

ACADÉMIE DE NANCY-METZ
UNIVERSITÉ DE LORRAINE
FACULTÉ D'ODONTOLOGIE DE LORRAINE

Année 2024

N° 13568C

THÈSE
POUR LE DIPLÔME D'ÉTAT DE DOCTEUR EN CHIRURGIE
DENTAIRE

Présentée et soutenue publiquement le : 17 Juillet 2024
par

Anna SACCHET SENOT
Née le 24/10/1992 à Feltre (Italie)

Évaluation de l'efficacité des brossettes interdentaires
d'une même norme ISO : étude *in vitro*.

Composition du jury :

<u>Présidente</u> :	Pr BISSON Catherine
<u>Membres</u> :	Dr YASUKAWA Kazutoyo
	Dr JOSEPH David
<u>Directrice de thèse</u> :	Pr BISSON Catherine
<u>Co-directeur de thèse</u> :	Dr BAUDET Alexandre

« 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 »

Présidente : Docteur Hélène BOULANGER

Doyen : Docteur Kazutoyo YASUKAWA

Vice-Doyens : Dr Charlene KICHENBRAND – Dr Rémy BALTHAZARD – Dr Marin VINCENT

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

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

Département odontologie pédiatrique Sous-section 56-01	Mme	<u>JAGER Stéphanie</u>	Maître de conférences *
	M.	PREVOST Jacques	Maître de conférences
	Mme	HERNANDEZ Magali	Maître de conférences *
	Mme	FEYTE Lidwine	Chef de clinique des universités – Assistant des hôpitaux
	Mme	HILT Léa	Chef de clinique des universités – Assistant des hôpitaux
	M.	MASSON Maximilien	Chef de clinique des universités – Assistant des hôpitaux
Département orthopédie dento- faciale Sous-section 56-01	M.	WATRIN Ferdinand	Chef de clinique des universités – Assistant des hôpitaux*
	M.	<u>VANDE VANNET Bart</u>	Professeur des universités *
	Mme	DAMERDJI-BENHABIB Zaheira	Chef de clinique des universités – Assistant des hôpitaux ass. *
	M.	FAWAZ Paul	Assistant associé (PRCE)*
Département prévention, épidémiologie, économie de la santé, odontologie légale	Mme	<u>CLÉMENT Céline</u>	Maître de conférences *
	M.	BAUDET Alexandre	Maître de conférences *
	Mme	CAIONE Mariette	Chef de clinique des universités – Assistant des hôpitaux
	Mme	<u>BISSON Catherine</u>	Professeur des universités *
Département parodontologie Sous-section 57-01	M.	JOSEPH David	Maître de conférences *
	Mme	BERBE Ludvine	Chef de clinique des universités – Assistant des hôpitaux*
	Mme	ASSAF Elise	Chef de clinique des universités – Assistant des hôpitaux
	Mme	FONTY Adeline	Chef de clinique des universités – Assistant des hôpitaux
Département chirurgie orale Sous-section 57-01	M.	<u>BRAVETTI Pierre</u>	Maître de conférences
	M.	DOLIVET Gilles	Professeur associé
	Mme	GUILLET-THIBAUT Julie	Maître de conférences
	Mme	KICHENBRAND Charlene	Maître de conférences *
	Mme	PHULPIN Bérengère	Maître de conférences *
	M.	CLERC Sébastien	Praticien hospitalier universitaire *
Département biologie orale Sous-section 57-01	M.	MEYER Théophile	Chef de clinique des universités – Assistant des hôpitaux *
	Mme	<u>EGLOFF-JURAS Claire</u>	Maître de conférences *
	M.	MARTRETTE Jean-Marc	Professeur des universités *
	M.	YASUKAWA Kazutoyo	Maître de conférences *
Département dentisterie restauratrice, endodontie Sous-section 58-01	M.	VEYNACHTER Thomas	Praticien hospitalier universitaire *
	M.	<u>MORTIER Éric</u>	Professeur des universités *
	M.	ENGELS-DEUTSCH Marc	Professeur des universités *
	M.	AMORY Christophe	Maître de conférences
	M.	BALTHAZARD Rémy	Maître de conférences *
	M.	VINCENT Marin	Maître de conférences*
	M.	GIESS Renaud	Maître de conférences associé*
	Mme	DAL MAGRO Claire	Chef de clinique des universités – Assistant des hôpitaux
	Mme	DAVRIL Jeanne	Chef de clinique des universités – Assistant des hôpitaux*
	M.	LESIEUR François	Chef de clinique des universités – Assistant des hôpitaux
Département prothèses Sous-section 58-01	Mme	<u>CORNE Pascale</u>	Maître de conférences *
	M.	DE MARCH Pascal	Maître de conférences
	M.	SCHOUVER Jacques	Maître de conférences
	Mme	VAILLANT Anne-Sophie	Maître de conférences *
	M.	HIRTZ Pierre	Enseignant universitaire
	M.	JONVEAUX Maxime	Chef de clinique des universités – Assistant des hôpitaux
	Mme	MOUGEL Armande	Chef de clinique des universités – Assistant des hôpitaux
Département fonction-dysfonction, imagerie, biomatériaux Sous-section 58-01	M.	PERRIN Tom	Chef de clinique des universités – Assistant des hôpitaux
	Mme	<u>STRAZIELLE Catherine</u>	Professeur des universités *
	Mme	MOBY (STUTZMANN) Vanessa	Maître de conférences *
	M.	RITTIE François	Chef de clinique des universités – Assistant des hôpitaux

Souligné : responsable de département

* temps plein

Mis à jour le 1^{er} janvier 2024

Remerciements

A notre présidente et directrice de thèse,

Madame le docteur **Catherine BISSON**

Docteur en chirurgie dentaire

Docteur de l'Université Henri Poincaré Nancy I

Habiletée à diriger des recherches

Professeur des universités –praticien hospitalier

Responsable du département de parodontologie

*Vous nous avez fait l'honneur d'accepter la direction de ce travail
Nous voulons saluer le soutien et le dévouement dont vous avez fait preuve envers
nous tout au long de notre cursus.*

*Nous nous souviendrons de votre engagement, votre bienveillance et votre
professionnalisme dont vous avez fait preuve pendant ces années de formation.
Veuillez trouver dans ces termes l'expression de notre sincère gratitude et de notre
profonde estime.*

A notre co-directeur de thèse,

Monsieur le docteur **Alexandre BAUDET**

Docteur en chirurgie dentaire

Maître de conférences – praticien hospitalier

Vous nous avez fait le plaisir de codiriger ce travail.

*Nous voulons saluer votre expertise et l'accompagnement que nous avez apporté au
cours de notre cursus.*

Veillez trouver ici l'expression de nos sincères remerciements.

A notre Juge,

Monsieur le docteur **Kazutoyo YASUKAWA**

Docteur en chirurgie dentaire

Docteur de l'Université Paris DESCARTES mention sciences de la vie et de la santé

Spécialiste qualifié en médecine bucco-dentaire

Maître de conférences – praticien hospitalier

Doyen de la faculté d'odontologie de Lorraine

*Vous nous avez fait l'honneur de participer au jury de cette thèse.
Nous vous remercions pour la bienveillance que vous nous avez témoignée au cours
de nos études.*

*Nous nous souviendrons de votre engagement au service de la pédagogie et du
dévouement dont vous avez fait œuvre pendant ces années de formation.*

Veuillez trouver dans ces mots l'expression de notre reconnaissance.

A notre Juge,

Monsieur le docteur **David JOSEPH,**

Docteur en chirurgie dentaire

Docteur de l'université de lorraine, mention sciences de la vie et de la santé

Maître de conférences –praticien hospitalier

*Vous nous avez fait l'honneur d'accepter de participer au jury de cette thèse.
Nous vous remercions pour la bienveillance dont vous avez fait preuve envers nous
tout au long de nos études.
Veuillez trouver dans ces termes l'expression de notre respect et de notre sincère
gratitude.*

À mon mari,

Timothée, à toi qui as été là chaque jour. Toi seul sait véritablement tous les sacrifices que j'ai et que nous avons fait pour arriver à ce résultat. Tu as cru en moi et tu as tout fait pour que je me réalise. Sans toi, rien n'aurait été possible. Cette journée est aussi la tienne. Avec tout mon amour.

À mes enfants,

Raphaël et Nora, ce n'est pas évident d'avoir une maman étudiante, il faut beaucoup de patience avec ce genre de maman... Merci d'être comme vous êtes. Je vous souhaite de réaliser vos rêves. Je vous aime.

À ma sœur,

Chiara, merci d'être toujours à mes côtés. Nous sommes si différentes et pourtant si proches. Tu es une femme remarquable, qui parcourt sa vie en la dessinant à son image et à votre image avec Philippe. Merci Philippe pour ton amitié discrète, mais pleine de générosité et d'humour !

À mes parents,

Aldo et Dona merci pour tout. Sans vous je ne serais pas là... littéralement. Merci pour la confiance et le soutien que vous m'avez donné, même quand mes choix étaient si différents de vos parcours et de tout ce que vous connaissiez. Vous avez su écouter et reconnaître le souffle qui pousse en avant. Puis mon cher papa, je ne citerai pas notre poète préféré Malagó, mais nous, nous savons... et cela suffit.

À mes grands-parents,

Annibale, Frido, Mirella et Rita, là où vous vous trouvez je vous suis heureux et fier de me voir là où je suis maintenant. Vous êtes mes racines et votre dévouement au travail et à la famille sont le terreau des outils qui m'ont permis d'arriver ici. C'est à vous que je dédie cette thèse en hommage à votre travail et vos sacrifices.

À mes beaux-parents Marc et Pascale,

Merci de m'avoir accueilli comme vous l'avez fait. Merci pour votre soutien et votre cœur généreux.

À Ludovic, Caroline, Lylou et Louis,

Dès le début vous m'avez accueilli comme un membre de votre famille. Vous avez pris soin de moi, de nous. Vous m'avez soutenue, aidée eu aiguillée à chaque étape. C'est aussi grâce à vous que j'ai pu réaliser ce rêve et je ne l'oublierai jamais.

À Peter, Werner, Rauno, Lars et toute l'équipe de la « Clinica Feltre »,

C'est grâce à vous, à votre professionnalisme qui allie excellence et humanisme que j'ai découvert et aimé ce métier magnifique.

À Sara,

Mon amie ! la Vie fait que nous soyons loin mais notre proximité est bien là, de toute façon « il écrit droit sur des lignes courbes », nous verrons bien où il nous conduira.

Au docteur et ami Loïc DAUNIZEAU,

Merci pour ton aide précieuse, ton amitié et ta patience. Tu es peut-être souvent en retard, mais tu es toujours là !

À Marie-Hélène,

Merci pour ton amitié, tes conseils et ton aide sans faille tout au long du parcours. Nous avons parcouru le chemin ensemble jusqu'ici, j'espère que nous le poursuivrons ainsi. Tu es une femme et une consœur remarquable.

À ma promotion,

Pas toujours facile de passer des journées entières ensemble quand on n'est pas tout à fait de la même génération, mais grâce à vous on s'en est sorti.

À mes amis de promotion,

Simon, Laurence, Basma et Sarah, avec vous ces années ont été plus douces.

À mes amis de l'Absurde,

Nous nous connaissons depuis longtemps, nous parcourons des chemins de vie divers et variés, nous sommes si différents et pourtant nous sommes toujours là les uns pour les autres. Merci les amis d'apporter un plus de soleil et de bonne humeur dans ma vie.

À Florin, Françoise et Roger,

Merci pour votre soutien et votre présence tout au long de ces années. Merci pour votre fidélité et votre liberté. L'avenir est ouvert ensemble.

Sommaire

1 Introduction

- 1.1 *La maladie parodontale*
 - 1.1.1 Étiologie
 - 1.1.2 Atteintes tissulaires
 - 1.1.3 Lien santé bucco-dentaire et santé générale
- 1.2 *L'hygiène : socle du traitement parodontal*
 - 1.2.1 L'hygiène orale : pourquoi ?
 - 1.2.2 Les brosses à dent
- 1.3 *L'hygiène interproximale*
 - 1.3.1 Pourquoi une hygiène interproximale ?
 - 1.3.2 Particularités et outils
 - 1.3.3 Les embrasures : à chaque embrasure son dispositif d'hygiène
- 1.4 *Les brossettes interdentaires*
 - 1.4.1 Description
 - 1.4.2 Évidence scientifique
 - 1.4.3 Normalisation et réglementation
 - 1.4.4 Notion de diamètre d'insertion et diamètre d'efficacité
 - 1.4.5 Utilisation clinique

2 Étude

- 2.1 *Introduction*
- 2.2 *Objectifs de l'étude*
- 2.3 *Matériels et Méthodes*
 - 2.3.1 La machine
 - 2.3.2 Les brossettes testées
 - 2.3.3 Le modèle pédagogique
 - 2.3.4 Modélisation du biofilm
 - 2.3.5 Analyse d'image : setup et logiciel
- 2.4 *Résultats*
 - 2.4.1 Évaluation statistique
 - 2.4.2 La zone interdentaire coronaire (ZIC)
 - 2.4.3 La zone interdentaire apicale (ZIA)
 - 2.4.4 La zone interdentaire totale (ZIT)
- 2.5 *Discussion*
- 2.6 *Conclusions*

3 Bibliographie

Table des matières

Liste des figures

Figure 1 : Différentes brosses à dents (Document personnel).	23
Figure 2 : Schéma de la zone proximale (en orange) et de la zone interproximale (en bleu) (Document personnel).	26
Figure 3 : Fil dentaire spongieux : technique à cravate (Document personnel).	28
Figure 4 : Batônnets gingivaux (Source Papilli®).	28
Figure 5 : Soft-Pick® (Source Gum®).	29
Figure 6 : Vue transversale (image de gauche) et frontale (image de droite) d'embrasure dentaire (Document personnel).	30
Figure 7 : Les différents types d'embrasures (Document personnel d'après Wikipedia).	31
Figure 8 : Arbre décisionnel concernant le choix du dispositif d'hygiène interproximal le plus approprié pour les embrasures ouvertes de type 2 et 3. Brossettes interdentaires (IDB). IA (rouge) : méta-analyse et/ou revue systématique ; IIA (bleu) : essais contrôlés randomisés ; IB (vert) : essais contrôlés non randomisés (Document personnel d'après Liang et coll, 2020).	32
Figure 9 : Arbre décisionnel concernant le choix du dispositif d'hygiène interproximal le plus approprié pour les embrasures fermées de type 1. Brossettes interdentaires (IDB) ; IA (rouge) : méta-analyse et/ou revue systématique ; IIA (bleu) : essais contrôlés randomisés ; IB (vert) : essais contrôlés non randomisés (Document personnel d'après Liang et coll, 2020).	33
Figure 10 : Les brossettes interdentaires atteignent les surfaces concaves interproximale des molaires et prémolaires à différence des autres dispositifs d'hygiène interproximale (Source TePe®).	34
Figure 11 : Les trois composantes d'une brossette interdentine (Document personnel).	35
Figure 12 : Têtes de brossettes interdentaires cylindrique (A) et conique (B) (Source Pierre Fabre, 2024).	36
Figure 13 : Longueur des torons et phénomène d'éjection de la plaque dentaire (Source Pierre Fabre, 2024).	37
Figure 14 : Différents diamètres de brossettes interdentaires (Source CURAPROX®).	38

<i>Figure 15 : Plaque de mesure pour déterminer le trou de passage (Afnor, 2017). ...</i>	<i>41</i>
<i>Figure 16 : Section transversale d'une brossette interdentaire et définition de diamètre d'insertion et diamètre d'efficacité (Document personnel).</i>	<i>42</i>
<i>Figure 17 : Brossettes interdentaires (Document personnel).</i>	<i>43</i>
<i>Figure 18 : Machine utilisée pour les tests (Document personnel).</i>	<i>45</i>
<i>Figure 19 : Système de fixation du modèle démonté en toutes ses composantes : (a) plateau de fixation avec sa visse ; (b) sphère d'orientation ; (c) cylindre de serrage (Document personnel).</i>	<i>46</i>
<i>Figure 20 : Système de serrage utilisé pour les brossettes interdentaires (Document personnel).</i>	<i>46</i>
<i>Figure 21 : Modèle utilisé pour l'étude avec classe ISO des espaces interdentaires testés (Document personnel).</i>	<i>49</i>
<i>Figure 22 : Graphique de l'intervalle de confiance des mesures des espaces interdentaires effectuées par deux opérateurs. L'intervalle de confiance est compris entre -0,225 et 0,195 (Document personnel).</i>	<i>51</i>
<i>Figure 23 : Set-up en vue latérale pour la pulvérisation (Document personnel).</i>	<i>53</i>
<i>Figure 24 : Profil RVG d'un pixel sale (a) et d'un pixel propre (b) (Document personnel).</i>	<i>54</i>
<i>Figure 25 : Zones analysées lors de l'analyse préliminaire : la première se situe autour du point de contact (image de gauche) et la seconde au niveau radiculaire (image de droite) (Document personnel).</i>	<i>55</i>
<i>Figure 26 Proportions de pixels propres en fonction du coefficient choisi</i>	<i>56</i>
<i>Figure 27 : Les deux zones d'intérêt analysées : ZIC (A) et ZIA (B) (Document personnel).</i>	<i>57</i>
<i>Figure 28 : Conversion binaire des images : image binaire sur la gauche et image d'origine sur la droite (Document personnel).</i>	<i>57</i>
<i>Figure 29 : Efficacités enregistrées pour les deux zones d'intérêt ZIC et ZIA pour les espaces de taille ISO 1 et ISO 2 (Document personnel).</i>	<i>66</i>

Liste des tableaux

Tableau 1 : Classification des pathologies gingivales et parodontites (Document personnel).....	20
Tableau 2 : Taille des brossettes interdentaires selon Norme ISO (Afnor, 2017). ...	40
Tableau 3 : Listes des fabricants et des brossettes interdentaires retenus pour cette étude et leurs diamètres (D BDI), diamètres maximaux (D max) et diamètre d'insertion (DI) ainsi que leur classification selon la Norme ISO (Document personnel).	48
Tableau 4 : Mesures effectuées par deux opérateurs distincts (OP 1 et OP 2), la moyenne de celles-ci ainsi que la classification des espaces dentaires selon la Norme ISO NF EN ISO 16409 (Document personnel).	50
Tableau 5 : Coefficient de corrélation de Lin (Interclass corrélation ICC3,1) associé à son intervalle de confiance (Document personnel).....	51
Tableau 6 : Attribution des brossettes interdentaires selon les espaces sélectionnés selon la Norme ISO (Document personnel).	52
Tableau 7 : Codage de la couleur dans l'espace RVB (Document personnel).....	54
Tableau 8: Résultats de l'analyse d'image des trois batteries de tests concernant la ZIT sur les brossettes interdentaires de l'espace ISO4 testées. %Propre est le pourcentage de la surface qui est nettoyée après le passage de la brosse interdendaire (Document personnel).	58
Tableau 9 Résultats de l'analyse post-hoc (Test de Dunn avec correction de Bonferroni). * différence statistiquement significative (Document personnel).	59
Tableau 10 Résultats de l'analyse d'image concernant la ZIC par espace ISO, face et espace interproximal et brosse interdendaire testée. %Propre est le pourcentage de la surface qui est nettoyée après le passage d'une brosse donnée. % M propre ZIC est le pourcentage moyen de la surface qui est nettoyée par l'ensemble des brossettes interdentaires testées au niveau de la ZIC d'un espace interdendaire donné (Document personnel).	61
Tableau 11 Résultats de l'analyse d'image concernant la ZIC par espace ISO, face et espace interproximale et brosse interdendaire testée. %Propre est le pourcentage de la surface qui est nettoyée après le passage d'une brosse interdendaire donnée. % M Propre ZIA est le pourcentage moyen de la surface qui est nettoyée par	

l'ensemble des brossettes interdentaires testées au niveau de la ZIA d'un espace interdентаire donné (Document personnel).	63
Tableau 12 Résultats de l'analyse d'image de la ZIT : somme de la ZIC et de la ZIA par espace ISO, face et espace interproximale et brossette interdентаire testée. %Propre est le pourcentage de la surface qui est nettoyée après le passage d'une brossette interdентаire donnée. % M Propre ZIT est le pourcentage moyen de la surface qui est nettoyée par l'ensemble des brossettes interdentaires testées au niveau de la ZIT d'un espace interdентаire donné (Document personnel).	65

Liste des abréviations

BOP Saignement au sondage
PPD Profondeur de sondage parodontal
ATCD Antécédents
PA Perte d'attache
POR Perte osseuse radiographique
GN Gingivite nécrosante
PN La parodontite nécrosante
NOMA La stomatite nécrosante
MP Maladies Parodontales
BID Brossette interdentaire
DM Dispositif médical
ZIC Zone interdentaire coronaire
ZIA Zone interdentaire apicale
ZIT Zone interdentaire totale

1 Introduction

1.1 La maladie parodontale

1.1.1 Étiologie

« La santé parodontale est définie par l'absence d'inflammation cliniquement détectable. Il existe un niveau biologique d'infiltrat immunitaire compatible avec la santé gingivale clinique et l'homéostasie tissulaire » (Chapple et coll, 2018).

La santé gingivale clinique est plus précisément caractérisée par l'absence de : saignement au sondage (BOP%), d'érythème, d'œdème, de perte d'attache ainsi que par l'absence de symptômes (Chapple et coll, 2018). Bien que les maladies parodontales (MP) aient une origine multifactorielle le rôle étiologique majeur de la plaque a été établi depuis longtemps. En effet la colonisation des tissus parodontaux par des micro-organismes induit le développement d'une gingivite (Loe et coll, 1965) qui peut évoluer vers une parodontite (Lindhe et coll, 1973 ; Kinane et coll 2005).

De nombreuses études ont démontré le rôle central du contrôle de la plaque dentaire dans la prévention et la réponse au traitement concernant ces pathologies (Hajishengallis et coll, 2012).

Cette plaque dentaire s'organise en biofilm qui se compose de microorganismes différents : bactéries, virus, levures et protozoaires.

Le biofilm est constitué par une communauté microbienne hétérogène, très adhérente aux surfaces dentaires enveloppée par une matrice d'exopolymères de polysaccharide d'origine bactérienne et salivaire. Sa composition dépend de : la localisation, de l'hygiène orale du patient et des facteurs de risque associés (Bouchard, 2015).

La recherche concernant l'étiologie microbienne de la parodontite a une longue et riche histoire. Socransky et ses collègues ont décrit les communautés microbiennes parodontales sur la base d'un système de code couleur (rouge, orange, vert, violet et jaune) qui reflétait l'analyse de clusters. Selon ce modèle, plus la plaque s'enrichit en bactéries des complexes orange et rouge, plus le risque de développer la maladie s'accroît. Ainsi, le biofilm passe d'un état symbiotique, où les bactéries vivent en harmonie avec les tissus environnants, à un biofilm dysbiotique capable d'induire une pathologie. Plus récemment, en 2012, Hajishengallis a décrit un nouveau modèle de

pathogénèse : la *Polymicrobial Synergy Dysbiosis* (PSD) (Hajishengallis et coll, 2012).

Selon ce modèle, la parodontite est initiée « par une communauté microbienne synergique et dysbiotique plutôt que par des parodonto-pathogènes sélectionnés, tel que le complexe rouge » (Hajishengallis et coll, 2012). Diverses bactéries sont capables de remplir des rôles distincts et permettent la formation et la stabilisation d'un microbiote pathologique. Par conséquent, certaines conditions fondamentales doivent être présentes pour qu'une communauté bactérienne potentiellement pathogène apparaisse :

- certaines bactériens exprimeront les adhésines et les récepteurs pour permettre l'assemblage d'une communauté hétérotypique ;
- les membres de la communauté seront physiologiquement compatibles, ou du moins non antagonistes ;
- les activités combinées de la communauté résisteront aux réponses immunitaires innées et acquises de l'hôte et contribueront à l'inflammation des tissus par le biais, par exemple, de l'activité protéolytique et de l'induction de cytokines (Hajishengallis et coll, 2012).

Un rôle déterminant est joué par l'« agent pathogène clés » *Porphyromonas gingivalis*, qui module la réponse de l'hôte, interfère avec la réponse immunitaire, module le microbiote buccal commensal et donc participe à la bascule de biofilm symbiotique vers la dysbiose. (Hajishengallis et coll, 2012)

L'organisation en biofilm est très avantageuse pour les bactéries car elle assure aux espèces en son sein une protection passive, une coopération métabolique, et favorise les échanges génétiques. De ce fait, la désagrégation mécanique de la matrice du biofilm est une nécessité absolue dans le traitement des maladies parodontales afin de faciliter l'accès tant des cellules de l'immunité que des molécules antimicrobiennes vers les bactéries en son sein.

En effet, bien que la réponse de l'organisme soit largement influencée par des multiples facteurs de risque, tels que le tabagisme (Johnson et Gurthmiller, 2007), des pathologies systémiques comme le diabète (Taylor et coll, 2001 ; Soskolne et Klinger, 2001 ; Lalla et Papapanou, 2011), et certaines prédispositions génétiques, le lien de cause à effet entre l'inflammation parodontale et la dysbiose microbienne s'impose (Van Dyke et coll, 2020).

Il est donc évident que tous les moyens de contrôle de la plaque dentaire, qu'ils soient mécaniques ou chimiques, doivent être mis en œuvre afin de prévenir l'apparition et le développement des maladies parodontales (Van der Weijden et coll, 2011 ; Chapple et coll, 2015 ; Van der Weijden et coll, 2015).

1.1.2 Atteintes tissulaires

Il existe deux types de maladies parodontales selon l'atteinte tissulaire (tableau1) :

- la gingivite : où seul le parodonte superficiel est touché ;
- la parodontite : où l'ensemble des tissus de soutien de la dent (gencive, os alvéolaire, cément et ligament parodontal) sont atteints.

Tableau 1 : Classification des pathologies gingivales et parodontites (Document personnel).

Santé parodontale	Maladies gingivales		Parodontite		
Santé gingivale et parodontale	Gingivite induite par la plaque	Gingivite non induite par la plaque	Maladies parodontales nécrotiques	Parodontite	Parodontite comme manifestation d'une maladie systémique

La gingivite est une situation réversible, mais qui représente un risque majeur et une étape préalable à la parodontite. Prévenir l'apparition de la gingivite par son traitement précoce est donc une stratégie de premier ordre contre le développement potentiel d'une parodontite ultérieure.

« La parodontite est une maladie inflammatoire multifactorielle chronique associée à un biofilm dysbiotique et caractérisée par la destruction progressive de l'appareil de soutien dentaire. Ses principales caractéristiques comprennent la perte de soutien des tissus parodontaux qui se manifeste par une perte d'attache clinique (CAL) et une lyse osseuse visible radiographiquement, la présence de poches parodontales et de saignement gingival » (Papapanou et coll, 2018).

Certaines pathologies parodontales sont induites par la présence de plaque dentaire et d'autres non, mais si ces lésions ne sont pas causées par le biofilm, la sévérité de leurs manifestations cliniques est souvent en lien avec l'accumulation de plaque et la conséquente inflammation parodontale (Chapple et coll, 2018). Le rôle de la désorganisation du biofilm est donc très important, à la fois pour les pathologies

induites par la plaque en prévention primaire afin de préserver l'état de santé parodontale, en prévention secondaire et tertiaire afin de respectivement limiter la parodontite et d'en prévenir la résurgence, mais également pour les pathologies non induites par la plaque qui présentent des manifestations cliniques et des symptômes amoindris par une bonne hygiène bucco-dentaire.

1.1.3 Lien santé bucco-dentaire et santé générale

Les maladies parodontales, mais plus largement bucco-dentaires ont un impact conséquent sur la santé générale ainsi que sur la qualité de vie (Petersen et coll, 2005 ; Antunes et coll, 2020). En effet, le système stomatognathique régit des fonctions essentielles à la vie humaine : la phonation, l'alimentation, mais il permet également de favoriser une vie sociale « normale » notamment par le sourire encadrant une denture saine.

A ce jour les maladies parodontales ont été corrélées selon des niveaux de preuves variables avec :

- les maladies cardiovasculaires (MCV) (Dietrich et coll, 2013 ; Ahmed et coll, 2015, Meng et coll, 2024 ; Usmani et coll, 2024) ;
- le diabète (Lalla et Papapanou, 2011 ; Stanko et coll, 2014) ;
- le cancer : colo-rectal notamment (Yao et coll, 2014 ; Nosho et coll, 2016, Flynn et coll, 2016) ;
- les pathologies pulmonaires (Bansal et coll, 2013) ;
- le risque d'accouchement prématuré ainsi qu'un faible poids à la naissance (Andranova et coll, 2015) ;
- la polyarthrite rhumatoïde (du Teil Espinada et coll, 2019) ;
- la maladie d'Alzheimer (Cestari et coll 2016 ; Kinney et coll, 2018 ; Jungbauer et coll, 2022).

Ces liens reposeraient sur la dissémination par voie sanguine, digestive et respiratoire des bactéries parodontales, mais également de molécules et produits métaboliques qui participent à la réaction inflammatoire. Ainsi, la diminution de l'accumulation de plaque dentaire réduit non seulement l'inflammation local et le risque de bactériémie, mais limite également la migration des bactéries et de leurs métabolites à distance de la cavité buccale ; ces facteurs pouvant favoriser le développement des maladies systémiques précédemment citées.

1.2 L'hygiène : socle du traitement parodontal

1.2.1 L'hygiène orale : pourquoi ?

La carie et les maladies parodontales sont parmi les maladies les plus répandues dans le monde et leur traitement est souvent très onéreux. Ces pathologies impactent la mastication, la phonation, mais également la santé générale, l'estime de soi et la qualité de vie. La plaque dentaire étant la cause principale de la maladie carieuse et parodontale, une diminution de l'accumulation de plaque par une désagrégation quotidienne du biofilm est déterminante pour la santé buccodentaire.

Comme expliqué précédemment, la plaque dentaire est organisée en biofilm qui se caractérise par une matrice d'exopolymères de saccharides très adhérents aux surfaces dentaires et abiotiques dans laquelle s'organisent des bactéries en colonies. Cette matrice limite l'accès des cellules immunitaires, mais également des agents antimicrobiens tels que les antibiotiques et antiseptiques. De ce fait, la désagrégation et l'élimination de cette matrice par frottement sont fondamentales afin d'obtenir une modification qualitative et quantitative sur ces espèces.

Un nettoyage physiologique des surfaces dentaires s'effectue par frottement des joues durant la mastication et la phonation, limitant ainsi partiellement le développement du biofilm. Le débit salivaire ainsi que le fluide crévulaire permettent aussi d'effectuer un "lavage" des surfaces dentaires et du sillon gingival limitant le dépôt de plaque dentaire. De plus, la desquamation des cellules épithéliales des tissus mous permet également l'élimination des bactéries adhérentes à leur surface.

Cependant, ces mécanismes d'autonettoyage restent insuffisants pour prévenir l'apparition de la pathologie carieuse et parodontale (Chapple et coll, 2015, Slot et coll, 2020). En conséquence, afin de préserver la santé bucco-dentaire, des pratiques d'hygiène dentaire doivent être adoptées par le patient. Un contrôle de plaque efficace permet en effet de prévenir toute maladie parodontale et carieuse.

Il existe à cette effet plusieurs outils d'hygiène buccodentaire :

- les brosses à dents : manuelles et électriques ;
- les outils d'hygiène interproximale.

1.2.2 Les brosses à dent

- Caractéristiques

L'utilisation de la brosse à dents représente la pratique la plus répandue pour l'hygiène orale. Aujourd'hui, nous pouvons retrouver un nombre très élevé de brosse à dents qui peuvent être manuelles, électriques de technologies variées (manuelle, oscillo-rotative, sonique, ionique), de forme, taille et dureté des brins différentes (figure 1).



Figure 1 : Différentes brosses à dents (Document personnel).

La brosse à dents manuelle reste aujourd'hui la plus répandue (Lang et coll, 2022). Une brosse à dents est constituée d'un manche et d'une tête. Plusieurs techniques de brossage sont décrites en littérature : horizontale, verticale, du rouleau, de Bass, de Bass modifiée, de Stilmann modifiée. Elles se différencient par leurs mouvements et l'inclinaison de la tête de brosse. Aucune méthode ne semble être plus efficace de façon significative. A ce propos, dès 1986, Frandsen a commenté cette question en déclarant : « Les chercheurs ont réalisé que l'amélioration de l'hygiène bucco-dentaire ne dépend pas tant du développement de meilleures méthodes de brossage que de l'amélioration des performances des personnes utilisant l'une des méthodes acceptées » (Lang et coll, 2022).

- Les études

Une étude avec un suivi de 26 ans (Kressin et coll, 2003) a mis en évidence que l'utilisation constante de la brosse à dents au moins une fois par jour diminue de 49% le risque de perte dentaire par rapport à des pratiques d'hygiène non quotidiennes. Bien que la plupart des individus affirment se brosser les dents au moins deux fois par

jour, il ressort clairement d'études épidémiologiques et cliniques que les procédures d'hygiène bucco-dentaire mécanique, telles qu'elles sont pratiquées par les sujets, sont insuffisantes pour contrôler la formation de plaque supra-gingivale et prévenir la gingivite et les formes plus graves de maladie parodontale (Sheiham et Netuveli, 2002).

Les caractéristiques de conception moderne des brosses électriques permettent d'améliorer le brossage des patients ayant une dextérité manuelle et/ou une habileté limitée. Elles éliminent la plaque dentaire en moins de temps qu'une brosse manuelle standard. L'ensemble des données disponibles tend à démontrer également que les brosses à dents électriques sont plus efficaces que les manuelles pour réduire la plaque dentaire et les pathologie gingivales (Sicilia et coll, 2002 ; Yaacob et coll, 2014 ; Elkerbout et coll, 2020 ; Wang et coll, 2020) avec une diminution de la plaque dentaire de 21% et une diminution de gingivite de 11% de plus qu'avec les techniques manuelles. Les preuves les plus significatives ont été rapportées pour les brosses à dents électriques oscillo-rotatives (Grender et coll, 2020). D'autres études tendent à démontrer la supériorité de la technologie oscillo-rotative sur l'efficacité de diminution de la plaque dentaire et du nombre de sites présentant un saignement par rapport à la technologie sonique (Clark-Perry et Levin, 2020 ; El-Chami et coll, 2021 ; Van der Sluijs et coll, 2021). Les brosses à dents soniques à haute fréquence et à haute amplitude réduisent également la plaque dentaire et la gingivite de manière significativement plus efficace que les brosses à dents manuelles (Wang et coll, 2020), mais des études complémentaires sont nécessaires afin que les professionnels de santé puissent fournir des informations fondées sur des données probantes à leurs patients concernant les performances des différentes brosses à dents électriques au regard de l'élimination de la plaque (Lang et coll, 2022).

- **La compliance**

La compliance aux recommandations d'hygiène orale est généralement faible (Thomas, et coll, 2004). En effet, la durée de brossage manuel varie selon les patients de 30 à 60 secondes. Pour un brossage d'une minute, on observe une élimination de 39% du biofilm (Van der Weijden et coll, 1993). Les études montrent que la plupart des personnes n'éliminent en moyenne que 50% de la plaque avec la brosse à dents (Jepsen, 1998). Les résultats des études montrent que la plupart des sujets ne

brossent pas de façon efficace et ont une rémanence de plaque importante et cela même en se brossant les dents une fois par jour (Susanto et coll, 2020 ; Lang et coll, 2022).

Il semble que la technologie de la brosse à dents utilisée par le patient ait un impact sur sa compliance. En effet, les brosses à dents électriques semblent améliorer l'observance à long terme (Hellstadius et coll, 1993 ; Stålnacke et coll, 1995 ; Warren, 1998, Lang et coll, 2022).

- **Les recommandations**

Les recommandations de l'Union Française pour la Santé Bucco-Dentaire (UFSBD) préconisent un brossage biquotidien, matin et soir, d'une durée de 2 minutes avec une pâte dentifrice fluorée. Le choix de la brosse à dents portera de préférence sur une brosse de petite tête et brins souples synthétiques (UFSBD, 2022).

De plus, il est nécessaire de prendre en considération une autre variable afin d'améliorer l'efficacité du brossage des patients : la fréquence de remplacement de la brosse à dents. L'usure induit une perte de force de cisaillement qui se traduit par une diminution de la capacité à éliminer la plaque dentaire efficacement. Les professionnels, les associations dentaires ainsi que les fabricants préconisent ainsi un remplacement tous les 3-4 mois. L'évasement des brins est une caractéristique pertinente qui permet d'évaluer l'usure de la brosse à dents (Lang et coll, 2022).

1.3 L'hygiène interproximale

1.3.1 Pourquoi une hygiène interproximale ?

La morphologie et l'agencement des surfaces dentaires représentent un véritable défi. La brosse à dents atteint de façon relativement aisée environ 60% des surfaces dentaires, mais les 40% restants sont très difficilement accessibles.

Si le brossage permet l'élimination de la plaque supra-gingivale des surfaces convexes de la dent (en vestibulaire, palatine, lingual et des surfaces occlusales), des dispositifs spécifiques sont nécessaires pour nettoyer les espaces interdentaires. (UFSBD, 2022)

Les faces proximales, mésiales et distales, sont constituées par deux zones distinctes (figure 2) (Lang et coll, 2022) :

- les zones proximales : elles correspondent aux espaces visibles entre deux dents adjacentes, soit les surfaces dentaires mésio- et disto-vestibulaires, mésio- et disto-palatines/linguales, zones qui ne sont pas situées sous le point de contact (zone jaune sur le schéma figure 2) ;
- les zones interproximales ou interdentaires : les zones sous le point de contact et directement liées à celui-ci (zone bleue, figure 2).

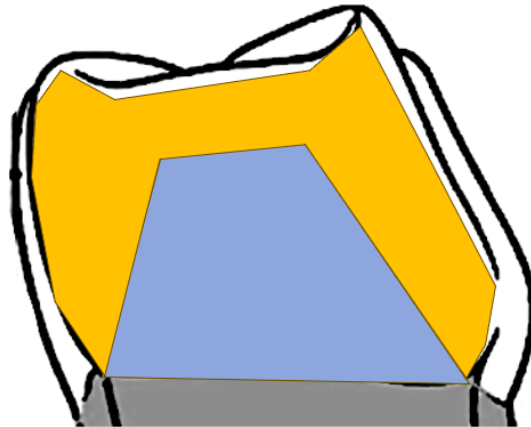


Figure 2 : Schéma de la zone proximale (en orange) et de la zone interproximale (en bleu) (Document personnel).

Il apparaît donc que les espaces interproximaux sont des zones “abritées”, relativement inaccessibles au brossage : la brosse à dents ne permet pas la désorganisation du biofilm interproximal. Les surfaces interproximales prémolaires et molaire sont les zones dans lesquelles la quantité de plaque résiduelle est la plus importante chez les sujets qui exécutent un brossage dentaire seul de façon régulière. (Lang et coll, 2022). Les zones interdentaires représentent un tiers de l’ensemble des surfaces dentaires (Rosan et Lamont, 2000).

Un consensus international a montré que l’hygiène interproximale est essentielle pour le maintien de la santé gingivale de cette zone et cela de façon plus prononcée en prévention secondaire de la maladie parodontale. Ce sont en effet les sites interdentaires qui sont les plus atteints en cas de gingivite et/ou parodontite par rapport aux sites vestibulaires, palatins et linguaux (Sanz et coll, 2020).

Les zones interdentaires constituent une micro-niche écologique protégée par la papille dans laquelle la salive ne peut circuler aisément et jouer son rôle tampon et de lavage (Maheswari et coll, 2015). C’est également, ici, que 80% des lésions carieuses

débutent (Pepiot, 2019). Le nettoyage interdentaire est associé à une diminution de l'accumulation de plaque et de tartre (Crocombe et coll, 2012), mais également à une diminution des maladies parodontales, des lésions carieuses interproximales et occlusales et une diminution des dents manquantes (Marchesan et coll, 2018). L'hygiène interproximale a donc un double enjeu : parodontale et carieux.

Le principe fondamental de prévention étant que l'effet est le plus grand là où le risque de maladie est le plus élevé. Ainsi, l'élimination de la plaque dentaire dans les espaces proximaux à l'aide de brossettes interdentaires et de fil (en plus du brossage dentaire usuel) apparaît d'une importance cruciale pour la plupart des patients (Lang et coll, 2022).

1.3.2 Particularités et outils

Au fil du temps, de nombreux outils et méthodes ont été développés pour nettoyer la zone interproximale : fil dentaire, brossettes interdentaires, batônnets interdentaires, hydropulseur.... Cependant tous ces outils doivent s'adapter aux patients et à l'anatomie dentaire. Des facteurs anatomiques tels que la situation papillaire, la taille de l'espace, la morphologie des surfaces dentaires interproximales et l'alignement dentaire, doivent être évalués. Des facteurs liés au patient doivent l'être également : la facilité d'utilisation, la dextérité, la motivation du patient ainsi que ses préférences. Prendre en compte ses préférences pour un outil est, en effet, très intéressant pour améliorer la compliance sur le long terme. De ce fait, l'outil le plus approprié est celui qui permettra à chaque patient individuellement d'atteindre un niveau de nettoyage interdentaire sûr et élevé (Amarasena et coll, 2019). Les dispositifs doivent être modifiés pour s'adapter aux changements dimensionnels de l'espace interdentaire suite aux thérapeutiques mises en œuvre et à la réponse tissulaire. C'est pourquoi une prescription individualisée est déterminante pour obtenir un niveau d'hygiène satisfaisant.

- **Le fil dentaire**

Le fil dentaire (figure 3) est la méthode la plus universellement utilisée et permet d'éliminer jusqu'à 80% de la plaque interproximale chez les sujets avec un parodonte sain présentant une papille qui remplit la totalité de l'espace interdentaire (Lang et coll, 2022).



Figure 3 : Fil dentaire spongieux : technique à cravate (Document personnel).

Une revue Cochrane récente a évalué l'efficacité de tous les outils de nettoyage interdentaire et a conclu que la soie/fil dentaire, en plus du brossage dentaire, pourraient réduire significativement la gingivite chez des patients n'ayant pas de perte papillaire (Worthington et coll, 2019).

- **Les bâtonnets en bois**

Les bâtonnets en bois (*woodstick*), remontant à l'époque des hommes préhistoriques, sont le plus ancien dispositif d'hygiène dentaire (Lang et coll, 2022). Ils sont de section triangulaire à la différence des cure-dents classiques à section ronde ou ovoïdale (figure 4).



Figure 4 : Bâtonnets gingivaux (Source Papilli ®).

Ils peuvent stocker du fluor et le relâcher lorsqu'il est humidifié par la salive (Axelsson et coll, 2004). Son utilisation est aisée, mais les régions postérieures restent difficiles à atteindre et leur utilisation dans le secteur antérieur peut provoquer une perte

permanente de la papille et l'ouverture de l'embrasure, occasionnant un problème esthétique majeur. Leur utilisation n'est pas conseillée.

- Les bâtonnets interdentaires en caoutchouc et en élastomères

Les bâtonnets interdentaires en caoutchouc et en élastomères sont une évolution récente des bâtonnets en bois. Ils sont constitués par un toron en plastique recouvert par des brins en élastomères (Soft Pick™) ou par des lamelles en silicone (EasyPick™) qui massent la gencive et délogent les aliments (figure 5).

À ce jour, aucune différence significative n'a été rapportée concernant l'efficacité des bâtonnets interdentaires pour la diminution du saignement et des scores de plaque par rapport aux brossettes interdentaires (Hennequin-Hoenderdos et coll, 2018) pour des espaces compatibles à l'utilisation de ces dispositifs. En revanche, ils entraîneraient moins d'abrasion gingivale (Hennequin-Hoenderdos et coll, 2018).



Figure 5 : Soft-Pick ® (Source Gum®).

- Les hydropulseurs

Un autre dispositif utilisé pour l'hygiène interproximale est l'hydropulseur. Le fonctionnement des hydropulseurs se base sur un jet d'eau ou de solution antiseptique sur les surfaces dentaires qui grâce aux forces hydrodynamiques élimineraient la plaque des surfaces interproximales et des zones de rétention. Une étude *ex vivo* avec analyse par microscope électronique à balayage a démontré l'efficacité d'un jet d'eau d'hydropulseur pour éliminer le biofilm au niveau des zones proches de la jonction émail-cément (Gorur et coll, 2009). Cependant le jet a également le potentiel de provoquer une bactériémie (Husseini et coll, 2008) et le réservoir d'eau ainsi que la tubulure peuvent, en absence de passage de désinfectant, favoriser la prolifération de biofilm qui est ensuite re-éjecté chez le patient. Kotsakis, lors de sa méta-analyse, classe les irrigateurs gingivaux ainsi que les brossettes interdentaires au premier rang des dispositifs les plus efficaces pour réduire le saignement gingivale (Kotsakis et coll,

2018). En revanche, aucune réduction significative de la plaque dentaire n'a été prouvée. Les raisons pour lesquelles les effets sur l'inflammation sont présents sans réduction quantitative de la plaque ne sont pas encore comprises. Le jet dentaire peut donc être recommandé, avec quelques précautions d'utilisation, en complément à d'autres dispositifs, mais pas seul.

- Les brossettes interdentaires

Les brossettes interdentaires sont des dispositifs qui seront détaillés dans un chapitre dédié.

1.3.3 Les embrasures : à chaque embrasure son dispositif d'hygiène

Les embrasures sont définies comme « l'espace délimité, dans un plan sagittal, par le point (ou la surface) de contact de deux dents adjacentes, par le septum interdentaire et latéralement par une partie des faces proximales de ces deux dents » (CNRTL, 2005).

En conséquence, l'espace et la forme de cette zone sont déterminés par la morphologie et le positionnement des dents et de leurs tissus parodontaux.

Comme illustré en figure 6 dans l'image de gauche, chaque espace interdentaire présente une embrasure vestibulaire (en orange) et une embrasure palatine ou linguale (en jaune). Ces deux embrasures peuvent avoir des dimensions différentes.

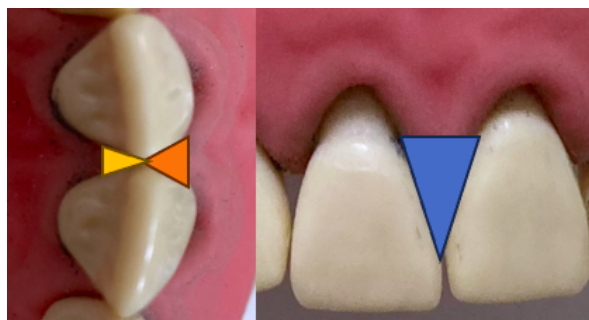


Figure 6 : Vue transversale (image de gauche) et frontale (image de droite) d'embrasure dentaire (Document personnel).

Cela est particulièrement visible en présence de malpositions dentaires telles que les rotations.

Nous observons 3 types d'embrasure selon la situation de la papille qui occupe ce volume (figure 7) :

- Type 1 : l'espace interdentaire est fermé et la papille interdentaire le remplit entièrement ;
- Type 2 : l'espace interdentaire est ouvert et la papille interdentaire remplit environ 51-75 % de l'espace ;
- Type 3 : représente un espace interdentaire plus ouvert où la papille interdentaire remplit moins de 50 % de l'espace (Liang et coll, 2020).

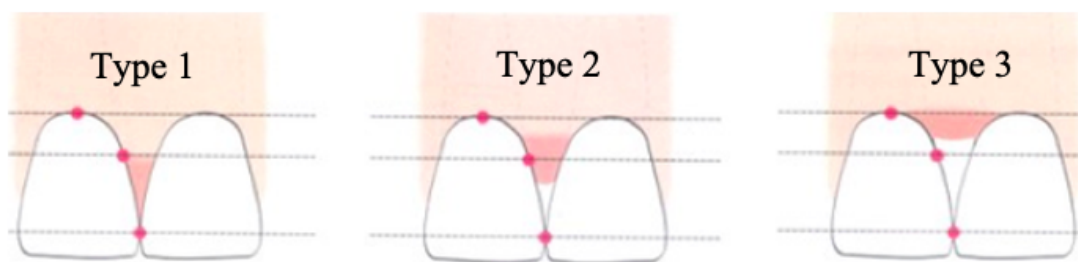


Figure 7 : Les différents types d'embrasures (Document personnel d'après Wikipedia).

Les embrasures de type 1 sont plus fréquemment observées chez les patients jeunes et en bonne santé (Van der Weijden et coll, 2011, Liang et coll, 2020), alors que celles de type 2 et 3 sont plus courantes dans une population vieillissante, présentant des récessions gingivales, une parodontite active ou des antécédents de maladie parodontale (Liang et coll, 2020).

Une revue systématique de Liang et collaborateur en 2020 a proposé un arbre décisionnel, fondé sur les preuves, pour le choix du dispositif d'hygiène interproximale pour les embrasures fermées (type 1) (figure 9) et ouvertes (type 2 et 3) (figure 8).

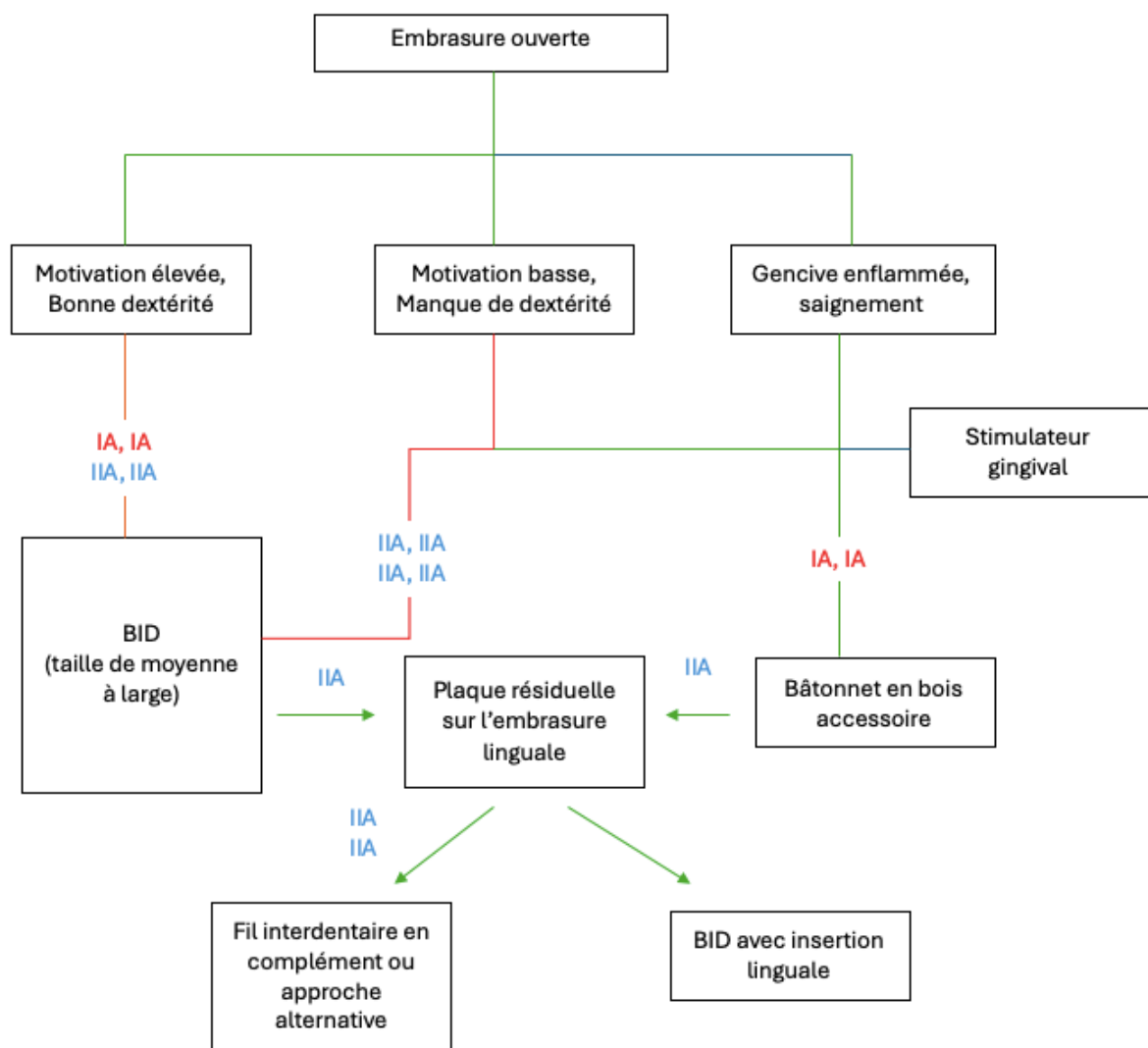


Figure 8 : Arbre décisionnel concernant le choix du dispositif d'hygiène interproximal le plus approprié pour les embrasures ouvertes de type 2 et 3. Brossettes interdentaires (IDB). IA (rouge) : méta-analyse et/ou revue systématique ; IIA (bleu) :

essais contrôlés randomisés ; IB (vert) : essais contrôlés non randomisés (Document personnel d'après Liang et coll, 2020).

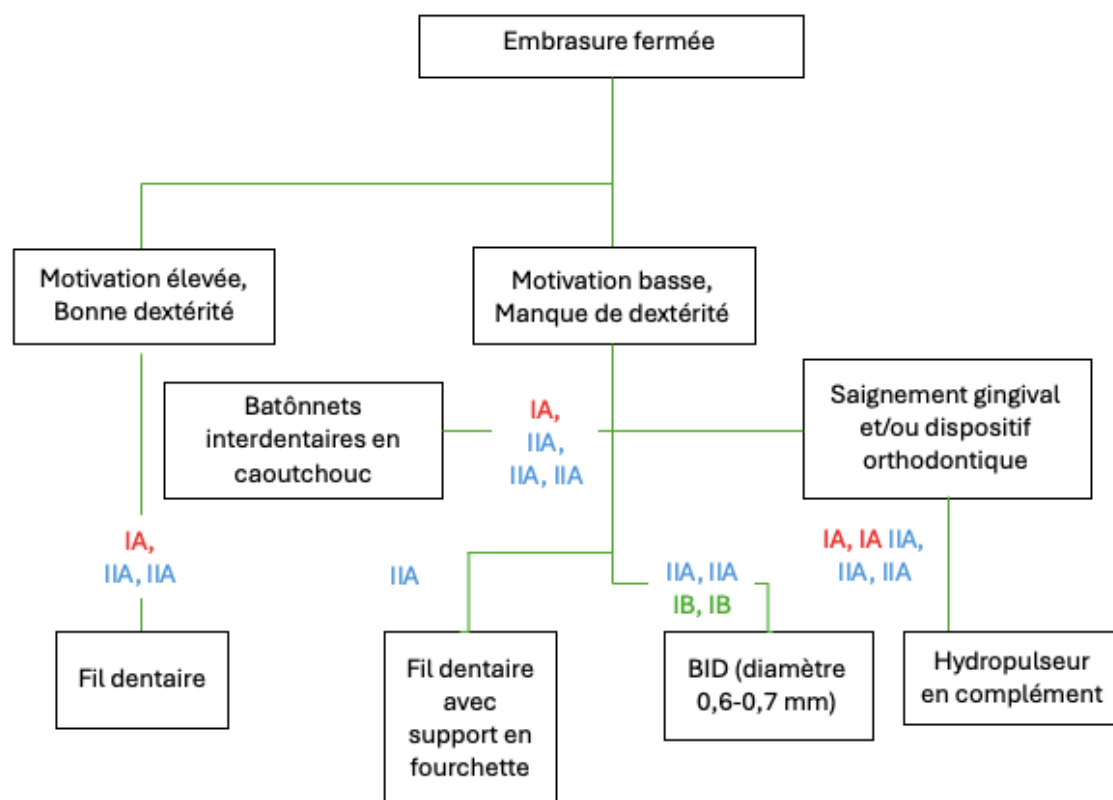


Figure 9 : Arbre décisionnel concernant le choix du dispositif d'hygiène interproximal le plus approprié pour les embrasures fermées de type 1. Brossettes interdentaires (IDB) ; IA (rouge) : méta-analyse et/ou revue systématique ; IIA (bleu) : essais contrôlés randomisés ; IB (vert) : essais contrôlés non randomisés (Document personnel d'après Liang et coll, 2020).

Pour les embrasures fermées de type 1, le fil dentaire est le dispositif de nettoyage interdentaire le plus approprié (Saltzer et coll, 2015 ; Liang et coll, 2020). Cependant, pour les personnes atteintes d'embrasures fermées de type 1, mais qui manquent de motivation ou qui ont des problèmes de dextérité manuelle, des dispositifs de nettoyage interdentaire différents doivent être pris en compte.

Les brossettes interdentaires de petit diamètre (0,6-0,7 mm) devraient être recommandées comme alternative efficace au fil dentaire traditionnel pour les patients

qui démontrent une motivation défaillante ou absente (Imai et Hatzimanolakis, 2011 ; Liang et coll, 2020).

Les bâtonnets interdentaires en caoutchouc et en élastomères peut être utilisés en cas de motivation et/ou de dextérité manuelle insuffisantes car le degré d'acceptation de ces dispositifs est très favorable et qu'ils diminuent l'accumulation de plaque et le saignement (Graziani et coll, 2018 ; Liang et coll, 2020).

L'irrigation orale peut être également recommandée en complément du brossage pour les personnes ayant des embrasures de type 1, qui manquent de motivation, présentant des incapacités physiques de dextérité manuelle ou portant des appareils orthodontiques (Liang et coll, 2020).

Les brossettes interdentaires sont recommandées pour les patients qui présentent des embrasures ouvertes de type 2 et 3 indépendamment de leur motivation et de leur dextérité manuelle (Liang et coll, 2020). Le principal avantage d'une brossette interdentaire est la capacité d'atteindre les sillons et les fissures interdentaires anatomiques, qui ne peuvent être atteintes mécaniquement par aucun autre dispositif de nettoyage interdentaire (Saltzer et coll, 2015).

Les brins d'une brossette interdentaire de taille appropriée désagrègent en effet le biofilm interdentaire dans les concavités anatomiques des dents et des racines qui sont très fréquemment retrouvées au niveau des prémolaires et des molaires (Imai et Hatzimanolakis, 2011) (figure 10).

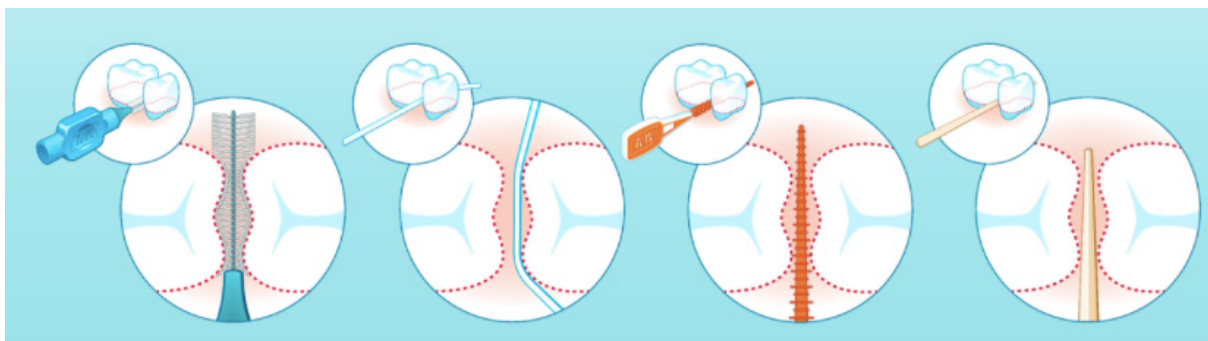


Figure 10 : Les brossettes interdentaires atteignent les surfaces concaves interproximale des molaires et prémolaires à différence des autres dispositifs d'hygiène interproximale (Source TePe®).

1.4 Les brossettes interdentaires

1.4.1 Description

Les brossettes interdentaires sont des dispositifs manuels dédiés à l'hygiène des zones pour lesquelles la brosse à dent se révèle insuffisante. Leur utilisation a pour objectif la désorganisation du biofilm par frottement mécanique. Ceci permet à la fois une régulation quantitative et qualitative de la plaque dentaire vers une composition compatible avec une homéostasie tissulaire.

La brossette interdentaire est définie comme « un dispositif à main composé de filaments à dégagement radial de la base et destiné à nettoyer manuellement les surfaces interdentaires » (Afnor, 2017). La norme distingue trois parties principales : la tête, le manche et la base ou toron (figure 11).



Figure 11 : Les trois composantes d'une brossette interdentaire (Document personnel).

- La tête : « est la partie de la brossette interdentaire qui pénètre dans l'espace existant entre les dents et en ressort pour nettoyer les surfaces exposées » (Afnor, 2017). Elle peut être fixe ou amovible, avoir de tailles différentes et doit être protégée par un capuchon en plastique ou en résine. Elle est constituée par une partie du toron et par les filaments qui y sont insérés. La tête de la brossette interdentaire est la partie active qui peut, le plus souvent, être angulée. Cette aptitude à l'angulation est d'autant plus précieuse dans les secteurs postérieurs, plus difficilement accessibles au brossage (Inquimbert et coll 2021). La taille des filaments détermine les différentes formes de la tête : cylindrique et conique (figure 12).

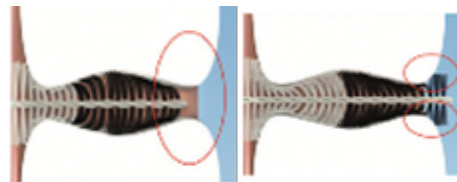


*Figure 12 : Têtes de brossettes interdentaires cylindrique (A) et conique (B)
(Source Pierre Fabre, 2024).*

Les filaments sont généralement en nylon et insérés au niveau du toron. Leur rigidité ne semble pas avoir d'influence sur l'efficacité du brossage interproximal d'après une étude *in vitro* (Wolff et coll. 2006). Les degrés de dureté et de rigidité des brins de la brossette interdentaire dépendent des caractéristiques du filament, telles que le matériau, le diamètre et la longueur. Le diamètre des brins, s'exprime en centième de millimètre. Les filaments plus fins sont plus souples, tandis que les filaments plus épais sont plus rigides et moins flexibles. Des brins de diamètres différents peuvent coexister sur une même brossette interdentaire. Il peut en effet être avantageux avoir des brins plus souples au niveau de l'extrémité de la tête de la brossette interdentaire afin de diminuer la force d'insertion et des brins moins souples dans la partie de la tête la plus proche du manche pour une meilleure rigidité (Inquimbert et coll 2021). De plus, la densité des filaments d'une touffe influe sur sa rigidité, car chaque filament fournit un support aux filaments adjacents. Par conséquent, le nombre de filaments par touffe détermine également la rigidité finale d'une brossette interdentaire. Une rigidité accrue empêchera les extrémités du filament de se plier vers l'arrière pendant le brossage, évitant ainsi le risque d'endommager les tissus mous. Cependant, le filament doit être suffisamment rigide pour que, lors du passage, une pression suffisante (force

de cisaillement) soit exercée pour permettre une bonne élimination de la plaque dentaire (Lang et coll, 2022).

- La base ou toron : « est le support central de la tête de la brosette interdentaire. Elle est généralement constituée d'un fil torsadé » (Afnor, 2017), en acier inoxydable le plus souvent, qui retient les filaments disposés de façon hélicoïdale. La base est fixée soit dans le manche, soit dans un connecteur et peut parfois assurer la fonction de manche. Elle peut avoir des tailles, couleurs différentes et être recouverte par une protection de nylon. La longueur et l'épaisseur du toron sont également des facteurs à prendre en considération, en effet, si la longueur du toron est trop courte le retrait de plaque sera incomplet du fait de l'absence du phénomène d'éjection. La longueur doit, par conséquence, être adaptée à la zone de passage de la brosette interdentaire, en secteur postérieur cela est particulièrement important car l'accès est plus difficile et les dents possèdent un diamètre vestibulo-lingual plus important. Le diamètre du toron, il doit être le plus fin possible pour laisser plus d'espace pour les brins, tout en garantissant une rigidité suffisante au bon fonctionnement de la brosette interdentaire (figure 13).



*Figure 13 : Longueur des torons et phénomène d'éjection de la plaque dentaire
(Source Pierre Fabre, 2024).*

- Le manche : « est la partie de la brosette interdentaire qui maintient la base » (Afnor, 2017). Il peut avoir des morphologies et textures différentes selon les gammes et les fabricants et souvent il présente une coloration spécifique correspondante au plus petit diamètre de passage selon la classification ISO. Il se doit d'être rigide pour une bonne utilisation et une prise en main plus stable.

1.4.2 Évidence scientifique

Les brossettes interdentaires constituent le dispositif qui, à ce jour, présente le plus de diamètres, formes et variantes permettant d'atteindre les espaces interdentaires avec plus d'aisance dans différents contextes : orthodontique, implantaire et dentaire (figure 14).

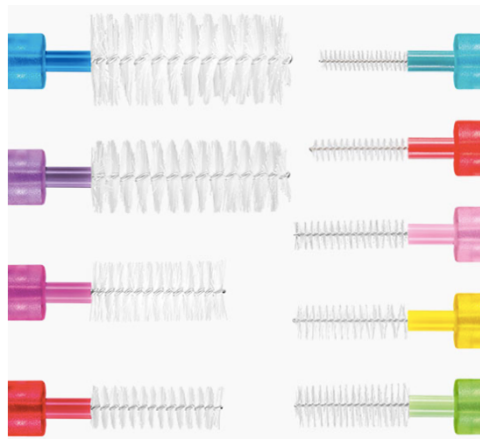


Figure 14 : Différents diamètres de brossettes interdentaires (Source CURAPROX®).

Elles sont recommandées par le 11^e *European Workshop in Periodontology on the primary prevention of periodontal diseases* pour le nettoyage des espaces interdentaires larges et moyens, en prévention primaire, mais surtout en cas de gingivite, parodontite, récessions, perte d'attache et exposition radiculaire (Chapple et coll, 2015 ; Sanz et coll, 2020). Les brossettes interdentaires sont, en effet, aptes à atteindre les zones concaves des surfaces interdentaires telles que les sillons, les rainures, par rapport à d'autres dispositifs qui en sont incapables (fil dentaire et bâtonnets en bois).

Il a été démontré que les brossettes interdentaires réduisent de façon significative le saignement des sites chez les sujets avec embrasure de type 1 (Imai et Hatzimanolakis, 2011), ainsi qu'elles sont plus efficaces que les bâtonnets en élastomères pour la réduction l'inflammation (Yost et coll, 2006). La dernière revue systématique de la Cochrane a conclu que le passage des brossettes interdentaires en association avec le brossage permet une réduction significativement plus importante de la gingivite et de la plaque dentaire que le brossage seul. Cette même

revue indique également que les brossettes interdentaires sont plus efficaces que la soie dentaire pour réduire la gingivite (Worthington et coll, 2019).

1.4.3 Normalisation et réglementation

Les travaux de normalisation internationale sont confiés à *l'International Organization for Standardization* (ISO), qui détermine et publie des normes internationales destinées à harmoniser entre elles les normes nationales. L'élaboration des normes internationales est confiée aux comités techniques de l'ISO. Il existe également à cet effet un Comité européen de normalisation (CEN).

Concernant les brossettes interdentaires, leur normalisation a été confiée au comité technique ISO/TC 106 et le comité européen de normalisation (CEN) TC55 qui ont élaboré la norme homologuée NF EN ISO 16409 dont la dernière publication est apparue en 2016.

La « norme européenne pour les brossettes interdentaires a le statut d'une norme française et reproduit intégralement la norme internationale » (Afnor, 2017).

Cette norme s'applique aux brossettes interdentaires manuelles « dont la tête présente une section ronde et qui sont composées d'une base filaire avec insertion de filament » (Afnor, 2017). Elle ne s'applique pas, donc, aux brosses à dent manuelles, au fil interdentaire, bâtonnets en plastique recouverts d'élastomères ou silicone ou autres dispositifs.

La Norme NF EN ISO 16409 a pour but de spécifier « les exigences et les méthodes d'essai permettant de déterminer les critères de performances des brossettes » (Afnor, 2017).

A ces fins, elle classe les brossettes interdentaires selon la taille de la tête, mais spécifie également les caractéristiques externes, la force d'extraction de la touffe, la fatigabilité mécanique et chimique des matériaux ainsi que l'étiquetage et l'emballage.

Les brossettes interdentaires s'articulent en trois sous-groupes :

- type 1: les têtes de rechange peuvent être montées dans un manche ;
- type 2: la tête de la brosse est fixée en permanence dans le manche ;
- type 3: la base assure la fonction de manche.

La classification ISO, en revanche, attribue une valeur sur une échelle de 0 à 8 selon la taille de la brosse interdentaire (tableau 2). La taille de la brosse interdentaire

est déterminée en utilisant le diamètre du trou de passage le plus petit à travers lequel la tête de la brosse est passée, sans déformation de sa base (Afnor, 2017).

Tableau 2 : Taille des brosettes interdentaires selon Norme ISO (Afnor, 2017).

Taille des brosettes interdentaires	Diamètre du trou de passage (mm)
0	$\leq 0,6$
1	De 0,7 à 0,8
2	De 0,9 à 1,0
3	De 1,1 à 1,2
4	De 1,3 à 1,5
5	De 1,6 à 1,8
6	De 1,9 à 2,3
7	De 2,4 à 2,8
8	$\geq 2,9$

La détermination du diamètre du trou de passage minimal s'effectue par le biais d'une plaque de mesure en acier inoxydable ou trempé perforée par 30 trous d'un diamètre allant de 0,6 mm à 3,5 mm, par incrément de 0,1 mm (figure 15). La brosse doit être insérée à la main dans le trou « avec une force cliniquement significative » jusqu'à ce que la tête passe entièrement à travers le trou. Cette opération doit être répétée 8 fois pour chaque modèle de brosse interdentaire. « Le diamètre du plus petit trou satisfaisant à l'essai est le diamètre du trou de passage. Dans le cas de brosettes interdentaires coniques, il est possible d'identifier une ou deux plages de tailles » (Afnor, 2017).

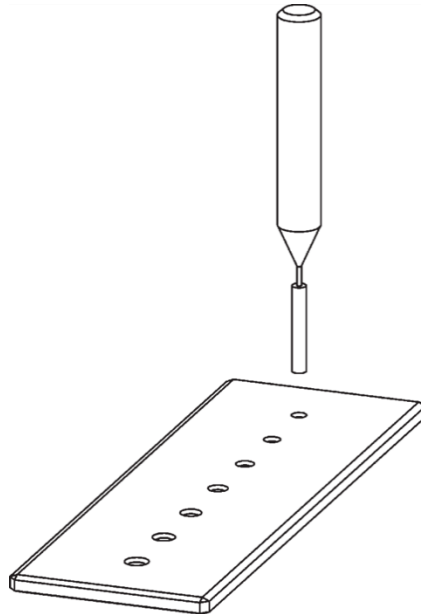


Figure 15 : Plaque de mesure pour déterminer le trou de passage (Afnor, 2017).

L'étiquetage sur l'emballage doit comporter la taille nominale de la brosse interdentaire fondée sur le diamètre du trou de passage et les brosses interdentaires doivent être fournies avec les instructions d'utilisation et d'entretien du fabricant.

La réglementation, à la différence de la normalisation, relève des pouvoirs publics et son application est imposée. Les normes ont un caractère volontaire et témoignent de l'engagement des entreprises à satisfaire un niveau de qualité et sécurité reconnu et approuvé. Seules 1 % des normes sont d'application obligatoire (AFNOR).

La réglementation sur les brosses interdentaires s'assimile à celle des brosses à dents. Chaque fabricant a le droit de déclarer la brosse interdentaire qu'il commercialise en tant que dispositif médical (DM) ou non. Un dispositif médical est « un instrument, appareil, équipement ou encore un logiciel destiné, par son fabricant, à être utilisé chez l'homme à des fins, notamment, de diagnostic, de prévention, de contrôle, de traitement, d'atténuation d'une maladie ou d'une blessure » (ANSM, 2017). Si les brosses interdentaires sont déclarées comme DM elles dépendent de la classe I des DM (classe de matériel non stérile et sans fonction de mesurage).

1.4.4 Notion de diamètre d'insertion et diamètre d'efficacité

Dans une brosse interdentaire il est important d'analyser différents diamètres (figure 16) (Inquimbert et coll 2021) :

- diamètre du toron nu, sans brins ;
- diamètre des brins ;
- diamètre de la brosette interdentaire ;
- diamètre d'insertion ou d'accessibilité (normalisé par ISO) ;
- diamètre d'efficacité : : il représente la longueur des filaments complètement déployés de la brosette interdentaire correspondant aux espaces au niveau desquels les brins viennent se plier au contact de la surface dentaire. Cela nous renseigne non seulement sur les caractéristiques de la brosette interdentaire mais également sur son efficacité et donc son indication.

Il est évident que le diamètre d'insertion et le diamètre d'efficacité sont influencés par : le diamètre du toron, le diamètre total de la brosette interdentaire, le diamètre des brins et donc de leur flexibilité, mais également, de leur longueur, de leur densité et de leur répartition.

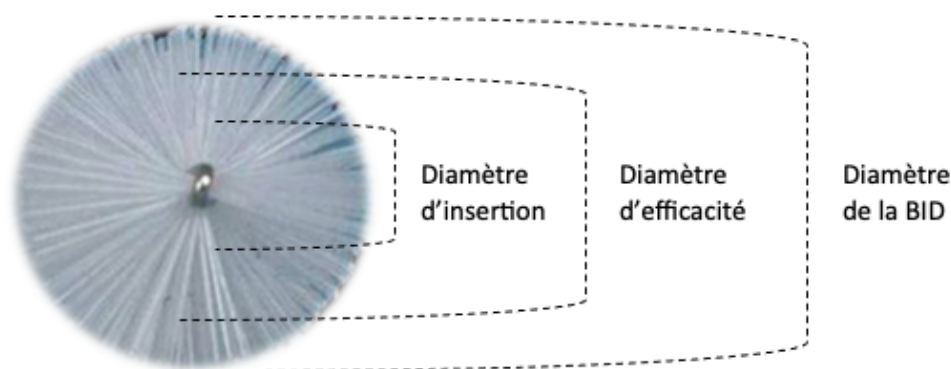


Figure 16 : Section transversale d'une brosette interdentaire et définition de diamètre d'insertion et diamètre d'efficacité (Document personnel).

1.4.5 Utilisation clinique

La calibration des brosettes interdentaires joue un rôle déterminant et un rendez-vous doit lui être dédié. Après avoir fait prendre conscience de la maladie parodontale et expliqué son étiologie, un enseignement au contrôle de plaque et la personnalisation de la prescription des outils d'hygiène bucco-dentaire spécifique au patient sera mise en place. L'implication du patient dans les choix des dispositifs, la prise en compte de ses préférences pour un outil peut être, en effet, très intéressant pour améliorer la compliance sur le long terme.

Une bonne calibration, associée à une éducation thérapeutique, est garante d'une meilleure efficacité et d'une moindre iatrogénie (Inquimbert et coll 2021).

La calibration peut se faire, soit de façon empirique, en insérant des brossettes interdentaires de diamètres croissants soit à l'aide d'une sonde colorimétrique (spécifique à la marque qui la commercialise). Le bon choix étant la brossette interdentaire de plus gros diamètre qui pénètre dans l'embrasure sans forcer.

Le passage d'une brossette interdentaire bien calibrée est indolore et doit correspondre aux « critères des trois F » : Frotter sans Forcer ni Flotter (Inquimbert et coll 2021).

Leur utilisation est recommandée, au minimum, une fois par jour, de préférence le soir, après le brossage avec un mouvement doux et répété entre 8 et 10 fois par espace interdentaire (Bouchard, 2015) (figure 17).



Figure 17 : Brossettes interdentaires (Document personnel).

La brossette interdentaire doit être ensuite rincée et laissée sécher à l'air libre. En cas de parodontite inflammatoire avec saignement ou en cas de dépôt de plaque visible, il est recommandé de rincer la brossette interdentaire entre chaque passage, afin de ne pas contaminer les autres sites. La brossette interdentaire peut être utilisée seule ou en association avec une solution antiseptique ou avec de la pâte dentifrice fluorée pour la reminéralisation de lésions carieuses débutantes. Elle peut être utilisée en début de traitement initial pour favoriser l'élimination optimale de la plaque dentaire et ainsi obtenir une diminution voire l'arrêt du saignement gingival.

Comme tout dispositif d'hygiène, les brossettes interdentaires doivent être changées régulièrement. Dès que les caractéristiques d'usure apparaissent (tige qui se replie sur elle-même, brins hirsutes ou désinsérés du toron) la brossette interdentaire doit être jetée et remplacée.

2 Étude

2.1 Introduction

La classification ISO définit par la norme NF EN ISO 16409 des brossettes interdentaires est actuellement la seule référence qui permet aux professionnels de santé et aux patients de se repérer parmi les différentes brossettes interdentaires proposées par les fabricants. Elle se base sur la taille du diamètre du trou de passage, celui-ci étant le plus petit diamètre par lequel la brossette interdentaire peut passer sans se déformer. Elle ne fournit, en revanche, aucune information concernant le diamètre de la brossette interdentaire ou son diamètre d'efficacité pour un espace ISO donné. Des brossettes interdentaires de diamètres différents peuvent passer par le même trou de passage, en effet, la classification ISO ne définit pas le diamètre de la brossette, mais bien le diamètre du trou par lequel la brossette interdentaire est capable de passer. Il est évident que l'aptitude au passage ne permet pas de connaître l'efficacité d'une brossette interdentaire qui peut dépendre de plusieurs facteurs : le diamètre du toron, la flexibilité des brins, leur densité, leur longueur, leur épaisseur et leur disposition, pour n'en citer que certains. En effet pour une même catégorie ISO, certaines brossettes interdentaires seraient plus efficaces que d'autres. Chaque marque choisit les caractéristiques qu'elle pense les plus adaptées et les plus efficaces pour le produit qu'elle décide de commercialiser.

2.2 Objectifs de l'étude

L'objectif de notre étude était de développer un *set-up* expérimental afin de tester *in vitro*, dans des conditions standardisées, contrôlées et reproductibles, les brossettes interdentaires et d'évaluer l'efficacité de nettoyage d'un même espace interdentaire de différentes brossettes interdentaires appartenant à une même norme ISO.

2.3 Matériels et Méthodes

2.3.1 La machine

Dans cette évaluation *in vitro*, un dispositif mécanique a été dessiné puis imprimé en 3D pièce par pièce spécifiquement pour cette étude. Cette machine convertit la rotation (par manivelle) en un mouvement horizontal pour effectuer le passage des brossettes interdentaires dans les espaces interdentaires avec le même mouvement pour chaque brossette interdentaire testée. La machine est composée (figure 18) d'une partie dynamique, dédiée à la fixation et mobilisation horizontale des brossettes interdentaires, et d'une partie statique dédiée à la fixation du modèle.

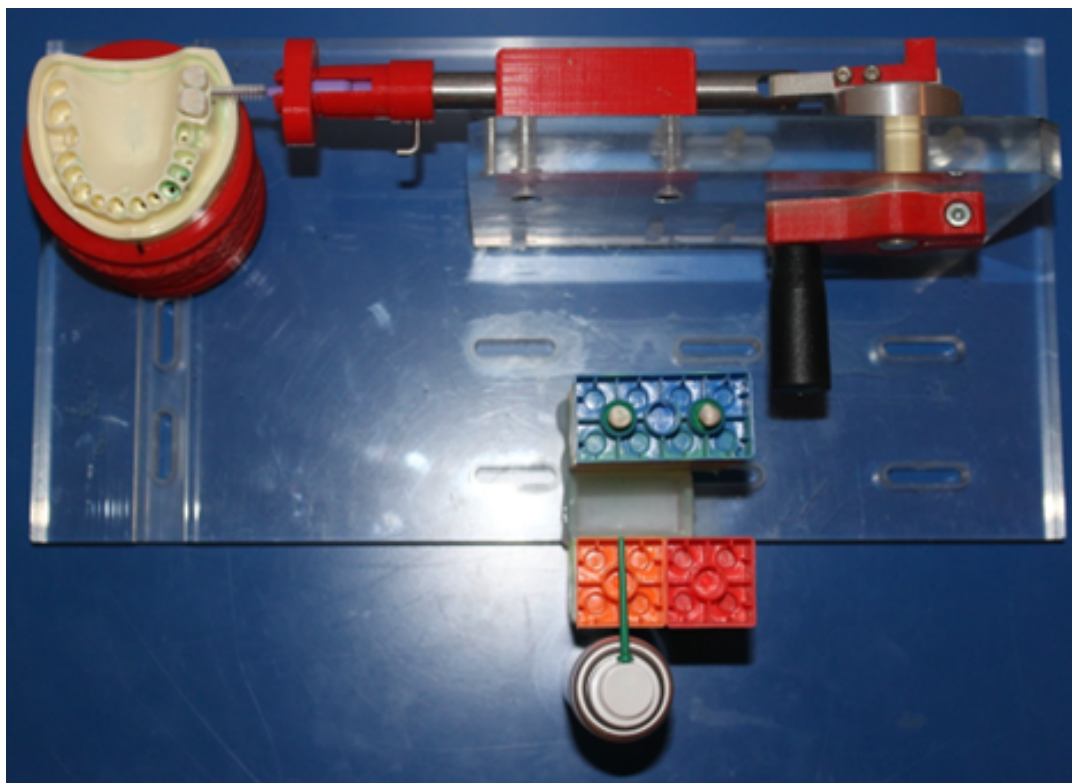


Figure 18 : Machine utilisée pour les tests (Document personnel).

Cette dernière a été réalisée par Impression 3D et se compose d'un cylindre de serrage, d'une sphère d'orientation et d'un plateau de fixation (figure 19).

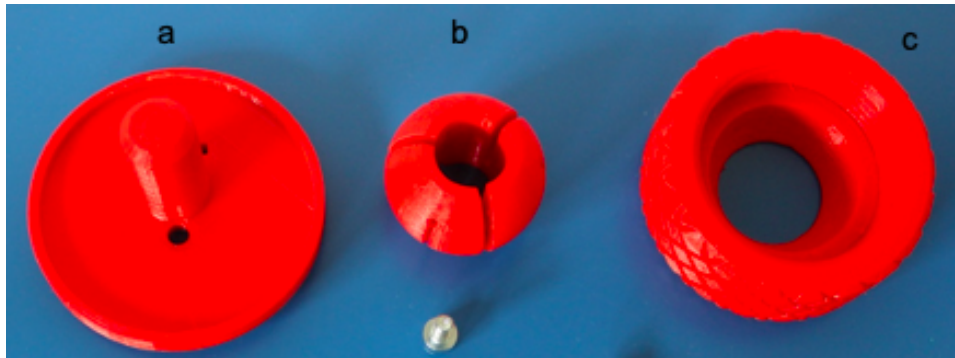


Figure 19 : Système de fixation du modèle démonté en toutes ses composantes : (a) plateau de fixation avec sa visse ; (b) sphère d'orientation ; (c) cylindre de serrage (Document personnel).

Chaque brosse interdentaire a été fixée sur le support et introduite dans l'espace interdentaire correspondant, 8 fois (4 allées et 4 retours) comme préconisé par la littérature (Bouchard, 2015) à l'aide de la machine.

Chaque modèle est fixé toujours dans la même position au niveau du plateau à l'aide d'une visse. Ensuite la sphère permet d'effectuer une rotation et de placer ainsi l'espace interdentaire à tester face à la tête de la brosse interdentaire. Le cylindre de serrage fixe le modèle dans cette position pour la durée du test.

Chaque brosse interdentaire a été fixée fermement au bras mobile à l'aide d'un support de préhension et d'une visse de serrage afin qu'elle ne puisse pas se mobiliser lors du test (figure 20).



Figure 20 : Système de serrage utilisé pour les brosses interdentaires (Document personnel).

Une position unique du modèle et du bras mobile, permettant de tester toutes les brossettes, a été calibrée et recherchée pour les différentes brossettes interdentaires présentent des têtes, torons et manches de longueurs variables.

La position du modèle et de la base de support du bras dynamique a été ajustée pour chaque modèle (mandibulaire et maxillaire) et ensuite maintenue pour tous les essais de toutes les brossettes interdentaires.

2.3.2 Les brossettes testées

Nous avons testé 30 brossettes de 5 fabricants différents (Curaprox®, TePe®, Gum®, Crinex® et Inava®) pour 6 espaces interdentaires de taille différente : ISO1 (0,7-0,8mm), ISO2 (0,9-1mm), ISO4 (1,3-1,5mm), ISO5 (1,6-1,8mm), ISO6 (1,9-2,3mm) et ISO7 (2,4-2,8mm).

Les tailles ISO0 ($\leq 0,6$), ISO3 (1,1-1,2mm) et ISO8 ($\geq 2,9$) n'ont pas été testées car aucun espace interdentaire de cette largeur n'existaient sur notre modèle pédagogique. Une seule marque (TePe®) propose des brossettes interdentaires de taille ISO8. Chaque brossette a été attribuée à un espace en fonction de sa catégorie ISO. En absence d'information sur la norme ISO, le diamètre d'insertion de la brossette interdentaire était utilisé pour servir de référence et la classer dans une taille ISO de référence.

Les brossettes interdentaires incluses dans l'étude et leurs caractéristiques sont résumées dans le tableau 3.

Tableau 3 : Listes des fabricants et des brossettes interdentaires retenus pour cette étude et leurs diamètres (D BDI), diamètres maximaux (D max) et diamètre d'insertion (DI) ainsi que leur classification selon la Norme ISO (Document personnel).

Marque	Gamme	Couleur	ISO	DI (mm)	D BID (mm)	D max BID (mm)
Curaprox	Prime	rouge	1	0,7	2,5	2,5
		rose	1	0,8	3,2	3,2
		jaune	2	0,9	4	4
	Perio	rouge	4	1,3	5	5
		rose	5	1,7	6,5	6,5
		purple	6	2	8	8
		bleu	7	2,8	10	10
Inava	MonoCompact	bleu	1	0,8	2,1	2,1
		jaune	2	1	2,2-2,5	2,5
		rouge	4	1,5	3,0-4,0	4
		violet	5	1,8	4,0-6,0	6
		vert	6	2,2	7,0-8,0	8
		gris	7	2,6	9,0-10	10
Gum	Traveler	rouge	1	0,8	2,3	2,3
		orange	2	0,9	2,3-2,8	2,8
		jaune	4	1,3	3,1-5,1	5,1
		magenta	4	1,4	3,8	3,8
		bleu	5	1,6	3,0-6,6	6,6
		gris	6	2	6,9	6,9
		noir	7	2,6		
Crinex	PHB	orange	1	0,7	2	2
		vert	2	0,9	2,4	2,4
		blanc	4	1,3	3,5	3,5
		bleu	4	1,3	3,5-6	6
		violet	6	2,2	6	6
TePe	Original	orange	1	0,7		
		rouge	2	0,9		
		jaune	4	1,3		
		vert	5	1,6		
		violet	6	2		
		gris	7	2,6		

2.3.3 Le modèle pédagogique

Le modèle utilisé pour l'étude est le modèle NISSIN PER2001-UL-SC-FEM-32 (figure 21).



Figure 21 : Modèle utilisé pour l'étude avec classe ISO des espaces interdentaires testés (Document personnel).

Ce modèle pédagogique est utilisé pour l'hygiène dentaire et pour le traitement parodontal. Chaque dent du modèle peut être enlevée ou fixée à l'aide d'une vis selon les besoins. Ce modèle nous permet donc de reproduire une grande variété de situations cliniques, dans des conditions contrôlées, reproductibles ainsi que d'évaluer le nettoyage par observation directe. La gencive en silicone du modèle a été enlevée pour les essais et a été utilisée pour mesurer la taille des espaces interdentaires.

Nous avons effectué une empreinte en alginate des gencives maxillaire et mandibulaire et ensuite nous avons coulé celles-ci en plâtre de type IV afin d'obtenir des modèles rigides avec le moins de variations de mesure possibles. Les modèles en plâtre ainsi obtenus ont permis de mesurer les espaces interdentaires.

Deux mesures ont été exécutées à l'aide d'un pied à coulisse électronique par deux opérateurs distincts en aveugle (tableau 4).

Nous avons, ensuite, calculé le coefficient de corrélation de Lin afin d'évaluer la reproductibilité entre les deux opérateurs. Le coefficient de concordance de Lin est un coefficient allant de -1 à +1, où les valeurs de -1, 0, et +1 signifient respectivement une discordance parfaite, une concordance nulle, et une concordance parfaite. Le coefficient de Lin est de 0,974 avec un intervalle de confiance de 95% compris entre 0,947 et 0,988, les mesures obtenues par les deux opérateurs sont donc concordantes (tableau 5 et figure 22). Nous avons défini la taille de l'espace interdentaire comme la moyenne des valeurs obtenus par les deux opérateurs.

Tableau 4 : Mesures effectuées par deux opérateurs distincts (OP 1 et OP 2), la moyenne de celles-ci ainsi que la classification des espaces dentaires selon la Norme ISO NF EN ISO 16409 (Document personnel).

	Espace	Op 1	Op 2	Moyenne	Intervalle iso	Testé
MODÈLE MAXILLAIRE	18;17	2,01	2,04	2,025	ISO6	x
	17;16	2,22	2,34	2,28	ISO6	
	16;15	2,28	2,22	2,25	ISO6	
	15;14	1,75	1,86	1,805	ISO5	
	14;13	1,67	1,82	1,745	ISO5	x
	13;12	1,62	1,64	1,63	ISO5	
	12;11	1,64	1,7	1,67	ISO5	
	11;21	1,89	1,9	1,895	ISO5	
	21;22	1,47	1,46	1,465	ISO4	
	22;23	1,85	1,81	1,83	ISO5	
	23;24	1,49	1,48	1,485	ISO4	
	24;25	1,8	1,86	1,83	ISO5	
	25;26	2,1	1,82	1,96	ISO6	
	26;27	2	1,97	1,985	ISO6	
	27;28	0,9	1	0,95	ISO2	
MODÈLE MANDIBULAIRE	38;37	1,54	1,88	1,71	ISO5	
	37;36	2,3	2,32	2,31	ISO6	
	36;35	2,2	2,26	2,23	ISO6	
	35;34	2,4	2,48	2,44	ISO7	
	34;33	1,48	1,37	1,425	ISO4	x
	33;32	1,33	1,28	1,305	ISO4	
	32;31	0,8	0,7	0,75	ISO1	x
	31;41	1	0,9	0,95	ISO2	x
	41;42	0,84	0,9	0,87	ISO1	
	42;43	1,26	1,25	1,255	ISO3	
	43;44	1,28	1,3	1,29	ISO3	
	44;45	1,83	1,79	1,81	ISO5	
	45;46	2,4	2,5	2,45	ISO7	x
	46;47	2,06	2,1	2,08	ISO6	
	47;48	1,75	1,66	1,705	ISO5	

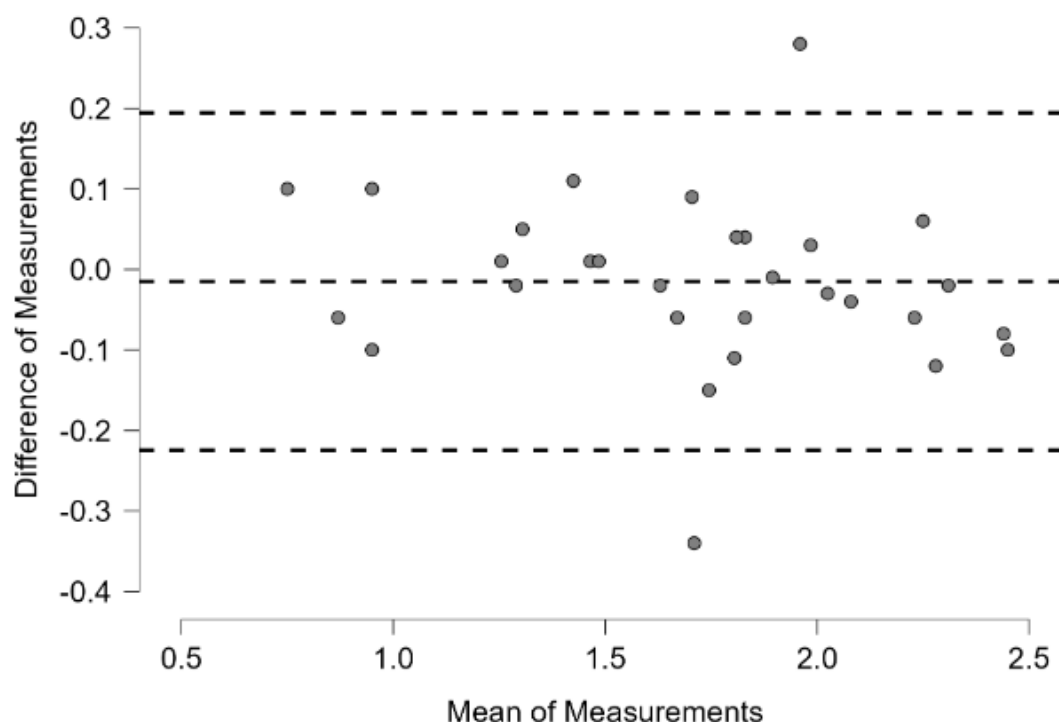


Figure 22 : Graphique de l'intervalle de confiance des mesures des espaces interdentaires effectuées par deux opérateurs. L'intervalle de confiance est compris entre -0,225 et 0,195 (Document personnel).

Tableau 5 : Coefficient de corrélation de Lin (Interclass corrélation ICC3,1) associé à son intervalle de confiance (Document personnel).

Intraclass Correlation

Type	Point Estimate	Lower 95% CI	Upper 95% CI
ICC3,1	0.974	0.947	0.988

Note. 30 subjects and 2 raters/measurements. ICC type as referenced by Shrout & Fleiss (1979).

Bias & Limits	Point Value	Lower 95% CI	Upper 95% CI
Mean difference + 1.96 SD	0.195	0.125	0.264
Mean difference	-0.015	-0.055	0.025
Mean difference - 1.96 SD	-0.225	-0.294	-0.155

La taille mesurée des espaces interdentaires a permis de classer des intervalles selon la Norme ISO NF EN ISO 16409. Les espaces interdentaires du modèle dont la taille se rapproche le plus de la moyenne des valeurs seuils de l'intervalle de la Norme ISO

ont été retenus. Les espaces et les brossettes sélectionnés ont été, donc, couplés selon la norme ISO d'appartenance comme indiqué par le tableau 6.

Tableau 6 : Attribution des brossettes interdentaires selon les espaces sélectionnés selon la Norme ISO (Document personnel).

Taille ISO	Espace du modèle	Brossettes interdentaires
ISO 1 (0,7-0,8)	31D-32M	Crinex 0,7 Curaprox 0,7 Curaprox 0,8 Gum 0,8 Tepe 0,7 Inava 0,8
ISO2 (0,9-1)	31M-41M	Crinex 0,9 Curaprox 0,9 Gum 0,9 Inava 1,0 Tepe 0,9
ISO4 (1,3-1,5)	34M-33D	Crinex 1,3 conique Crinex 1,3 cylindrique Curaprox 1,3 Gum 1,3 conique Gum 1,4 Inava 1,5 Tepe 1,3
ISO5 (1,6-1,8)	13D-14M	Curaprox 1,7 Gum 1,6 Inava 1,8 Tepe 1,6
ISO6 (1,9-2,3)	18M-17D	Crinex 2,2 Curaprox 2 Gum 2,0 Inava 2,2 Tepe 2,0
ISO 7 (2,4-2,8)	45D-46M	Curaprox 2,8 Gum 2,6 Inava 2,6 Tepe 2,6

2.3.4 Modélisation du biofilm

Le biofilm a été modélisé à l'aide d'un spray occlusal (Okklusionsspray de YETI Dentalprodukte GmbH Engen, Allemagne) vert comme décrit par d'autres études (Graetz, 2020 ; Graetz 2021). Le spray a été pulvérisé par un même opérateur, à la distance constante de 3,5 cm (le fabricant préconise une utilisation à 3-4cm) durant 5 secondes (mesurés par un chronomètre). Pour chaque dent, nous avons réalisé une

clé en silicone à l'intérieur d'un cube de construction type Duplo™ pour rendre le positionnement de la dent reproductible pour la pulvérisation (figure 23).



Figure 23 : Set-up en vue latérale pour la pulvérisation (Document personnel).

2.3.5 Analyse d'image : setup et logiciel

Deux clichés photographiques de chaque surface dentaire constituant les espaces interdentaires testés ont été réalisés :

- un à surface propre ;
- un après le passage de la brosse interdentaire testée.

Chaque cliché a été effectué dans une chambre noire, avec luminosité constante dans une position reproductible. Pour chaque dent, nous avons réalisé une clé en silicone dans un bloc de plastique rigide : celle-ci permettant de repositionner la dent dans une position unique. Le bloc avec la dent a pu être ainsi positionné dans une glissière métallique millimétrée et fixé dans cette position par une visse latérale.

Une fois les images obtenues, nous avons procédé à une analyse pixel par pixel de chaque surface interdentaire après passage de la brosse interdentaire.

Nous avons utilisé le logiciel ImageJ pour effectuer cette analyse. ImageJ est un logiciel libre et open source pour le traitement et d'analyse d'images développé par les *National Institutes of Health*, en 1997.

Chaque image numérique tient ses nuances de couleurs des valeurs de trois composantes : rouge, vert et bleu. On parle donc de codage de la couleur en trois octets. Chaque octet représentant la valeur d'une composante couleur par un entier de 0 à 255 (tableau 7). Ces trois valeurs codent la couleur dans l'espace RVB (Rouge, Vert et Bleu).

Tableau 7 : Codage de la couleur dans l'espace RVB (Document personnel).

R	V	B	Couleur
0	0	0	Noir
255	0	0	Rouge
0	255	0	Vert
0	0	255	Bleu
128	128	128	Gris moyen
255	255	255	Blanc

Une analyse préliminaire par décomposition dans les trois composantes colorimétriques nous a donc permis d'observer une modification significative du profil de ces trois composantes entre les surfaces sans spray dites « propres » et les surfaces avec spray dites « sales ». Avec la mise en évidence de deux pics significatifs le rouge et le vert (figure 24).

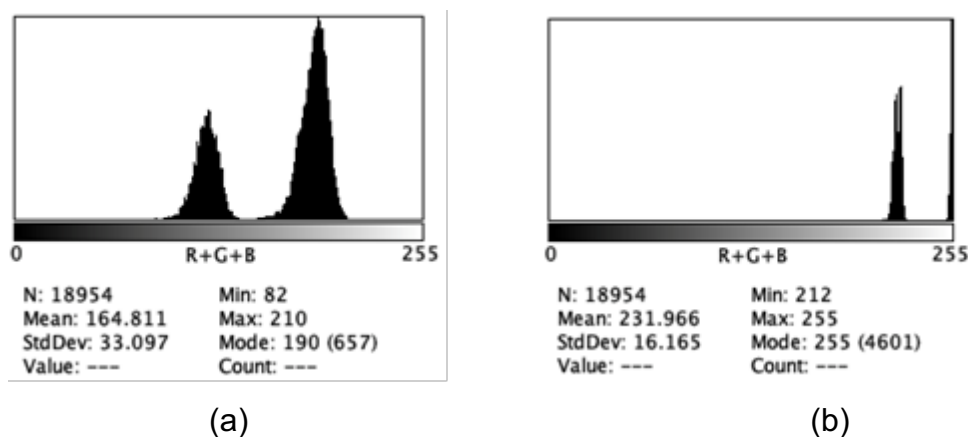


Figure 24 : Profil RVG d'un pixel sale (a) et d'un pixel propre (b) (Document personnel).

Chaque pixel a été déterminé comme sale ou propre en fonction du rapport entre le rouge et le vert. Pour un pixel donné si l'intensité du rouge est inférieure à l'intensité du vert multipliée par le coefficient 0,76 alors le pixel est dit sale. Le coefficient a été déterminé de façon empirique par une analyse préalable des images.

Nous avons vérifié ce coefficient par deux analyses successives sur un échantillon significatif :

- Une première analyse comparative avec deux autres coefficient 0,74 et 0,78 qui entourent le coefficient que nous avons choisi.

- Une deuxième analyse de deux zones de taille constante qui se localisent aux extrêmes de nos zones d'intérêt et qui ne sont pas concernées par le passage des brossettes interdentaires (figure 25).

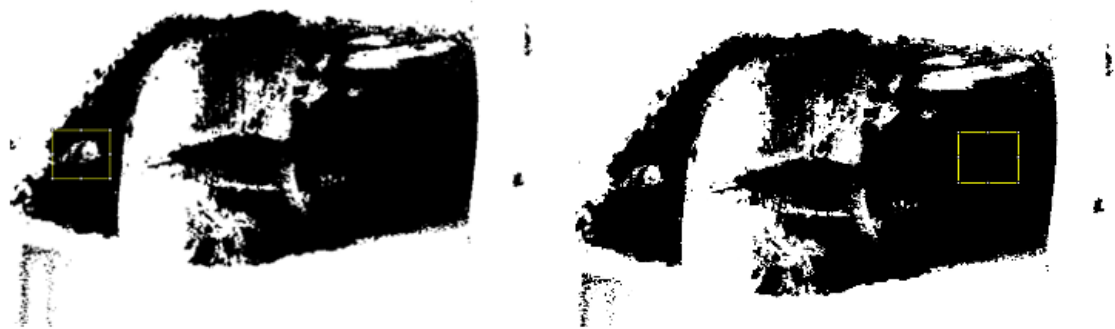


Figure 25 : Zones analysées lors de l'analyse préliminaire : la première se situe autour du point de contact (image de gauche) et la seconde au niveau radiculaire (image de droite) (Document personnel).

Nos considérations sont les suivantes :

- Si les coefficients 0,74, 0,76 et 0,78 mesurent la même proportion de pixels propres (nombre de pixels propres/nombre pixels totaux) au niveau de la zone interdentaire totale (ZIT) et sans différence significative, alors notre coefficient est approprié à cette analyse. En groupant les résultats des quatre brossettes testées (Curaprox 1,7, Gum 1,6, Inava 1,8 et Tepe 1,6), les proportions médianes de pixels propres étaient de 55% avec un coefficient de 0,74, 49% avec un coefficient de 0,76 et 44% avec un coefficient de 0,78 (figure 26), sans différences significatives ($p > 0,05$) ;

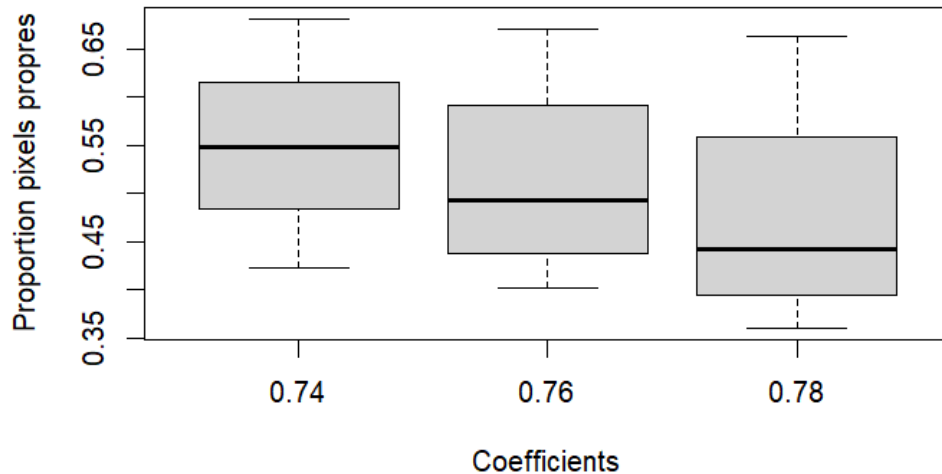


Figure 26 Proportions de pixels propres en fonction du coefficient choisi

- Si le rapport de pixel sales et pixel propres est significativement constant pour ces zones extrêmes non brossées notre protocole est reproductible pour nos zones d'intérêt qui se localisent entre celles-ci.

Ces deux analyses préliminaires montrent que notre coefficient est approprié et que notre protocole est reproductible.

Nous avons évalué 3 zones d'intérêt principal :

- la zone interdentaire coronaire (ZIC) : constituée par la moitié coronaire de la surface interproximale (figure 27 A) ;
- la zone interdentaire apicale (ZIA) : constituée par la moitié apicale de la surface interproximale (figure 27 B).
- la zone interdentaire totale (ZIT) : constituée par la somme de la ZIC et de la ZIA.

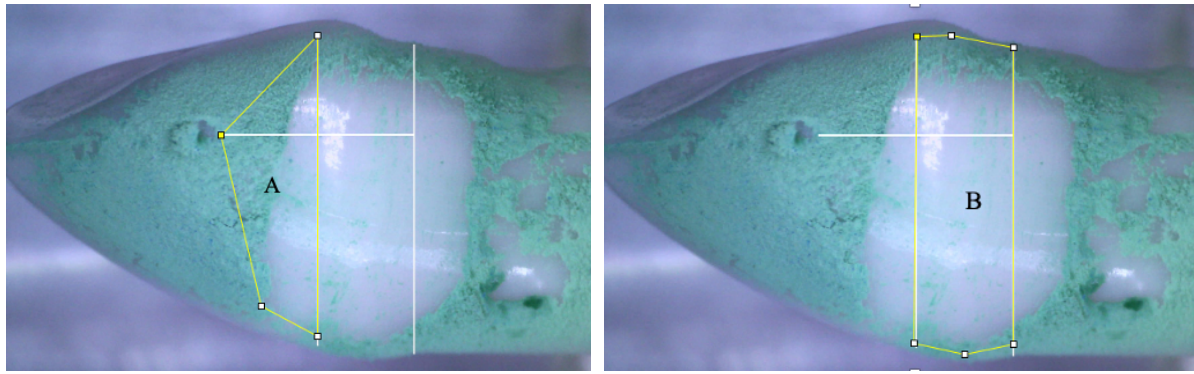


Figure 27 : Les deux zones d'intérêt analysées : ZIC (A) et ZIA (B) (Document personnel).

Les images ont été ainsi converties en images binaires noir et blanc (figure 28). Les zones sales apparaissent en noir et les zones propres en blanc.

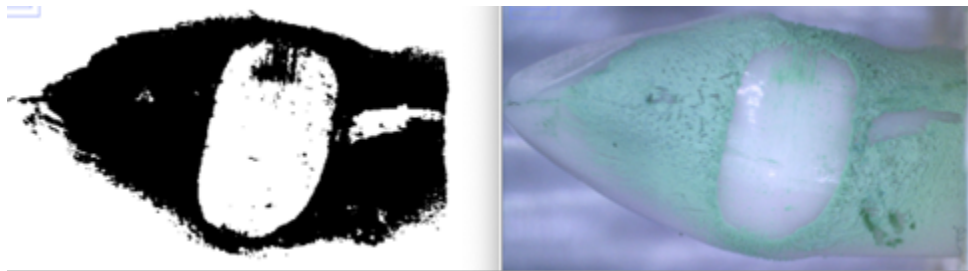


Figure 28 : Conversion binaire des images : image binaire sur la gauche et image d'origine sur la droite (Document personnel).

Ensuite grâce au logiciel ImageJ et à sa fonction *Histogram* nous avons calculé pour chaque aire d'intérêt et chaque face dentaire le nombre de pixels noirs et de pixels blanc.

2.4 Résultats

2.4.1 Évaluation statistique

Afin de pouvoir évaluer statistiquement la reproductibilité de notre modèle d'étude nous avons effectué les tests en triplicata pour l'espace ISO 4 (espace de taille moyenne). Les résultats des performances de chaque brosette répétées trois fois ont donnés des résultats strictement identiques, montrant la parfaite reproductibilité des tests et des mesures (tableau 8). De ce fait pour les autres espaces les brosettes ont été testées en test simple

Tableau 8: Résultats de l'analyse d'image des trois batteries de tests concernant la ZIT sur les brossettes interdentaires de l'espace ISO4 testées. %Propre est le pourcentage de la surface qui est nettoyée après le passage de la brossette interdentaire (Document personnel).

	Brossette	%Propre Essai 1	%Propre Essai 2	%Propre Essai 3	%M Propre
ISO4 (1,3-1,5)	CRINEX 1,3 CONIQUE	68%	68%	68%	56%
	CRINEX 1,3 CYLINDRIQUE	47%	47%	47%	
	CURAPROX 1,3	57%	57%	57%	
	GUM 1,3 CONIQUE	59%	59%	59%	
	GUM 1,4	55%	56%	56%	
	INAVA 1,5	60%	60%	60%	
	TEPE 1,3	50%	54%	50%	

La ZIT est nettoyée en moyenne pour le 56% de sa surface. Les brossettes qui ont une performance supérieure à la moyenne pour le nettoyage de la ZIT sont les suivantes :

- Crinex 1,3 conique > Inava 1,5 > Gum 1,3 conique > Curaprox 1,3 (tableau 8).

L'analyse statistique avec un test de Kruskal Wallis a démontré une différence significative de la capacité de nettoyage entre les différentes brossettes interdentaires testées ($p=0,003$).

Tableau 9 Résultats de l'analyse post-hoc (Test de Dunn avec correction de Bonferroni). * différence statistiquement significative (Document personnel).

Brossettes	%M Propre	Crinex 1,3 conique	Crinex 1,3 cylindrique	Curaprox 1,3	Gum 1,3 conique	Gum 1,4	Inava 1,5	Tepe 1,3
%M Propre		68%	47%	57%	59%	56%	60%	52%
Crinex 1,3 conique	68%		p=0.007*	p=1	p=1	p=0.353	p=1	p=0.059
Crinex 1,3 cylindrique	47%			p=1	p=0.353	p=1	p=0.059	p=1
Curaprox 1,3	57%				p=1	p=1	p=1	p=1
Gum 1,3 conique	59%					p=1	p=1	p=1
Gum 1,4	56%						p=1	p=1
Inava 1,5	60%							p=0.353

L'analyse post hoc réalisée à l'aide d'un test de Dunn et une correction de Bonferroni a démontré que la brosse Crinex 1,3 conique était significativement supérieure à la brosse Crinex 1,3 cylindrique ($p=0,007$). Les autres brosses ne présentaient pas de résultats significativement différents ($p>0,05$) (tableau 9).

Nous observons que pour certaines BID les dimensions de l'espace ISO4 semblent ne pas correspondre à leur diamètre d'efficacité maximale.

2.4.2 La zone interdentaire coronaire (ZIC)

Le nettoyage moyen de la ZIC est de 35,5 %. On remarque que concernant les espaces ISO 1 et ISO 2 de la ZIC sont peu ou pas nettoyés par les brosses interdentaires et plus la taille de l'espace augmente plus les brosses interdentaires semblent brosser efficacement la ZIC (tableau 10).

Les brossettes qui ont une performance supérieure à la moyenne, lors de notre étude, pour le nettoyage de la zone plus coronaire (ZIC) de l'espace interproximale selon la norme ISO testée sont les suivantes :

- Concernant l'espace ISO1 : Gum 08 ;
- Concernant l'espace ISO 2 : Tepe 09 ;
- Concernant l'espace ISO4 : Curaprox 1,3 > Crinex 1,3 conique > Inava 1,5 > Gum 1,3 conique ;
- Concernant l'espace ISO5 : Inava 1,8 ;
- Concernant l'espace ISO6 : Tepe 2,0 ;
- Concernant l'espace ISO7 : Gum 2,6 > Tepe 2,6.

Nous avons choisi de n'indiquer que les brossettes qui présentent un nettoyage supérieur à la moyenne par face et également à celle calculée pour les deux faces du même espace normé ISO. Ceci pour tenir compte du fait qu'une brosse, peut brosser de façon différentielle une face et pas l'autre selon son centrage.

Les brossettes interdentaires qui semblent avoir un diamètre d'efficacité proche de celui de leur catégorie ISO:

- Gum 08 pour l'espace ISO1 ;
- Tepe 09 pour l'espace ISO2 ;
- Curaprox 1,3 pour l'espace ISO4 ;
- Inava 1,8 pour l'espace ISO5 ;
- Tepe 2,0 pour l'espace ISO6 ;
- Gum 2,6 pour l'espace ISO7.

Tableau 10 Résultats de l'analyse d'image concernant la ZIC par espace ISO, face et espace interproximal et brosette interdentaire testée. %Propre est le pourcentage de la surface qui est nettoyée après le passage d'une brosette donnée. % M propre ZIC est le pourcentage moyen de la surface qui est nettoyée par l'ensemble des brosettes interdentaires testées au niveau de la ZIC d'un espace interdentaire donné (Document personnel).

Espace	Brossette	%Propre	% M propre ZIC
ISO 1 (0,7-0,8)	CRINEX 07	1%	2 %
	CURAPROX 07	2%	
	CURAPROX 08	2%	
	GUM 08	4%	
	TEPE 07	1%	
	INAVA 08	1%	
ISO2 (0,9-1)	CRINEX 09	2%	4 %
	CURAPROX 09	0%	
	GUM 09	1%	
	INAVA 1	0%	
	TEPE 09	16%	
ISO4 (1,3-1,5)	CRINEX 1,3 CONIQUE	37%	25 %
	CRINEX 1,3 CYLINDRIQUE	12%	
	CURAPROX 1,3	47%	
	GUM 1,3 CONIQUE	31%	
	GUM 1,4	16%	
	INAVA 1,5	28%	
	TEPE 1,3	7%	
ISO5 (1,6-1,8)	CURAPROX 1,7	37%	53 %
	GUM 1,6	49%	
	INAVA 1,8	66%	
	TEPE 1,6	37%	
ISO6 (1,9-2,3)	CRINEX 2,2	72%	73 %
	CURAPROX 2	68%	
	GUM 2,0	69%	
	INAVA 2,2	73%	
	TEPE 2,0	82%	
ISO 7 (2,4-2,8)	CURAPROX 2,8	45%	56 %
	GUM 2,6	69%	
	INAVA 2,6	48%	
	TEPE 2,6	63%	

2.4.3 La zone interdentaire apicale (ZIA)

La moyenne du nettoyage de la ZIA est de 52,1 %. Les brossettes qui ont une performance supérieure à la moyenne pour le nettoyage de la ZIA interproximale sont les suivantes :

- Concernant l'espace ISO1 : Curaprox 07 > Curaprox 08 > Gum 08 ;
- Concernant l'espace ISO 2 : Curaprox 09, Tepe 09 ;
- Concernant l'espace ISO4 : Crinex 1,3 conique > Inava 1,5 > Gum 1,4 > Gum 1,3 conique > Tepe 1,3 ;
- Concernant l'espace ISO5 : Gum 1,6 ;
- Concernant l'espace ISO6 : Gum 2,0 > Inava 2,2 > Tepe 2,0 ;
- Concernant l'espace ISO7 : Inava 2,6 > Curaprox 2,8 (tableau 11).

Les brossettes interdentaires qui semblent avoir un diamètre d'efficacité proche de celui de leur catégorie ISO:

- Curaprox 08 pour l'espace ISO1 ;
- Curaprox 09 pour l'espace ISO2 ;
- Gum 1,3 conique pour l'espace ISO4 ;
- Gum 1,6 pour l'espace ISO5 ;
- Tepe 2,0 pour l'espace ISO6 ;
- Tepe 2,6 pour l'espace ISO7.

Tableau 11 Résultats de l'analyse d'image concernant la ZIC par espace ISO, face et espace interproximale et brosette interdentaire testée. %Propre est le pourcentage de la surface qui est nettoyée après le passage d'une brosette interdentaire donnée. % M Propre ZIA est le pourcentage moyen de la surface qui est nettoyée par l'ensemble des brosettes interdentaires testées au niveau de la ZIA d'un espace interdentaire donné (Document personnel).

	Brossette	%Propre	% Moyen propre ZIA
ISO 1 (0,7-0,8)	CRINEX 07	25%	32%
	CURAPROX 07	42%	
	CURAPROX 08	48%	
	GUM 08	38%	
	TEPE 07	21%	
	INAVA 08	20%	
ISO2 (0,9-1)	CRINEX 09	26%	38%
	CURAPROX 09	75%	
	GUM 09	23%	
	INAVA 1	27%	
	TEPE 09	41%	
ISO4 (1,3-1,5)	CRINEX 1,3 CONIQUE	89%	77%
	CRINEX 1,3 CYLINDRIQUE	70%	
	CURAPROX 1,3	63%	
	GUM 1,3 CONIQUE	78%	
	GUM 1,4	83%	
	INAVA 1,5	82%	
	TEPE 1,3	78%	
ISO5 (1,6-1,8)	CURAPROX 1,7	35%	51%
	GUM 1,6	80%	
	INAVA 1,8	46%	
	TEPE 1,6	42%	
ISO6 (1,9-2,3)	CRINEX 2,2	60%	65%
	CURAPROX 2	45%	
	GUM 2,0	73%	
	INAVA 2,2	76%	
	TEPE 2,0	75%	
ISO 7 (2,4-2,8)	CURAPROX 2,8	54%	50%
	GUM 2,6	40%	
	INAVA 2,6	61%	
	TEPE 2,6	47%	

2.4.4 La zone interdentaire totale (ZIT)

La ZIT est nettoyée en moyenne pour le 46,83% de sa surface. Les brossettes qui ont une performance supérieure à la moyenne pour le nettoyage de la ZIT sont les suivantes :

- Concernant l'espace ISO1 : Curaprox 07 > Curaprox 08 > Gum 08 ;
- Concernant l'espace ISO 2 : Curaprox 09 > Tepe 09 ;
- Concernant l'espace ISO4 : Crinex 1,3 conique > Curaprox 1,3 > Inava 1,5 > Gum 1,3 conique ;
- Concernant l'espace ISO5 : Gum 1,6 ;
- Concernant l'espace ISO6 : Gum 2,0 > Inava 2,2 > Tepe 2,0 ;
- Concernant l'espace ISO7 : Gum 2,6 > Tepe 2,6 (tableau 10).

Les brossettes interdentaires qui semblent avoir un diamètre d'efficacité proche de celui de leur catégorie ISO (Tableau 12) :

- la Curaprox 08 pour l'espace ISO 1 ;
- la Curaprox 09 pour l'espace ISO 2 ;
- la Crinex 1,3 conique pour l'espace ISO 4 ;
- la Gum 1,6 pour l'espace ISO 5 ;
- la Tepe 2 pour l'espace ISO 6 ;
- la Gum 2,6 pour l'espace ISO 7.

Tableau 12 Résultats de l'analyse d'image de la ZIT : somme de la ZIC et de la ZIA par espace ISO, face et espace interproximale et brosette interdendaire testée. %Propre est le pourcentage de la surface qui est nettoyée après le passage d'une brosette interdendaire donnée. % M Propre ZIT est le pourcentage moyen de la surface qui est nettoyée par l'ensemble des brosettes interdentaires testées au niveau de la ZIT d'un espace interdendaire donné (Document personnel).

	Brossette	%Propre	% M propre ZIT	Rang
ISO 1 (0,7-0,8)	CRINEX 07	18%	23%	4
	CURAPROX 07	30%		2
	CURAPROX 08	35%		1
	GUM 08	29%		3
	TEPE 07	15%		5
	INAVA 08	15%		5
ISO2 (0,9-1)	CRINEX 09	20%	29%	3
	CURAPROX 09	55%		1
	GUM 09	17%		4
	INAVA 1	20%		3
	TEPE 09	35%		2
ISO4 (1,3-1,5)	CRINEX 1,3 CONIQUE	68%	56%	1
	CRINEX 1,3 CYLINDRIQUE	47%		7
	CURAPROX 1,3	57%		4
	GUM 1,3 CONIQUE	59%		3
	GUM 1,4	56%		5
	INAVA 1,5	60%		2
	TEPE 1,3	50%		6
ISO5 (1,6-1,8)	CURAPROX 1,7	48%	52%	3
	GUM 1,6	68%		1
	INAVA 1,8	41%		4
	TEPE 1,6	52%		2
ISO6 (1,9-2,3)	CRINEX 2,2	63%	68%	4
	CURAPROX 2	57%		5
	GUM 2,0	71%		3
	INAVA 2,2	75%		2
	TEPE 2,0	78%		1
ISO 7 (2,4-2,8)	CURAPROX 2,8	45%	53%	3
	GUM 2,6	65%		1
	INAVA 2,6	44%		4
	TEPE 2,6	58%		2

2.5 Discussion

Nous pouvons observer que pour les espaces les plus petits (ISO 1 et ISO 2), typiques des embrasures fermées de type 1, les brossettes interdentaires semblent très peu efficaces dans la zone la plus proche du point de contact (ZIC). Nous enregistrons une moyenne d'efficacité de 2% (ISO1) et 4% (ISO 2) et une efficacité maximale de 4% (Gum 08) pour la ZIC de l'espace ISO1 et de 18% (TePe 09) pour la ZIC de l'espace ISO 2.

Nous remarquons, également, une augmentation importante de l'efficacité du brossage interdentaire pour ISO1 et ISO2 dans leurs moitiés plus apicales (ZIA) (figure 29). Ces résultats doivent être pris avec précaution car ils résultent d'un test simple et non des tests en batterie sur un même échantillon.

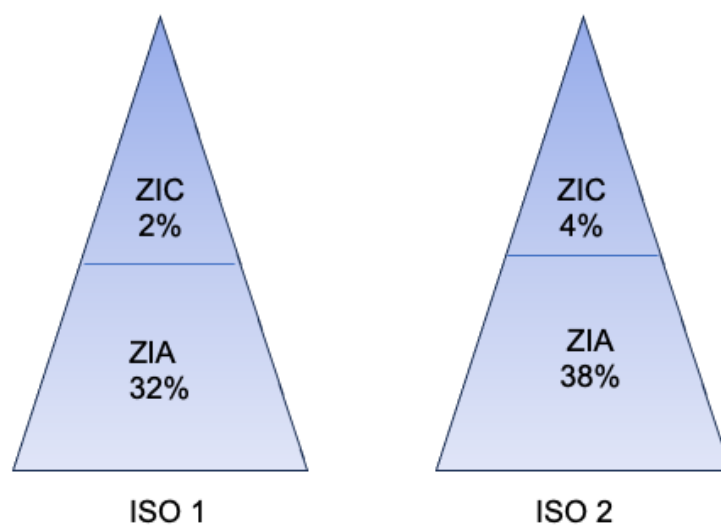


Figure 29 : Efficacités enregistrées pour les deux zones d'intérêt ZIC et ZIA pour les espaces de taille ISO 1 et ISO 2 (Document personnel).

Cela confirme les recommandations présentes en littérature (Imai et Hatzimanolakis, 2011 ; Saltzer et coll, 2015 ; Liang et coll, 2020) qui indiquent le fil dentaire comme le dispositif de nettoyage interdentaire le plus approprié pour les embrasures fermées de type 1.

Cependant nous enregistrons une efficacité moindre par rapport à d'autres études. Graetz en 2021 teste l'efficacité de 4 différentes brossettes interdentaires (ISO 1, ISO 2, ISO 3 et ISO 4) pour trois espaces interdentaires de dimensions différentes (1 mm,

1,1 mm et 1,3 mm) et trois morphologies différentes (triangle isocèle, convexe et concave). Lors de cette étude l'espace interdentaire de 1mm (ISO 2) avec une brossette interdentaire type ISO 2 résulte propre pour $84,2 \pm 3,5\%$ (triangle isocèle), $44,9 \pm 2,4\%$ (convexe) et $60,8 \pm 10,5\%$ (concave), alors que nous enregistrons une efficacité moyenne pour la ZIT de 29%.

Cela peut être dû au fait que nos espaces ISO 2 sont des espaces interdentaires entre deux incisives mandibulaires, avec, par conséquence, une ZIC très étroite et convexe : sachant que les surfaces convexes sont significativement moins bien nettoyées par les brossettes interdentaires (Graetz et coll, 2021).

Cela semble être d'autant plus plausible que ces écarts diminuent pour les espaces de 1,3 mm (ISO 4) pour lesquels Graetz et coll (Graetz et coll, 2021) enregistrent une efficacité de $61,1 \pm 2,8\%$ (pour une morphologie concave, car pas de résultats disponibles pour les surfaces convexes) et nous de 56%.

Ces mêmes différences ont été trouvées par Kim et coll qui utilisaient uniquement des espaces interdentaires molaire-molaire dans leur *set-up* (Kim et coll, 2022).

La morphologie des espaces interdentaires testées semble, par conséquence, être importante au même niveau que leurs dimensions et cela de façon plus conséquente pour les espaces interdentaires de dimensions réduites, eu égard à l'efficacité des brossettes interdentaires testée. Cet élément pourra être exploré lors d'une prochaine étude.

Wolf et coll ont testé des espaces interdentaires plus larges que les études précédemment citées (1,69mm, 2,70mm, 3,63 mm et 4,17 mm) mais avec les brossettes interdentaires de calibre inférieur (Curaprox 07, Curaprox 08 et Curaprox 11) (Wolf et coll, 2006) ce qui rend leurs données non comparables aux nôtres. Aucune autre étude ne teste les espaces interdentaires très larges.

Pour ces espaces (ISO 4, ISO 5, ISO 6, ISO 7) les valeurs d'efficacité semblent se situer autour d'une valeur moyenne de 57% pour la ZIT. Une différence d'efficacité de nettoyage est toujours visible entre les ZIC et les ZIA, mais dans une moindre mesure.

2.6 Conclusions

Nous avons réussi à créer un *set-up* performant et très reproductible pour tester l'efficacité des brossettes interdentaires. Les brossettes interdentaires semblent très peu efficaces dans la zone la plus proche du point de contact (ZIC) des espaces de petite taille.

La morphologie des espaces interdentaires testées semble être importante dans l'efficacité du nettoyage par les différents brossettes interdentaires testées et cela de façon plus conséquente pour les espaces interdentaires de dimensions réduites. Ces résultats doivent être pris avec précaution car ils résultent d'un test simple et non des tests en batterie sur un même échantillon.

Nous observons une grande variabilité de l'efficacité du nettoyage des surfaces proximales selon les marques de brossettes interdentaires testées (Curaprox®, Gum®, Crinex® et Tepe®) mais également selon la forme (cylindrique et cylindro-conique) selon les espaces interdentaires évalués.

L'efficacité du nettoyage des brossettes interdentaires semble dépendre non seulement de la taille de l'espace et de la brosse interdentaire, mais également de la morphologie de l'espace (Graetz et coll, 2021) et de l'élasticité des brins (Wolf et coll, 2006). Les filaments transfèrent l'énergie d'insertion sur la surface interdentaire en permettant la désagrégation du biofilm. Cependant cela se produit seulement si la déformation est élastique (Wolf, 2006). Cette déformation dépend de l'association espace-brosse interdentaire et des caractéristiques intrinsèques du brin.

Lors d'une prochaine étude, il pourrait être intéressant d'effectuer ces tests en batterie afin d'établir si ces différences sont significatives, et si une ou plusieurs brossettes nettoieraient mieux que d'autres et dans quel espace, comme notre étude semble le suggérer. A ce sujet, il serait également intéressant de connaître les caractéristiques techniques des brins des différentes brossettes interdentaires.

3 Bibliographie

1. AFNOR (Agence française de normalisation). Médecine bucco-dentaire — Produits de soins bucco-dentaires — Brosses interdentaires manuelles - NF EN ISO 16409 (mars 2017). La Plaine Saint-Denis : Editions Afnor ; 2017.
2. Ahmed U, Tanwir F. Association of periodontal pathogenesis and cardiovascular diseases: a literature review. *Oral Health Prev Dent*. 2015; 13(1): 21-7.
3. Amarasena N, Gnanamanickam ES, Miller J. Effects of interdental cleaning devices in preventing dental caries and periodontal diseases: a scoping review. *Aust Dent J*. 2019; 64(4): 327–337.
4. Andonova I, Iliev V, Živkovic N, Sušić E, Bego I, Kotevska V. Can oral anaerobic bacteria cause adverse pregnancy outcomes? *Pril (Makedon Akad Nauk Umet Odd Med Nauki)*. 2015; 36(1): 137-43.
5. Antunes LAA, Lemos HM, Milani AJ, Guimarães LS, Küchler EC, Antunes LS. Does traumatic dental injury impact oral health-related to quality of life of children and adolescents? Systematic review and meta-analysis. *Int J Dent Hyg*. 2020; 18(2): 142-162.
6. Axelsson P, Nyström B, Lindhe J. The long-term effect of a plaque control program on tooth mortality, caries and periodontal disease in adults. Results after 30 years of maintenance. *J Clin Periodontol*. 2004; 31(9): 749-57.
7. Bansal M, Khatri M, Taneja V. Potential role of periodontal infection in respiratory diseases - a review. *J Med Life*. 2013; 6(3): 244-8.
8. Bouchard P. Parodontologie & Dentisterie Implantaire. Volume 1 : Médecine Parodontale. Paris : Lavoisier Médecine Sciences ; 2015. XXII-462 p.
9. Bourgeois D, Saliasi I, Llodra JC, Bravo M, Viennot S, Carrouel F. Efficacy of interdental calibrated brushes on bleeding reduction in adults: a 3-month randomized controlled clinical trial. *Eur J Oral Sci*. 2016; 124(6): 566-571.
10. Cestari JA, Fabri GM, Kalil J, Nitrini R, Jacob-Filho W, de Siqueira JT, et coll. Oral infections and cytokine levels in patients with Alzheimer's disease and mild cognitive impairment compared with controls. *J Alzheimers Dis*. 2016; 52(4): 1479-85.

11. Chapple IL, van der Weijden F, Dörfer C, Herrera D, Shapira L, Polak D, et coll. Primary prevention of periodontitis: managing gingivitis. *J Clin Periodontol.* 2015; 42(Suppl 16): S71-S76.
12. Chapple ILC, Mealey B, Van Dyke TE, Bartold PM, Dommisch H, Eickholz P, et coll. Periodontal health and gingival diseases and conditions on an intact and a reduced periodontium: Consensus report of workgroup 1 of the 2017 World Workshop on the Classification of Periodontal and Peri-Implant Diseases and Conditions. *J Clin Periodontol.* 2018; 45(Suppl 20): S68–S77.
13. Chongcharoen N, Lulic M, Lang NP. Effectiveness of different interdental brushes on cleaning the interproximal surfaces of teeth and implants: a randomized controlled, double-blind cross-over study. *Clin Oral Implants Res.* 2012; 23(5): 635-640.
14. Clark-Perry D, Levin L. Systematic review and meta-analysis of randomized controlled studies comparing oscillating-rotating and other powered toothbrushes. *J Am Dent Assoc.* 2020; 151(4): 265–275.
15. Crocombe LA, Brennan DS, Slade GD, Loc DO. Is self interdental cleaning associated with dental plaque levels, dental calculus, gingivitis and periodontal disease? *J Periodontal Res.* 2012; 47(2): 188-97.
16. Dietrich T, Sharma P, Walter C, Weston P, Beck J. The epidemiological evidence behind the association between periodontitis and incident atherosclerotic cardiovascular diseases. *J Clin Periodontol.* 2013; 40(Suppl 14): S70-S84.
17. Du Teil Espina M, Gabarrini G, Harmsen HJM, Westra J, van Winkelhoff AJ, van Dijk JM. Talk to your gut: the oral-gut microbiome axis and its immunomodulatory role in the etiology of rheumatoid arthritis. *FEMS Microbiol Rev.* 2019; 43(1): 1-18.
18. El-Chami H, Younis A, Brignardello-Petersen R. Efficacy of oscillating rotating versus side-to-side powered toothbrushes on plaque and gingival index reduction: a systematic review. *J Am Dent Assoc.* 2021; 152(2): 115–126.e4.
19. Elkerbout TA, Slot DE, Rosema NAM, Van der Weijden GA. How effective is a powered toothbrush as compared to a manual toothbrush? A systematic review and meta-analysis of single brushing exercises. *Int J Dent Hyg.* 2020; 18: 17–26.

20. Flynn KJ, Baxter NT, Schloss PD. Metabolic and community synergy of oral bacteria in colorectal cancer. *mSphere*. 2016; 1(3): e00102-16.
21. Gorur A, Lyle DM, Schaudinn C, Costerton JW. Biofilm removal with a dental water jet. *Compend Contin Educ Dent*. 2009; 30 Spec No: 1–6.
22. Graetz C, Rabe J, Schoepke K, Schorr S, Geiken A, Christofzik D, et coll. New experimental setup for the measurement of cleaning efficacy and force of interdental aids in 3D-reproduced interdental areas. *BMC Oral Health*. 2020; 20: 136.
23. Graetz C, Schoepke K, Rabe J, Schorr S, Geiken A, Christofzik D, et coll. In vitro comparison of cleaning efficacy and force of cylindric interdental brush versus an interdental rubber pick. *BMC Oral Health*. 2021; 21(1): 194.
24. Graziani F, Palazzolo A, Gennai S, Karapetsa D, Giuca MR, Cei S, et coll. Interdental plaque reduction after use of different devices in young subjects with intact papilla: A randomized clinical trial. *Int J Dent Hyg*. 2018 Aug; 16(3): 389-396.
25. Grender J, Adam R, Zou Y. The effects of oscillating-rotating electric toothbrushes on plaque and gingival health: a meta-analysis. *Am J Dent*. 2020; 33: 3–11.
26. Hajishengallis G, Lamont RJ. Beyond the red complex and into more complexity: the polymicrobial synergy and dysbiosis (PSD) model of periodontal disease etiology. *Mol Oral Microbiol*. 2012; 27(6): 409-19.
27. Hellstadius K, Asman B, Gustafsson A. Improved maintenance of plaque control by electrical toothbrushing in periodontitis patients with low compliance. *J Clin Periodontol*. 1993; 20(4): 235–237.
28. Hennequin-Hoenderdos NL, van der Sluijs E, van der Weijden GA, Slot DE. Efficacy of a rubber bristles interdental cleaner compared to an interdental brush on dental plaque, gingival bleeding and gingival abrasion: A randomized clinical trial. *Int J Dent Hyg*. 2018; 16(3): 380-388.
29. Hugoson A, Sjodin B, Norderyd O. Trends over 30 years, 1973-2003, in the prevalence and severity of periodontal disease. *J Clin Periodontol*. 2008; 35(5): 405-14.
30. Hussein A, Slot DE, Van der Weijden GA. The efficacy of oral irrigation in addition to a toothbrush on plaque and the clinical parameters of periodontal inflammation: a systematic review. *Int J Dent Hyg*. 2008; 6(4): 304–314.

31. Imai PH, Hatzimanolakis PC. Interdental brush in Type I embrasures: Examiner blinded randomized clinical trial of bleeding and plaque efficacy. *Can J Dent Hyg.* 2011; 45(1): 25–32.
32. Imai PH, Yu X, MacDonald D. Comparison of interdental brush to dental floss for reduction of clinical parameters of periodontal disease: A systematic review. *Can J Dent Hyg.* 2012; 46(1): 63-78.
33. Inquimbert C, Machat E, Merigo E, Clément C. Les brossettes interdentaires : Pour qui ? Quand ? Comment ? Recommandations du College National des Chirurgiens-Dentistes Universitaires en Santé Publique. *Inf Dent.* 2021 ; 24/25 : 34-47.
34. Jackson MA, Kellett M, Worthington HV, Clerehugh V. Comparison of Interdental Cleaning Methods: A Randomized Controlled Trial. *J Periodontol.* 2006; 77(8): 1421-1429.
35. Jepsen S. The role of manual toothbrushes in effective plaque control: advantages and limitations. Dans: Lang NP, Attström R, Loe H. *Proceedings of the European Workshop on Mechanical Plaque Control.* London: Quintessence; 1998. pp. 121–137.
36. Johnson GK, Guthmiller JM. The impact of cigarette smoking on periodontal disease and treatment. *Periodontol 2000.* 2007; 44: 178-94.
37. Jungbauer G, Stähli A, Zhu X, Auber Alberi L, Sculean A, Eick S. Periodontal microorganisms and Alzheimer disease - A causative relationship? *Periodontol 2000.* 2022; 89(1): 59-82.
38. Kinane DF, Attström R. European Workshop in Periodontology Group B. Advances in the pathogenesis of periodontitis. Group B consensus report of the fifth European Workshop in Periodontology. *J Clin Periodontol.* 2005; 32(Suppl 6): 130-131.
39. Kinney JW, Bemiller SM, Murtishaw AS, Leisgang AM, Salazar AM, Lamb BT. Inflammation as a central mechanism in Alzheimer's disease. *Alzheimers Dement (NY).* 2018; 4: 575-590.
40. Kornman KS, Papapanou PN. Clinical application of the new classification of periodontal diseases. Ground rules, clarifications and “gray zones”. *J Periodontol.* 2020; 91(3): 352-360.

41. Kotsakis GA, Lian Q, Ioannou AL, Michalowicz B, John MT, Chu H. A network meta-analysis of interproximal oral hygiene methods in the reduction of clinical indices of inflammation. *J Periodontol*. 2018; 89(5): 558–570.
42. Kressin NR, Boehmer U, Nunn ME, Spiro A. Increased preventive practices lead to greater tooth retention. *J Dent Res*. 2003; 82(3): 223-227.
43. Lalla E, Papapanou PN. Diabetes mellitus and periodontitis: a tale of two common interrelated diseases. *Nat Rev Endocrinol*. 2011; 7(12): 738-48.
44. Lang NP, Berglundh T, Giannobile WV, Sanz M. *Lindhe's Clinical Periodontology and Implant Dentistry*. 7th edition. Oxford: Wiley-Blackwell; C 2022.
45. Larsen HC, Slot DE, Van Zoelen C, Barendregt DS, Van der Weijden GA. The effectiveness of conically shaped compared with cylindrically shaped interdental brushes - a randomized controlled clinical trial. *Int J Dent Hyg*. 2017; 15(3): 211-8.
46. Liang M, Lian Q, Kotsakis GA, Michalowicz B, John MT, Chu H. Bayesian network meta-analysis of multiple outcomes in dental research. *J Evid Based Dent Pract*. 2020; 20: 101403.
47. Liang P, Ye S, McComas M, Kwon T, Wang CW. Evidence-based strategies for interdental cleaning: a practical decision tree and review of the literature. *Quintessence Int*. 2020; 52(1): 84-95.
48. Lindhe J, Hamp SE, Loe H. Experimental periodontitis in the beagle dog. *Int Dent J*. 1973; 23(3): 432-437.
49. Loe H, Theilade E, Jensen SB. Experimental gingivitis in man. *J Periodontol*. 1965; 36: 177-187.
50. Maheswari SU, Raja J, Kumar A, Seelan RG. Caries management by risk assessment: A review on current strategies for caries prevention and management. *J Pharm Bioallied Sci*. 2015; 7(Suppl 2): S320-4.
51. Marchesan JT, Morelli T, Moss K, Preisser JS, Zandona AF, Offenbacher S, et coll. Interdental Cleaning Is Associated with Decreased Oral Disease Prevalence. *J Dent Res*. 2018; 97(7): 773-8.
52. Meng R, Xu J, Fan C, Liao H, Wu Z, Zeng Q. Effect of non-surgical periodontal therapy on risk markers of cardiovascular disease: a systematic review and meta-analysis. *BMC Oral Health*. 2024; 24(1): 692.

53. Nosho K, Sakura Y, Adachi Y, Ito M, Mitsuhashi K, Kurihara H, et coll. Association of *Fusobacterium nucleatum* with immunity and molecular alterations in colorectal cancer. *World J Gastroenterol*. 2016; 22(2): 557-66.
54. Papapanou PN, Sanz M, Buduneli N, Dietrich T, Feres M, Fine DH et coll. Periodontitis: Consensus report of workgroup 2 of the 2017 World Workshop on the Classification of Periodontal and Peri-Implant Diseases and Conditions. *J Periodontol*. 2018; 89(Suppl 1): S173-S182.
55. Pépiot C. Brossettes interdentaires : comparaison de différents systèmes et élaboration d'un guide de prescription [Thèse d'exercice]. [Nancy] : Université de Lorraine. Faculté d'Odontologie ; 2019. 61p.
56. Petersen PE, Bourgeois D, Ogawa H, Estupinan-Day S, Ndiaye C. The global burden of oral diseases and risks to oral health. *Bull World Health Organ* 2005; 83(9): 661-9.
57. Rosan B, Lamont RJ. Dental plaque formation. *Microbes Infect*. 2000; 2(13): 1599-607.
58. Sälzer S, Slot DE, Van der Weijden FA, Dörfer CE. Efficacy of interdental mechanical plaque control in managing gingivitis: a meta-review. *J Clin Periodontol*. 2015; 42(Suppl 16): 92–105.
59. Sanz M, Herrera D, Kebschull M, Chapple I, Jepsen S, Beglundh T, et coll. Treatment of stage I-III periodontitis-The EFP S3 level clinical practice guideline. *J Clin Periodontol*. 2020; 47 Suppl 22(Suppl 22): 4-60.
60. Sheiham A, Netuveli GS. Periodontal diseases in Europe. *Periodontol* 2000. 2002; 29: 104-21.
61. Sicilia A, Arregui I, Gallego M, Cabezas B, Cuesta S. A systematic review of powered v.s. manual tooth- brushes in periodontal cause-related therapy. *J Clin Periodontol*. 2002; 29(Suppl 3): 39–54.
62. Sicilia A, Arregui I, Gallego M, Cabezas B, Cuesta S. Home oral hygiene revisited. Options and evidence. *Oral Health Prev Dent*. 2003; 1 Suppl 1: 407-25.
63. Slot DE, Valkenburg C, Van der Weijden GAF. Mechanical plaque removal of periodontal maintenance patients: A systematic review and network meta-analysis. *J Clin Periodontol*. 2020; 47(Suppl 22): 107–124.
64. Soslone WA, Klinger A. The relationship between periodontal diseases and diabetes: an overview. *Ann Periodontol*. 2001; 6(1): 91-8.

65. Staehle HJ, Frese C, Sekundo C. Mechanical plaque control of the interdental space with the “Heidelberg set”. *Quintessence Int.* 2021; 52(2): 176-186.
66. Stålnacke K, Söderfeldt B, Sjördin B. Compliance in the use of electric toothbrushes. *Acta Odontol Scand.* 1995; 53(1): 17–19.
67. Stanko P, Izakovicova Holla L. Bidirectional association between diabetes mellitus and inflammatory periodontal disease. A review. *Biomed Pap Med Fac Univ Palacky Olomouc Czech Repub.* 2014; 158(1): 35-8.
68. Subramanya AP, Prabhuji MLV. Comparative evaluation of efficacy and patient-reported outcome measures of oral hygiene instruction methods for calibrated interdental brush. *Int J Dent Hygiene.* 2021; 19(3): 287–294.
69. Susanto A, Carolina DN, Amaliya A, Pribadi IMS, Miranda A. Periodontal Health Status and Treatment Needs of the Community in Indonesia: A cross sectional Study. *J Int Oral Health.* 2020; 12(2): 114-119.
70. Taylor GW. Bidirectional interrelationships between diabetes and periodontal diseases: an epidemiologic perspective. *Ann Periodontol.* 2001; 6(1): 99-112.
71. Thomas MV. Oral physiotherapy. Dans: Rose LF, Mealey BL, Genco RJ, Cohen W. *Periodontics, Medicine, Surgery and Implants.* St Louis: Mosby; 2004. pp. 214–236.
72. Tuna T, Kuhlmann L, Bishti S, Sirazitdinova E, Deserno T, Wolfart S. Removal of simulated biofilm at different implant crown designs with interproximal oral hygiene aids: An in vitro study. *Clin Oral Impl Res.* 2019; 30(7): 627–636.
73. Usmani W, de Courten M, Hanna F. Can oral health care be a gateway to improve cardiovascular disease? A scoping review. *Front Oral Health.* 2024; 5: 1364765.
74. Van Dyke TE, Bartold PM, Reynolds EC. The Nexus Between Periodontal Inflammation and Dysbiosis. *Front Immunol.* 2020; 11: 511
75. Van der Sluijs E, Slot DE, Hennequin-Hoenderdos NL, Valkenburg C, Van der Weijden GA. Dental plaque score reduction with the oscillating-rotating power toothbrush and the high frequency sonic power toothbrushes: a systematic review and meta-analysis of single brushing exercises. *Int J Dent Hyg.* 2021; 19: 78–92.
76. Van der Weijden F, Slot DE. Oral hygiene in the prevention of periodontal diseases: the evidence. *Periodontol 2000.* 2011; 55(1): 104-123.

77. Van der Weijden FA, Slot DE. Efficacy of homecare regimens for mechanical plaque removal in managing gingivitis a meta review. *J Clin Periodontol.* 2015; 42(Suppl 16): S77-S91.
78. Van der Weijden GA, Timmerman MF, Nijboer A, Lie MA, Van der Velden U. A comparative study of electric toothbrushes for the effectiveness of plaque removal in relation to toothbrushing duration. Timer study. *J Clin Periodontol.* 1993; 20(7): 476-481.
79. Wang P, Xu Y, Zhang J, Chen X, Liang W, Liu X, et coll. Comparison of the effectiveness between power toothbrushes and manual toothbrushes for oral health: a systematic review and meta-analysis. *Acta Odontol Scand.* 2020; 78(4): 265–274.
80. Wehner C, Husejnagic S, Laky B, Rausch-Fan X, Moritz A, Haririan H. Effect of interdental brush design on plaque during nonsurgical periodontal therapy. *Clin Oral Invest.* 2021; 25(1): 87–94.
81. Wolff D, Joerss D, Dörfer CE. In vitro-cleaning efficacy of interdental brushes with different stiffness and different diameter. *Oral Health Prev Dent.* 2006; 4(4): 279-85.
82. Wolff D, Joerss D, Rau P, Dörfer CE. In vitro cleaning efficacy and resistance to insertion test of interdental brushes. *Clin Oral Invest.* 2006; 10(4): 297-304.
83. Worthington HV, MacDonald L, Poklepovic Pericic T, Sambunjak D, Johnson TM, Imai P, et coll. Home use of interdental cleaning devices, in addition to toothbrushing, for preventing and controlling periodontal diseases and dental caries. *Cochrane Database Syst Rev.* 2019; 4(4): CD012018.
84. Yaacob M, Worthington HV, Deacon SA, Deery C, Walmsley AD, Robinson PG, et coll. Powered versus manual toothbrushing for oral health. *Cochrane Database Syst Rev.* 2014; (6): CD002281.
85. Yao QW, Zhou DS, Peng HJ, Ji P, Liu DS. Association of periodontal disease with oral cancer: a meta-analysis. *Tumour Biol.* 2014; 35(7): 7073-7.
86. Yost KG, Mallatt ME, Liebman J. Interproximal gingivitis and plaque reduction by four interdental products. *J Clin Dent.* 2006; 17(3): 79–83.

Bibliographie des références électroniques :

87. ANSM (Agence nationale de sécurité du médicament et des produits de santé). Dispositifs médicaux [Internet]. 2017 [Consulté le 27 juin 2024]. Disponible sur : <https://ansm.sante.fr/documents/referance/reglementation-relative-aux-dispositifs-medicaux-dm-et-aux-dispositifs-medicaux-de-diagnostic-in-vitro-dmdiv>.
88. CNRTL (Centre national des ressources textuelles et lexicales). Embrasure [Internet]. 2024 [Consulté le 25 mai 2024]. Disponible sur : <http://www.cnrtl.fr/definition/embrasure>
89. CURAPROX. Brossettes interdentaires [Internet]. 2024 [Consulté le 27 juin 2024]. Disponible sur : <https://en.boutique.oralscience.com/products/cpx-cps-perio-chairside-box>
90. Kim SE, Song ES, Lee SP. Efficacy of an interdental brush in cleaning artificial plaque on a 3D-printed model base. BMC Oral Health [Internet]. 2022 [Consulté le 25 mai 2024]; 22: 420. Disponible sur : <https://doi.org/10.1186/s12903-022-02451-4>
91. Papilli®. Papilli® micro-batônnets [Internet]. [Consultée le 24 juin 2024]. Disponible sur le site : <https://www.papilli.fr/produit/papilli-micro-batonnet/>
92. Pierre Fabre ®. Brossettes Inava [Internet]. [Consultée le 24 juin 2024]. Disponible sur : <https://www.brossettes-inava.fr>
93. UFSBD (Union française pour la santé bucco-dentaire). Les recommandations en pratique. Fiche 1 Le contrôle mécanique de la plaque dentaire [Internet]. 2024 [Consultée le 24 juin 2024]. Disponible sur : http://www.ufsbd.fr/wp-content/uploads/2015/02/PD17_recoUFSBD_fiche1.pdf
94. Wikipedia. Embrasure spaces [Internet]. [Consultée le 25 mai 2024]. Disponible sur : https://en.m.wikipedia.org/wiki/File:Embrasure_spaces.png

Table des matières

1	Introduction.....	18
1.1	<i>La maladie parodontale.....</i>	18
1.1.1	Étiologie.....	18
1.1.2	Atteintes tissulaires.....	20
1.1.3	Lien santé bucco-dentaire et santé générale.....	21
1.2	<i>L'hygiène : socle du traitement parodontal.....</i>	22
1.2.1	L'hygiène orale : pourquoi ?.....	22
1.2.2	Les brosses à dent.....	23
1.3	<i>L'hygiène interproximale.....</i>	25
1.3.1	Pourquoi une hygiène interproximale ?.....	25
1.3.2	Particularités et outils.....	27
1.3.3	Les embrasures : à chaque embrasure son dispositif d'hygiène.....	30
1.4	<i>Les brossettes interdentaires.....</i>	35
1.4.1	Description.....	35
1.4.2	Évidence scientifique.....	38
1.4.3	Normalisation et réglementation.....	39
1.4.4	Notion de diamètre d'insertion et diamètre d'efficacité.....	41
1.4.5	Utilisation clinique.....	42
2	Étude.....	44
2.1	<i>Introduction.....</i>	44
2.2	<i>Objectifs de l'étude.....</i>	44
2.3	<i>Matériels et Méthodes.....</i>	45
2.3.1	La machine.....	45
2.3.2	Les brossettes testées.....	47
2.3.3	Le modèle pédagogique.....	49
2.3.4	Modélisation du biofilm.....	52
2.3.5	Analyse d'image : setup et logiciel.....	53
2.4	<i>Résultats.....</i>	57
2.4.1	Évaluation statistique.....	57
2.4.2	La zone interdentaire coronaire (ZIC).....	59
2.4.3	La zone interdentaire apicale (ZIA).....	62
2.4.4	La zone interdentaire totale (ZIT).....	64
2.5	<i>Discussion.....</i>	66
2.6	<i>Conclusions.....</i>	68
3	Bibliographie.....	69
	Table des matières.....	78

Vu la demande du doyen de la faculté d'odontologie de Lorraine sur le rapport du jury :

Président : C BISSON – Professeure des universités (Directrice de thèse)
Membre du jury : A BAUDET – Maître de conférences des universités (Co-directeur de thèse)
Membre du jury : D JOSEPH – Maître de conférences des universités
Membre du jury : K YASUKAWA – Maître de conférences des universités

la présidente de l'université de Lorraine autorise

Madame Anna SACCHET

née à FELTRE (Italie) le 24 octobre 1992,

à soutenir et imprimer sa thèse en vue d'obtenir le diplôme d'État de docteur en chirurgie dentaire intitulée :

**« ÉVALUATION DE L'EFFICACITÉ DES BROSSETTES INTERDENTAIRES D'UNE MEME NORME ISO :
ETUDE IN VITRO »**

Nancy, le 25 juin 2024

N° autorisation : 13568 C

La présidente de l'université de Lorraine



H. BOULANGER

SACCHET-SENOT Anna Évaluation de l'efficacité des brossettes interdentaires d'une même norme ISO : étude *in vitro*.

Nancy 2024 : 78 pages, 29 figures, 12 tableaux

Th. : Chir.-Dent. : Nancy 2024

Mots-clefs :

- Efficacité
- Brossettes interdentaires
- Maladie parodontale
- Étude *in vitro*

Resumé :

La classification ISO définit par la norme NF EN ISO 16409 des brossettes interdentaires est actuellement la seule référence qui permet aux professionnels de santé et aux patients de se repérer parmi les différentes brossettes interdentaires proposées par les fabricants. Elle se base sur la taille du diamètre du trou de passage. Elle ne fournit, en revanche, aucune information concernant le diamètre de la brossette interdentaire ou son diamètre d'efficacité pour un espace ISO donné. Ce travail original aura pour but de développer un *set-up* expérimental afin de tester *in vitro*, dans des conditions standardisées, contrôlées et reproductibles, les brossettes interdentaire et d'évaluer l'efficacité de nettoyage d'un même espace interdentaire de différentes brossettes interdentaires appartenant à une même norme ISO.

Membres du jury :

Pr BISSON Catherine	Professeur des Universités	Présidente Directrice de thèse
Dr YASUKAWA Kazutoyo	Professeur des Universités	Juge
Dr JOSEPH David	Maître de Conférences	Juge
Dr BAUDET Alexandre	Maître de Conférences	Co-directeur de thèse

Adresse de l'auteur :

Anna SACCHET-SENOT
2 rue des Clos
54520 Laxou