériel utilisé	42
3.1.4	Réglages de l'appareil	45
3.2	Utilisation de la lumière ultraviolette	45
3.2.1	Principe de fonctionnement.....	46
3.2.2	Quantification de la fluorescence (Quantitative light-induced fluorescence, QLF) pour la mise en évidence de la plaque dentaire	48
3.2.3	QLF pour la détection de caries dentaires	49
3.2.4	Systèmes commerciaux utilisant les UV	49
3.3	L'analyse d'image pour la quantification de la plaque dentaire	52
3.3.1	Technique de quantification planimétrique de l'image	52
3.3.2	Technique automatisée de segmentation de l'image	55
3.3.3	Technique de scannage tri dimensionnel par laser	55

3.3.4	Détection de la plaque par Quantitative light-induced fluorescence (QLF)	56
3.3.5	Les logiciels d'analyse d'images	57
3.4	Limites de l'imagerie	58
	Conclusion.....	60
	Bibliographie.....	61



UNIVERSITÉ
DE LORRAINE



FACULTÉ
D'ODONTOLOGIE
DE LORRAINE

Jury : Président : P. AMBROSINI – Professeur des Universités
Juges : D. JOSEPH – Maître de Conférences des Universités
D. DROZ – Maître de Conférences des Universités
F. MAYER-COUPIN – Assistante hospitalo-universitaire

Thèse pour obtenir le diplôme d'État de Docteur en Chirurgie Dentaire

Présentée par : Monsieur KIENTZ Paul, Jean, André

né(e) à : Laxou (Meurthe-et-Moselle)

le 15 juin 1988

et ayant pour titre : « La mise en évidence de la plaque dentaire, données actuelles ».

Le président du jury

P. AMBROSINI

Le doyen,
de la faculté d'odontologie

FACULTÉ
D'ODONTOLOGIE
DE LORRAINE

J.M. MARFRETTE

Autorise à soutenir et imprimer la thèse

10595

NANCY, le

Le président de l'université de Lorraine

P. MUTZENHARDT

Paul KIENTZ La mise en évidence de la plaque dentaire, données actuelles.

Nancy, 2019. 69 p.

Th. : Chir. Dent. : Nancy : 2019

Mots clés : Plaque dentaire, révélateur de plaque, caméra intra-orale, photographie, fluorescence, lumière ultra-violette, prévention

Paul KIENTZ La mise en évidence de la plaque dentaire, données actuelles.

Th. : Chir. Dent. : Nancy : 2019

La plaque dentaire est un biofilm bactérien adhérent aux surfaces dentaires. La plaque est cependant difficile à visualiser tant pour le praticien que pour le patient. Des moyens de mise en évidence existent cependant pour aider le praticien et le patient.

Les révélateurs colorés se fixent spécifiquement à la plaque dentaire et vont permettre de la visualiser par contraste de couleur. Première méthode mise au point pour mettre en évidence la plaque dentaire, les formules n'ont cessé de se complexifier et ont permis d'aboutir à la création de produits bi-teintes ou tri-teintes.

Soumis à un rayonnement ultraviolet, les biofilms émettent une lumière rouge/orangé. La mise au point de caméras intra-orales exploitant ce principe permet de distinguer efficacement la plaque dentaire de son environnement et constitue un outil précieux pour le praticien. De façon générale la photographie, qu'elle soit classique en lumière naturelle ou thérapeutique en lumière ultraviolette, est un moyen de communication patient/praticien remarquable.

Jury :

Monsieur P. AMBROSINI	Professeur des Universités	Président
Madame D. DESPREZ-DROZ	Maître de Conférence des Universités	Juge
<u>Monsieur D. JOSEPH</u>	Maître de Conférence des Universités	Juge
<u>Madame F. MAYER-COUPIN</u>	Assistante Hospitalier Universitaire	Juge

Adresse de l'auteur : Paul KIENTZ
11 rue de la Craffe
54000 NANCY