



Apport du sablage sur le collage des restaurations indirectes en composite

Jacques Chen

► To cite this version:

Jacques Chen. Apport du sablage sur le collage des restaurations indirectes en composite. Sciences du Vivant [q-bio]. 2019. dumas-02115754

HAL Id: dumas-02115754

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-02115754>

Submitted on 30 Apr 2019

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

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



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

AVERTISSEMENT

Cette thèse d'exercice est le fruit d'un travail approuvé par le jury de soutenance et réalisé dans le but d'obtenir le diplôme d'État de docteur en chirurgie dentaire. Ce document est mis à disposition de l'ensemble de la communauté universitaire élargie.

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

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



UNIVERSITÉ
**PARIS
DESCARTES**

MEMBRE DE

U-S-PC
Université Sorbonne
Paris Cité

UNIVERSITÉ PARIS DESCARTES

FACULTÉ DE CHIRURGIE DENTAIRE

Année 2019

N° 018

THÈSE

POUR LE DIPLÔME D'ÉTAT DE DOCTEUR EN CHIRURGIE DENTAIRE

Présentée et soutenue publiquement le : 13 février 2019

Par

Jacques CHEN

Apport du sablage sur le collage des restaurations indirectes en composite

Dirigée par M. le Docteur Ivan Mester

JURY

Mme. le Professeur Marysette Folliguet

M. le Docteur Jean-Claude Tavernier

M. le Docteur Marwan Daas

M. le Docteur Ivan Mester

Président

Assesseur

Assesseur

Assesseur

Tableau des enseignants de la Faculté

DÉPARTEMENTS	DISCIPLINES	PROFESSEURS DES UNIVERSITÉS	MAÎTRES DE CONFÉRENCES
1. DÉVELOPPEMENT, CROISSANCE ET PRÉVENTION	ODONTOLOGIE PÉDIATRIQUE	Mme DAVIT-BÉAL Mme DURSUN Mme VITAL	M. COURSON Mme JEGAT Mme SMAIL-FAUGERON Mme VANDERZWALM
	ORTHOPÉDIE DENTO-FACIALE		Mme BENAHMED M. DUNGLAS Mme KAMOUN-GOLDRAT Mme LE NORCY
	PRÉVENTION, ÉPIDÉMIOLOGIE, ÉCONOMIE DE LA SANTÉ ET ODONTOLOGIE LÉGALE	Mme FOLLIGUET M. PIRNAY	Mme GERMA M. TAVERNIER
2. CHIRURGIE ORALE, PARODONTOLOGIE, BIOLOGIE ORALE	PARODONTOLOGIE	Mme COLOMBIER Mme GOSSET	M. BIOSSE DUPLAN M. GUEZ
	CHIRURGIE ORALE	M. MAMAN Mme RADOI	Mme EJEIL M. GAULTIER M. HADIDA M. MOREAU M. NGUYEN
	BIOLOGIE ORALE	Mme CHAUSSAIN M. GOGLY Mme SÉGUIER Mme POLIARD	M. ARRETO Mme BARDET (MCF) Mme CHARDIN M. FERRE M. LE MAY
3. RÉHABILITATION ORALE	DENTISTERIE RESTAURATRICE ENDODONTIE	Mme BOUKPESSI Mme CHEMLA	Mme BERÈS Mme BESNAULT M. BONTE Mme COLLIGNON M. DECUP Mme GAUCHER
	PROTHÈSES		M. CHEYLAN M. DAAS M. DOT M. EID Mme FOUILLOUX-PATEY Mme GORIN M. RENAULT M. RIGNON-BRET M. TIRLET M. TRAMBA Mme WULFMAN
	FONCTION-DYSFONCTION, IMAGERIE, BIOMATÉRIAUX	M. SALMON	M. ATTAL Mme BENBELAID Mme BENOÎT A LA GUILLAUME (MCF) M. BOUTER M. CHARRIER M. CHERRUAU M. FLEITER Mme FRON CHABOUIS Mme MANGIONE Mme TILOTTA
	PROFESSEURS ÉMÉRITES	M. BÉRENHOLC Mme BRION M. LASFARGUES M. LAUTROU M. LEVY	M. PELLAT M. PIERRISNARD M. SAFFAR Mme WOLIKOW
Mise à jour le 04 septembre 2018			

Remerciements

À Mme le Professeur Marysette Folliguet

Docteur en Chirurgie dentaire

Spécialiste qualifiée en Médecine bucco-dentaire

Docteur en Sciences odontologiques

Docteur d'État en Odontologie

Professeur des Universités, Faculté de Chirurgie dentaire Paris Descartes

Praticien Hospitalier, Assistance Publique-Hôpitaux de Paris

Vice-Doyen de la Faculté de Chirurgie dentaire Paris Descartes

Chef de service de l'hôpital Louis Mourier

Chevalier de l'ordre national de la Légion d'honneur

Officier de l'ordre des palmes académiques

Qui me fait l'honneur de présider ce jury de thèse d'exercice. Merci pour votre gentillesse, votre réactivité, votre rigueur et votre passion envers vos étudiants. C'est un plaisir d'avoir étudié à Louis Mourier, lieu qui fut ma seconde maison pendant quatre ans. Veuillez trouver ici le témoignage de ma plus profonde reconnaissance.

À M. le Docteur Jean-claude Tavernier

Docteur en Chirurgie dentaire

Docteur de l'Université Paris Descartes

Docteur en Sciences odontologiques

Maître de Conférences des Universités, Faculté de Chirurgie dentaire Paris Descartes

Praticien Hospitalier, Assistance Publique-Hôpitaux de Paris

Chevalier de l'ordre national du mérite

Officier de l'ordre des palmes académiques

Qui me fait l'honneur de siéger à ce jury de thèse. Merci pour votre dévouement et votre bienveillance infinis envers les étudiants de cette faculté. Ce fut un enrichissement d'avoir assisté à vos enseignements. Veuillez trouver ici le témoignage de ma plus profonde gratitude.

À M. le Docteur Marwan Daas

Docteur en Chirurgie Dentaire

Maitre de Conférences des Universités, Faculté de Chirurgie dentaire Paris Descartes

Praticien Hospitalier, Assistance Publique-Hôpitaux de Paris

Qui me fait l'honneur de siéger à ce jury de thèse. Merci pour votre implication depuis tant d'années dans la vie étudiante. Merci de nous transmettre la passion de l'excellence, vous êtes un exemple pour nous. Veuillez trouver ici le témoignage de mon plus grand respect.

À M. le Docteur Ivan Mester

Docteur en Chirurgie dentaire

Assistant Hospitalo-Universitaire, Faculté de Chirurgie dentaire Paris Descartes

Qui m'a fait l'honneur de diriger cette thèse. Merci pour votre très grande patience et pour avoir eu le courage de terminer cette thèse avec moi. Merci pour votre franc-parler, votre humour et votre sens de la pédagogie durant toutes ces années d'assistanat. J'ai eu la joie de travailler et d'apprendre à vos côtés. Veuillez trouver ici le témoignage de ma plus profonde reconnaissance.

Merci à mes parents, partis de loin mais qui nous soutiennent et veillent à ce qu'on ne manque de rien ; qui m'ont encouragé toutes ces années et qui m'ont aidé à me construire. Je respecte votre parcours, vous êtes des exemples pour tous.

A ma mère Sophie, merci pour ta bienveillance, ton courage et ta bravoure. Ce n'a pas été toujours facile, mais tu as toujours su garder la tête haute et nous aider quand nous en avons besoin.

A mon père Germain, merci d'avoir été ce pilier durant toutes ces années. Tu as tout fait pour subvenir à nos besoins en tout temps. Toujours rieur et travailleur, mais je te remercie surtout de m'avoir grondé toutes ces fois, sans quoi je ne serais pas là où je suis.

A mes sœurs, Nancy et Zoé, merci pour cette relation fusionnelle qui nous lie. J'aime toujours autant rentrer à la maison, et trouver des sourires chaleureux qui m'accueillent.

A mes cousins, je suis fier de votre évolution et de votre intégration. Je mesure tous les jours la chance que j'ai d'être né dans cet environnement.

A Audrey, merci de me rendre meilleur un peu plus tous les jours. Merci pour tous ces moments de joie, de rigolade, et de tendresse. Je te le dis tous les jours, je t'aime.

D'abord à toi David, double dédicace pour mon ami d'enfance (quasiment). Petite ligne supplémentaire pour l'ami avec qui j'ai tout fait. Le lycée et son redoublement, la P1 et son redoublement, les années à Montrouge et leur redoublement... Sans compter toutes les soirées, vacances, les fous rires et j'en passe ... J'espère que cela restera comme ça encore pour de très nombreuses années... sans les redoublements.

A toute la Sheitanerie, les frérots, BAAAam... tous ces groupes, mais toujours les mêmes personnes présentes, vous connaissez mon ressenti envers vous. Ces cinq dernières années on a tout fait ensemble, mais on a surtout beaucoup ri ensemble. J'ai hâte de ce qui arrive dans ces prochaines années.

Dans ce groupe, mention spéciale pour mes anciens colocs, Nicolas et Antoine. Un an et demi de bonheur, de soirées, de lendemain à nettoyer, de porte et de vitre cassées, de vaisselle

entassée, de fous rires, de confidences faites... Quand je pense à cette période, je ne peux m'empêcher d'avoir un sourire. Je ne vous oublierai jamais.

A Axel, Roxane et David, toujours et encore les mêmes à toutes les soirées. Ce qui me rend heureux c'est qu'en dehors de tous ces moments de folie, je peux compter sur vous comme vous pouvez compter sur moi.

A Arnaud et Roupen, découvertes récentes mais intenses. Pour tout ce qui est à venir.

A mes amis de Colombes, Samer, Josué, Mathilde, Mélissa, Camille, Tania, Sandrine, Théodore, Aurélien, tant de galères, mais tant de rires aussi. Ça devient compliqué de se voir, mais on s'accroche, à très bientôt.

A la Binch, merci pour tout, vous êtes des gens en or comme il y en a peu. J'ai vécu pleinement des moments que je n'oublierai jamais.

Merci aux personnes encadrantes de Colombes, j'ai eu la chance de vous croiser pendant mon parcours, j'espère être digne de vos enseignements dans ma vie professionnelle future.

A l'équipe de prothèse, Dr Toussaint, Kakiche, Dusart, Mester dont j'ai été l'attaché pour deux d'entre vous, merci pour votre passion pour le métier et surtout la manière avec laquelle vous la transmettez. C'est grâce à vous si j'aime autant ce métier, et je m'efforce au mieux de respecter vos préceptes.

A JB et Guillaume, mais aussi à Lamia et Robin, frères un jour, frères toujours. On peut ne pas se voir pendant des mois, mais les retrouvailles sont comme si on s'était quittés la veille. Je n'échangerais ça pour rien.

Table des matières

INTRODUCTION	3
1 : RAPPELS	5
1.1 LE SABLAGE.....	5
1.1.1. <i>L'histoire du sablage</i>	5
1.1.2. <i>Mode de fonctionnement et influence des paramètres d'une sableuse</i>	6
1.1.3. <i>L'Application du sablage à la dentisterie moderne</i>	7
1.2 L'ADHESION A LA DENTINE	8
1.2.1 <i>La boue dentinaire</i>	8
1.2.2 <i>Les systèmes adhésifs avec mordantage préalable et rinçage (MR)</i>	9
1.2.3 <i>Les systèmes adhésifs auto-mordantants (SAM)</i>	10
1.3 L'ADHESION A L'EMAIL	11
1.4 L'ADHESION AUX BIOMATERIAUX DE RESTAURATION	11
1.4.1 <i>Surface propre et apte au collage</i>	12
1.4.2 <i>La rugosité de surface</i>	12
2 : MATERIEL ET METHODES.....	13
2.1. STRATEGIE DE RECHERCHE.....	13
2.1.1. <i>Critères d'inclusion</i>	13
2.1.2. <i>Critères d'exclusion</i>	13
2.2. RESULTATS DE RECHERCHE	14
3 : L'APPORT DU SABLAGE DANS LES PROCEDURES DE COLLAGE	21
3.1. L'APPORT DU SABLAGE AU NIVEAU DE L'INTERFACE PROTHESE-COLLE.....	21
3.1.1. <i>Analyse de la littérature sur l'apport du sablage</i>	22
3.1.2. <i>Types de fracture</i>	23
3.1.3. <i>L'apport du sablage du composite sur la morphologie de surface</i>	26
3.1.4. <i>L'apport du sablage du composite sur l'adhésion</i>	32
3.1.5. <i>Conclusion sur l'apport du sablage au niveau de l'interface prothèse-colle</i>	40
3.2. L'APPORT DU SABLAGE AU NIVEAU DE L'INTERFACE DENTINE-COLLE.....	40
3.2.1. <i>Analyse de la littérature</i>	41
3.2.2. <i>L'apport du sablage de la dentine sur la morphologie de surface</i>	41
3.2.3. <i>L'apport du sablage de la dentine sur l'adhésion</i>	45
3.3. L'APPORT DU SABLAGE AU NIVEAU DE L'INTERFACE EMAIL-COLLE	55
3.3.1. <i>L'apport du sablage de l'émail sur la morphologie de surface</i>	56

3.3.2. <i>L'apport du sablage de l'émail sur l'adhésion</i>	59
CONCLUSION	62
BIBLIOGRAPHIE	64
TABLE DES FIGURES	68
TABLE DES TABLEAUX	69

Introduction

Ces trente dernières années, l'intérêt grandissant des chirurgiens-dentistes pour la biocompatibilité, la conservation tissulaire, le biomimétisme ainsi que la fonction et la durabilité, combinés à la demande esthétique des patients, a fait du composite un des matériaux de choix pour les restaurations indirectes collées.

Ces composites indirects permettent de mieux surmonter tous les aspects négatifs des restaurations en composite directes tout en alliant préservation tissulaire et possibilité de réintervention. En effet, les restaurations directes présentent plusieurs aspects négatifs tels que¹ :

- La rétraction de prise, qui peut engendrer une diminution de l'adhésion, des défauts microscopiques, une perte d'adaptation marginale ainsi que des sensibilités post-opératoires² ;
- La formation de bulles entre les différents incréments ;
- Une mauvaise résistance au vieillissement, surtout au niveau des contacts occlusaux et proximaux ;
- Une sensibilité à la pénétration des colorants externes ;
- Des difficultés à reproduire des contacts proximaux ;
- De manière générale, une technique très opérateur-dépendant.

La polymérisation extra-orale au laboratoire du composite permet d'obtenir un haut taux de conversion du composite augmentant ainsi ses propriétés mécaniques et permettant de s'affranchir des défauts de la rétraction de prise. Il y a aussi une meilleure gestion des points de contact ainsi qu'une meilleure anatomie et fonction occlusale³.

La dentisterie adhésive associe les propriétés physiques de ces composites indirects au substrat dentaire via le collage. Les performances cliniques de la restauration dépendent de la qualité du collage. L'étape de collage est donc cruciale pour la pérennité de cette restauration. Un collage réussi

¹ Azeem et Sureshababu, « Clinical performance of direct versus indirect composite restorations in posterior teeth : a systematic review ».

² Giachetti et al., « A review of polymerization shrinkage stress : current techniques for posterior direct resin restorations ».

³ Azeem et Sureshababu, « Clinical performance of direct versus indirect composite restorations in posterior teeth : a systematic review ».

induit une meilleure rétention de la pièce, la diminution des risques de fracture de la dent et du composite, et diminue également le risque de micro-infiltrations. Pour que la restauration soit optimale, il est nécessaire d'effectuer des traitements de surface avant de coller la pièce prothétique⁴.

En effet, le haut taux de conversion des composites indirects induisant une diminution de la quantité d'atomes de carbone libres disponibles pour effectuer des liaisons avec les monomères de la matrice organique de la colle, ces traitements de surface permettent d'obtenir des surfaces ayant des propriétés physico-chimiques optimales pour le collage⁵.

Pour que l'adhésion soit optimale, non seulement il est nécessaire de traiter l'intrados de la pièce prothétique mais il est aussi primordial de traiter la surface dentaire, qui a le plus souvent une composante émail et une composante dentine.

Il existe différents traitements de surface, dont le sablage qui consiste à utiliser l'énergie cinétique de microparticules d'oxyde d'aluminium projetées sous pression, afin de modifier la structure et la morphologie de surface d'un substrat. Cette technique est l'une des plus utilisées, mais reste aussi très controversée dans la littérature. C'est pourquoi nous nous intéresserons à ce procédé et essayerons de décrire les apports du sablage dans le collage d'une pièce prothétique indirecte en composite à une surface dentaire.

Deux interfaces sont créées avec le collage : une interface dent-colle et une interface prothèse-colle. Après quelques rappels sur le sablage et l'adhésion, nous développerons l'apport du sablage au niveau de l'interface prothèse-colle, puis au niveau de par l'interface dent-colle.

⁴ Soares et al., « Effect of surface treatments of laboratory-fabricated composites on the microtensile bond strength to a luting resin cement ».

⁵ Poskus et al., « Effects of different surface treatments on bond strength of an indirect composite to bovine dentin ».

1 : Rappels

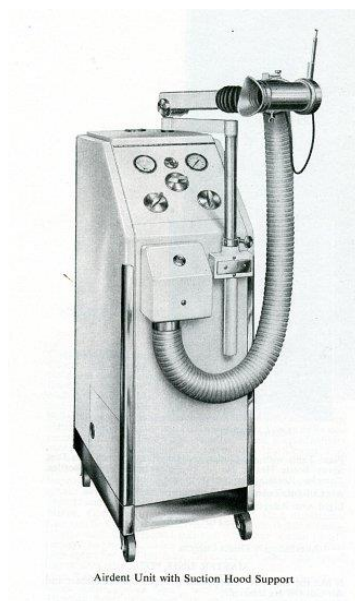
1.1 Le sablage

Au cours de ces dernières années, les techniques émergentes dédiées à la dentisterie conservatrice ont été étudiées et documentées. Elles se sont généralisées dans la pratique dentaire. Dans l'histoire de la dentisterie, les buts et fonctions initiaux de certaines techniques ont évolué selon les pratiques de l'époque. C'est le cas du sablage, technique ancienne qui trouve une nouvelle place dans la dentisterie moderne⁶.

1.1.1. L'histoire du sablage

Le sablage a été développé à partir de 1945⁷ et introduit en 1951 par le Dr R.B.Black, avec la commercialisation de l'Airdent unit de chez S.S White.

Figure 1 : Airdent unit de chez S.S White



Source : Société française de l'art dentaire, « histoire de l'aménagement opératoire du cabinet », 2008

⁶ Rainey, « Air abrasion : an emerging standard of care in conservative operative dentistry ».

⁷ Black, « Technic for nonmechanical preparation of cavities and prophylaxis ».

Le Dr Black cherchait alors une alternative aux techniques de fraisage de l'époque qui se faisaient avec des contre-angles très bruyants et très inconfortables.

Le sablage a l'avantage d'être moins bruyant, il émet aussi peu de vibrations. Malgré un principe très prometteur et révolutionnaire pour l'élimination des tissus dentaires, le sablage n'a pas réussi à trouver sa place à cette époque et cela pour plusieurs raisons :

- Il ne donnait pas la possibilité d'avoir des parois et des marges bien précises, or à cette époque, les restaurations se faisaient surtout à l'amalgame et à l'or, ce qui demandait des préparations précises pour la rétention de ces pièces ;
- L'apparition peu après des premières turbines offrant une vitesse de rotation très élevée fût très prisée des praticiens ;
- L'aspiration à haut débit n'avait pas encore été développée, ce qui rendait le nettoyage des particules de poudre compliqué.

Avec l'arrivée de la dentisterie conservatrice ainsi que les premiers composites et le collage, le sablage a connu un second souffle. Il a alors pu être utilisé comme technique d'éviction carieuse notamment avec l'utilisation de la digue et de l'aspiration à haut débit. On parlera ici d'aéro-abrasion. Cette technique a aussi été utilisée à ce moment comme traitement de surface afin d'améliorer l'adhésion. C'est sur ce dernier aspect de la technique que nous nous pencherons dans ce travail.

1.1.2. Mode de fonctionnement et influence des paramètres d'une sableuse

Le principe du sablage est basé sur l'utilisation de l'énergie cinétique contenue dans des microparticules propulsées à grande vitesse par de l'air sec et propre sur un substrat, ce qui induit un effet abrasif.

Les sableuses sont des appareils constitués d'un réservoir de poudre relié à un système de projection et de mélange dans l'air. La projection est assurée par un outil terminé par une buse de faible ouverture, permettant ainsi une meilleure précision d'utilisation. Le flot d'air est créé par du dioxyde de carbone, de l'azote ou de l'air comprimé. Les particules utilisées sont la plupart du temps des particules d'oxyde d'aluminium.

La puissance abrasive du sablage est régie par de nombreux paramètres tels que⁸ :

- La pression utilisée ;
- La taille des particules ; le plus souvent, on trouve des particules de 27 micromètres ou 50 micromètres ;
- Le diamètre de la buse ;

⁸ Hegde et Khatavkar, « A new dimension to conservative dentistry : air abrasion ».

- La distance entre la buse et le substrat ;
- L'angle de projection ;
- La durée de projection.

Les rôles de cette technique varient, en fonction des paramètres utilisés :

- Un rôle purement abrasif qui est utilisé surtout en dentisterie conservatrice pour éliminer des tissus carieux tout en préservant le maximum de tissus sains (l'aéro-abrasion) ;
- Un rôle de traitement de surface qui crée des microrugosités de surface pour améliorer le collage d'une pièce prothétique ;
- Un rôle décapant/nettoyant.

Ces deux dernières fonctions sont englobées dans le terme qu'est le sablage. Le sablage et l'aéro-abrasion sont deux techniques utilisant le même principe mais ayant des buts bien différents.

1.1.3. L'Application du sablage à la dentisterie moderne

Depuis son introduction par le Dr R.B.Black, l'utilisation du sablage s'est peu à peu diversifiée par rapport à sa fonction première en 1951, en particulier avec le développement de nouvelles techniques et de nouveaux matériaux.

En effet, on trouve maintenant de nombreuses fonctions à l'utilisation de particules projetées à haute vitesse.

Depuis sa création, le principe n'a pratiquement pas évolué. Par contre, on retrouve maintenant différents types de particules comme de l'oxyde d'aluminium avec ou sans revêtement, la silice ou encore du bicarbonate de soude. Ces deux derniers sont utilisés dans les cas d'aéro-polissage et ne nous concernent donc pas. L'oxyde d'aluminium peut être utilisé pour⁹ :

- La finition lors de la dépose de restaurations, par exemple lorsqu'il reste des petits morceaux de composite ;
 - Le traitement de lésions carieuses initiales au niveau des sillons et des fosses, ou en complément des curettes ou des fraises pendant l'éviction carieuse afin de préserver le maximum de dentine saine ; on parle ici d'aéro-abrasion ;
 - Éliminer le ciment provisoire ou autre contaminant juste avant la procédure de collage d'une pièce prothétique ;
 - Le traitement des surfaces destinées à être collées afin d'améliorer leur valeur d'adhérence.
- Pour le sablage, on peut aussi trouver des particules d'oxyde d'aluminium équipées d'un

⁹ Hegde et Khatavkar.

revêtement à base de silicate qui permettrait de potentialiser l'étape de silanisation des pièces prothétiques.

1.2 L'adhésion à la dentine

Malgré la fiabilité de l'adhésion à l'émail, le collage à la dentine s'avère plus difficile et moins prédictible. En effet, la dentine a une composition très hétérogène avec des cristaux d'hydroxyapatite fixés autour de fibres de collagène. De plus, la dentine est intimement connectée au tissu pulpaire via de nombreux tubules qui traversent la dentine depuis la chambre pulpaire jusqu'à la jonction amélo-dentinaire. Ces tubules contiennent un fluide qui est soumis à une pression centrifuge constante, rendant ainsi la dentine constamment humide et hydrophile. Tous ces éléments représentent un vrai challenge pour le collage dentinaire.

1.2.1 La boue dentinaire

La préparation de la dentine induit la création d'une boue dentinaire formée des débris d'usinage. Cette boue dentinaire s'accompagne de bouchons tubulaires qui obstruent les entrées tubulaires. Elle est poreuse et est composée de bactéries, d'agglomérats d'hydroxyapatite et de protéines. Son épaisseur est variable selon la granulométrie des instruments rotatifs utilisés. En moyenne, elle varie de 1 à 3 micromètres. Elle est adhérente à la dentine sous-jacente et ne peut être éliminée par un simple rinçage. Sa valeur d'adhérence est égale à 5MPa. Cette couche est un premier obstacle pour le collage à la dentine. Chaque procédure de collage commence donc par un traitement acide afin d'éliminer ou de stabiliser cette boue dentinaire¹⁰.

Ce traitement acide affecte aussi les couches dentinaires sous-jacentes. Il crée des microrugosités ou microporosités propices à l'infiltration de monomères qui formeront, entre les tissus dentaires et le biomatériau de restauration, une interface adhérente et idéalement étanche. La principale composante de l'adhésion aux tissus dentaires est donc micromécanique mais des interactions chimiques entre des monomères fonctionnels des adhésifs et l'hydroxyapatite peuvent aussi se former¹¹.

C'est en ce sens qu'ont été créés les différents systèmes adhésifs. Ils contribuent à former un lien adhérent et idéalement étanche entre les tissus dentaires et les biomatériaux de restauration. Hormis

¹⁰ Cardoso et al., « Current aspects on bonding effectiveness and stability in adhesive dentistry ».

¹¹ Lopes et al., « Dental adhesion : present state of the art and future perspectives ».

les ciments verre-ionomères, leurs dérivés et les colles auto-adhésives, tous les biomatériaux employés en dentisterie restauratrice et en prothèse fixée requièrent l'emploi d'adhésif.

Il en existe deux types, les systèmes adhésifs avec mordantage préalable et rinçage (MR) et les systèmes auto-mordantants (SAM)¹².

1.2.2 Les systèmes adhésifs avec mordantage préalable et rinçage (MR)¹³

Les systèmes adhésifs MR se caractérisent par une étape de mordantage à l'acide orthophosphorique sur la dentine. Le mordantage dentinaire dure environ 15 secondes et est suivi d'un rinçage abondant. Cela a pour effet d'éliminer la boue dentinaire, d'ouvrir les orifices tubulaires ainsi que de déminéraliser superficiellement les zones péri et inter-tubulaires. Ces zones déminéralisées sont constituées d'un enchevêtrement de fibres de collagène, totalement dépourvues d'hydroxyapatite. Après cette étape, les adhésifs MR se divisent en deux sous catégories : les MR3 et les MR2, qui tirent leur nom du nombre d'étapes dans leur protocole.

1.2.2.1. Les MR3 et MR2

Les systèmes adhésifs MR3 ont un protocole comprenant trois étapes : le mordantage, l'application d'un primer hydrophile puis l'application d'un adhésif.

Le réseau de fibrilles de collagène exposé lors du mordantage a pour caractéristique de contenir beaucoup d'eau après le rinçage et de se collapsé s'il est séché trop fort. Ceci empêche ainsi une bonne pénétration et infiltration des monomères de l'adhésif.

Le primer joue un rôle important et permet la ré-expansion du collagène s'il a été collapsé lors de son séchage. Il maintient aussi le réseau de collagène suffisamment poreux. Il contient de l'eau, des monomères hydrophiles HEMA (hydroxyl-méthacrylate) ainsi que des solvants organiques. Ceci permet de transformer le caractère hydrophile de la dentine en caractère hydrophobe propice à la pénétration de la résine.

L'adhésif est une résine dépourvue de solvant, contenant des monomères hydrophobes. Il a pour rôle de pénétrer les tubules dentinaires ainsi que le réseau fibrillaire de collagène. Après polymérisation, on aboutit à la création d'une couche hybride associée à des brides résineuses intra-tubulaires.

¹² Lopes et al.

¹³ Cardoso et al., « Current aspects on bonding effectiveness and stability in adhesive dentistry ».

Les systèmes adhésifs MR2 comprennent deux étapes au lieu de trois. En effet, l'adhésif et le primer ont été « mélangés » afin d'obtenir une résine contenant des monomères hydrophiles, des monomères hydrophobes ainsi que des solvants. Ce système élimine une étape lors de la procédure de collage, mais elle a un inconvénient majeur qui est la gestion de l'humidité de la dentine.

1.2.2.2. La couche hybride

La couche hybride est un enchevêtrement de fibres de collagène et de macromolécules de l'adhésif. Cette couche hybride est une composante essentielle à l'adhésion. Une bonne couche hybride permet d'obtenir un collage idéal. Les brides dentinaires sont formées après polymérisation de la résine de l'adhésif ayant pénétré à l'intérieur des tubules dentinaires.

Cette zone hybride assure une adhésion importante et durable.

1.2.3 Les systèmes adhésifs auto-mordançants (SAM)

Dans ces systèmes d'adhésifs, l'étape de mordançage est supprimée. Le mordançage est donc assuré par des monomères acides qui ne sont pas rincés et qui participeront à la polymérisation. Ces monomères déminéralisent et infiltrent en même temps la dentine. Ils s'attaquent en premier à la boue dentinaire puis superficiellement à la dentine sous-jacente. Certains monomères tels que le 10-MDP, 4-META et le phenyl-P peuvent former des liaisons chimiques avec l'hydroxyapatite dissoute. Ces liaisons contribuent à une meilleure cohésion avec la résine infiltrée et potentiellement une meilleure résistance à l'hydrolyse. La boue dentinaire est donc infiltrée et non pas éliminée comme chez les MR. La couche hybride ainsi obtenue est de faible épaisseur avec des brides intra-tubulaires de faible taille. Mais plusieurs études dont celle de Pioch et al en 1998¹⁴ montrent que l'adhérence à la dentine ne dépend pas de l'épaisseur de la couche hybride. L'acidité du primer joue un rôle sur l'efficacité de l'adhésif.

Dans les systèmes auto-mordançants, il existe aussi deux sous catégories, les SAM1 et les SAM2. Ils tirent leur nom en fonction du nombre d'étapes dans leur protocole :

- Les systèmes SAM2 comportent un primer-acide et un adhésif qui sont appliqués en 2 étapes. On applique en premier le primer acide qui déminéralise et infiltre simultanément la dentine. Après évaporation de l'eau qu'il contient par séchage, il est recouvert d'une résine dont la majeure partie des composants est hydrophobe (l'adhésif). Cette deuxième couche conduit à une co-polymérisation efficace avec la matrice des composites.

¹⁴ Pioch et al., « Influence of different etching times on hybrid layer formation and tensile bond strength ».

- Les systèmes SAM1 ne comportent qu'une seule étape. Ils combinent avec un seul produit les rôles de mordantage, primer et adhésif.

1.3 L'adhésion à l'émail¹⁵

L'adhésion à l'émail est différente de l'adhésion à la dentine du fait de sa structure et sa composition. En effet, l'émail a une structure prismatique ce qui a pour effet d'obtenir un mordantage sélectif et différentiel. Cela offre une rugosité avec des motifs typiques du mordantage de l'émail.

Il est bien admis aujourd'hui que la qualité du mordantage est le principal facteur influençant la valeur de l'adhésion à l'émail. Il consiste en l'application d'un gel d'acide orthophosphorique pendant 30 secondes suivi d'un rinçage abondant. Il est préférable d'utiliser un gel d'acide orthophosphorique dont la concentration est supérieure à 20%. Après rinçage, on obtient sur l'émail une structure de surface en nid d'abeille. Ces faciès sont propices à l'ancrage micromécanique de l'adhésif.

L'efficacité du mordantage sur l'émail est contrôlée visuellement après rinçage et séchage. L'émail doit alors présenter un aspect blanc mat crayeux.

Le mordantage transforme l'aspect lisse de l'émail en un aspect irrégulier augmentant ainsi son énergie superficielle.

La résine des adhésifs est alors aspirée par effet de capillarité à l'intérieur des microporosités créées par le mordantage.

Après polymérisation, les brides de résine formées par l'extension de la résine à l'intérieur des microporosités forment une liaison micromécanique très forte.

Pour les adhésifs SAM, il n'y a pas d'étape de mordantage. Les faciès d'attaque générés par le primer acide apparaissent moins rétentifs que ceux que procure l'acide orthophosphorique, cela semble être lié pour partie au pH de la solution de mordantage et à l'amplitude de l'attaque qu'il provoque.

1.4 L'adhésion aux biomatériaux de restauration¹⁶

De façon générale, certains paramètres sont universels et influencent l'adhésion, peu importe le biomatériau utilisé, comme des surfaces propres ainsi que la rugosité de surface.

¹⁵ Lopes et al., « Dental adhesion : present state of the art and future perspectives ».

¹⁶ Marshall et al., « A review of adhesion science ».

1.4.1 Surface propre et apte au collage

Une condition essentielle pour obtenir une bonne adhésion est d'avoir des surfaces de collage propres, dépourvues de contaminant et par conséquent, avec un état énergétique élevé. En clinique, des débris organiques, de l'eau et/ou des biofilms sont toujours présents en surface et interfèrent avec les capacités d'infiltration ou de mouillabilité des résines. Il est donc important d'avoir des surfaces propres et donc aptes au collage.

1.4.2 La rugosité de surface

Dans la plupart des situations, la mouillabilité est améliorée par des microrugosités de surface.

Celle-ci joue aussi, de façon générale, un rôle dans l'adhésion micromécanique en assurant une meilleure interconnexion avec la colle. Elle augmente également considérablement la surface de collage disponible.

2 : Matériel et méthodes

2.1. Stratégie de recherche

Les recherches se sont essentiellement portées sur des bases de données documentaires internationales via Pubmed et la librairie Cochrane.

Des mots clés tels que « sandblasting », « tooth », « indirect composite », « enamel », « dentin », « air abrasion », « bond strength » ont été utilisés afin de former des équations de recherche.

Dans un premier temps, les titres et les résumés ont été examinés puis une première lecture des articles a été effectuée afin de sélectionner les articles répondant aux critères de sélection.

2.1.1. Critères d'inclusion

Les critères d'inclusion retenus sont :

- La conception de l'étude :
 - Les essais contrôlés randomisés ou les essais cliniques contrôlés
 - Les études portant sur des molaires humaines ou des incisives bovines.
- Traitement de surface : un sablage effectué seul ou combiné avec un autre traitement de surface.
- Pas d'utilisation de sablage dans les groupes contrôles.
- Les résultats : les résultats devaient s'intéresser principalement aux valeurs d'adhérence, puis à la morphologie de surface et enfin aux types de fractures.

2.1.2. Critères d'exclusion

Des critères d'exclusion ont aussi été définis afin d'avoir un certain niveau de fiabilité permettant ainsi la comparaison des différents articles sélectionnés.

Les critères d'exclusion se sont surtout concentrés sur les risques d'apparition de biais au sein des études.

Les domaines suivants ont donc été considérés :

- Les biais de sélection : la comparabilité des conditions expérimentales
- Les biais de performance

- Les biais d'usure : la perte ou la non-inclusion de certains échantillons après tests
- Les biais de compte rendu : certains comptes rendus ne sont pas en accord avec les résultats affichés.

2.2. Résultats de recherche

Plus de 80 articles sont ressortis des différentes recherches.

Après tri, 26 articles ont été sélectionnés pour étayer le sujet., 11 traitent de l'effet du sablage au niveau de l'interface prothèse-colle et 15 traitent de l'effet du sablage au niveau de l'interface dent-colle.

Le nombre d'échantillons est très variable en fonction des études. On retrouve aussi une grande disparité entre les traitements de surfaces appliqués aux différents groupes d'échantillons.

De plus, au sein d'un même traitement, les paramètres varient en fonction des études. Ces éléments sont résumés dans les tableaux 1 et 2.

Cependant les techniques de mesure de l'adhésion et d'analyse statistique des résultats sont majoritairement homogènes entre les articles.

Il faut noter que certaines valeurs d'adhérence inscrites dans les tableaux sont issues de moyennes effectuées avec les résultats obtenus dans chaque étude. De plus, avec l'absence de consensus sur le protocole des études, ces moyennes comparent des études qui peuvent présenter certaines différences au niveau de leur protocole.

Il est donc important de garder cela en tête.

Le tableau 1 résume la partie matériel et méthode des articles associés à l'étude de l'apport du sablage au niveau de l'interface prothèse-colle.

Le tableau 2 résume la partie matériel et méthode des articles associés à l'étude de l'apport du sablage au niveau de l'interface dent-colle.

Tableau 1 : Résumé des articles traitant de l'interface **prothèse-colle**.

Auteurs et année	Objectif de l'étude	Nombre d'échantillons	Traitements de surface	Matériaux utilisés
Swift et al 1992	Analyse l'effet du sablage sur l'adhésion et la morphologie de surface.	100	-Contrôle -Sablage -Sablage + silane -Sablage + mordançage -Sablage + mordançage + silane	-Composite testé : Herculite XRV (Kerr) -Adhésif : Bondlite (Kerr) -Colle : Porcelite dual cure (Kerr)
Latta et Barkmeier 1994	Analyse l'effet du sablage sur l'adhésion et la morphologie de surface.	60	-Contrôle -Mordançage à l'acide fluorhydrique -Mordançage au bifluorure d'ammonium -Silane -Sablage -Sablage + Silane	-Composite testé : Triad (Dentsply) -Colle : Dicor (Dentsply)
Soares et al 2004	Analyse l'effet du sablage sur l'adhésion uniquement.	72	-Contrôle -Silane -Sablage -Mordançage -Mordançage + Silane -Sablage + Silane	-Composite testé : Targis (Ivoclar) + Solidex (Shofu) + Filtek Z250 (3M) -Adhésif : Single Bond (3M) -Colle : RelyX (3M)
D'Arcangelo et Vanini 2007	Analyse l'effet du sablage sur l'adhésion et la morphologie de surface.	88	-Contrôle -Mordançage + Silane -Sablage -Sablage + Silane	-Composite testé : Enamel plus HFO UD3 (Micerium) -Adhésif : Enabond (Micerium) -Colle : Enamel Plus (Micerium)

Stawarczyk et al 2012	Analyse l'effet du sablage sur l'adhésion uniquement.	288	-Contrôle -Sablage selon 2 pressions différentes	-Blocs de composite CAD/CAM. -Colles : RelyX unicem (3M) + G-Cem (GC) + Art-cem (Mertz Dental) + Variolink (Ivoclar)
Elsaka 2014	Analyse l'effet du sablage sur l'adhésion et la morphologie de surface.	600	-Contrôle -Sablage -Sablage + Silane -Mordançage -Mordançage + Silane	-Blocs de composite : Lava Ultimate (3M) et Vita Enamic (Vita) -Composite : Filtek Z250 (3M) -Colle : Bifix SE (Voco)
Poskus et al 2015	Analyse l'effet du sablage sur l'adhésion et la morphologie de surface.	150	15 groupes différents dont 1 groupe contrôle.	-Composite testé : Sifony (3M) -Adhésifs : Scotchbond (3M) -Colle : RelyX ARC (3M) -Silane : Rely ceramic primer (3M)
Kassotakis et al 2015	Analyse l'effet du sablage sur l'adhésion et la morphologie de surface.	96	-Contrôle -Sablage au bicarbonate -Sablage à la Glycine -Sablage à l'alumine -Sablage au Cojet -Sablage au Siljet	-Bloc de composite : Lava Ultimate (3M) -Adhésifs : Single Bond Universal (3M) -Colle : Filtek Ultimate (3M)
Harorli et al 2015	Analyse l'effet du sablage sur l'adhésion et la morphologie de surface.	66	-Contrôle -Mordançage -Sablage -Laser, selon 3 puissances différents	-Composite testé : Grandia (GC) -Colle : RelyX (3M)

Yoshihara et al 2017	Analyse l'effet du sablage sur la morphologie de surface uniquement.	/	-Sablage -Sablage + silane	-Blocs de composites : Cerasmart (GC) + Katana Avencia (Kuraray) + KZR-CAD (Yamakin) + Lava Ultimate (3M) + Shofu Block (Shofu)
Reymus et al 2018	Analyse l'effet du sablage sur l'adhésion uniquement.	240	-contrôle -Sablage + Silane -Sablage + primer	-Blocs de composite : Brillant Crios (Coltene) + Cerasmart (GC) + Shofu block (Shofu) + Lava Ultimate (3M) -composite : Duocem (Coltene)

Source : Auteur, 2019

Tableau 2 : Résumé des articles traitant de l'interface **dent-colle**.

Auteurs et année	Objectif de l'étude	Nombre d'échantillons	Traitements de surface	Matériaux utilisés
Chaves et al 2002	Analyse l'effet du sablage sur l'adhésion uniquement.	360	-Contrôle -Mordançage -Sablage -EDTA	-Composite : TPH Spectrum (Dentsply) -Adhésifs : Prime&Bond (Dentsply) / Clearfil Mega Bond (Kuraray) / Etch&Prime (Degussa Dental)
Van Meerbeek et al 2003	Analyse l'effet du sablage sur l'adhésion uniquement.	450	-contrôle -Sono-abrasion -Sablage -Laser	-Composite : Filtek Z250 (3M) -Adhésifs : Optibond FL (Kerr) / Clearfil SE (Kuraray)
Soares et al 2007	Analyse l'effet du sablage sur l'adhésion uniquement.	600	-Contrôle -Mordançage -Sablage -EDTA	-Composite : TPH Spectrum (Dentsply) -Adhésifs : Clearfil Protect Bond (Kuraray) / One Up Bond F (Tokuyama) -Colle : Relyx ARC (3M)
Chinelatti et al 2007	Analyse l'effet du sablage sur la morphologie de surface uniquement.	24	-Mordançage -Sablage -Sablage + mordançage	-Composite : Filtek (3M) -Adhésifs : Single Bond (3M)
de Oliveira et al 2007	Analyse l'effet du sablage sur l'adhésion et la morphologie de surface.	384	-Contrôle -Sablage -Sono-abrasion -Laser	-Composite : Clearfil APX (Kuraray) -Adhésifs : Tyrian SPE (Bisco) / Clearfil SE Bond (Kuraray) / Unifil Bond (GC) / Single Bond (3M)

França et al 2007	Analyse l'effet du sablage sur l'adhésion uniquement.	432	-Contrôle -Sablage	-Composite : TPH Spectrum (Dentsply) -Adhésifs : Clearfil SE Bond (Kuraray) / One Up Bond F (Tokuyama)
Chaiyabutr et Kois 2008	Compare différentes techniques de décontamination et de nettoyage.	32	Techniques d'élimination de ciment provisoire : -Excavateur -Pierre ponce -Sablage selon 2 pressions différentes	-Ciment provisoire : TempBond (Kerr) -Colle : RelyX (3M)
Souza-Zaroni et al 2008	Analyse l'effet du sablage sur l'adhésion et la morphologie de surface.	400	-Contrôle -Sablage avec 2 buses différentes -Laser selon 2 puissances différentes	-Composite : Filtek Z250 (3M) -Adhésif : Adapter Prompt L-Pop (3M)
Yazici et al 2009	Analyse l'effet du sablage sur l'adhésion uniquement.	56	-Contrôle -Mordançage -Laser -Sablage	-Composite : Filtek Z250 (3M) -Adhésif : Futura Bond NR (voco)
Freeman et al 2012	Analyse l'effet du sablage sur l'adhésion et la morphologie de surface.	48	-Contrôle -Sablage	-Composite : Filtek Z100 (3M) -Adhésifs : Single Bond (3M) / Prompt L Pop (3M)

Erkut et al 2014	Compare différentes techniques de décontamination et de nettoyage.	150	-Contrôle -Sablage -Alcool -Agent de dessiccation -Cupule en caoutchouc	-Ciment temporaire : RelyX temp (3M) -Composite : Clearfil APX (Kuraray) -Adhésif : Single Bond 2 (3M)
Baraba et al 2015	Analyse l'effet du sablage sur l'adhésion et la morphologie de surface.	234	-Contrôle -Sablage -Sono-abrasion	-Composite : Gradia direct (GC) -Adhésif : G Bond (GC)
Rafael et al 2016	Analyse l'effet du sablage sur la morphologie de surface uniquement.	20	-Mordançage -Sablage	/
D'Amario et al 2017	Analyse l'effet du sablage sur l'adhésion uniquement.	240	-Contrôle -Sablage	-Composite : Herculite (Kerr) -Adhésifs : Optibond FL (Kerr) / Optibond Solo + (Kerr) / Prime&Bond (Densply) / Riva Bond (SDI limited)
Sutil et Suzin 2017	Analyse l'effet du sablage sur l'adhésion uniquement.	480	-Aéropolissage -Sablage	-Composite : Z350 (3M) -Adhésif : Scotchbond Universel (3M)

Source : Auteur, 2019

3 : L'apport du sablage dans les procédures de collage

3.1. L'apport du sablage au niveau de l'interface prothèse-colle

L'utilisation des composites indirects est très répandue dans la pratique de la dentisterie conservatrice. Elle pallie la grande majorité des aspects négatifs des composites directs tels que la rétraction de prise, l'instabilité pigmentaire, l'infiltration des joints périphériques ainsi que les difficultés à reproduire une bonne anatomie et une fonction occlusale et proximale¹⁷.

En effet la polymérisation extra-orale de la pièce prothétique améliore grandement ses propriétés mécaniques ainsi que le taux de polymérisation du composite¹⁸.

Ce haut taux de conversion des composites indirects diminue à sa surface le nombre d'atomes de carbone libres, disponibles pour effectuer des doubles liaisons avec les monomères présents dans la colle. Il est donc nécessaire de recourir à des traitements de surface afin d'obtenir un collage optimal¹⁹.

La pérennité de la restauration dépend fortement des traitements de surface. Dans des études précédentes, plusieurs types de traitements de surface sont utilisés séparément ou en combinaison tels que :

- Le mordantage à l'acide hydrofluorhydrique ou à l'acide orthophosphorique^{20 21 22 23} ;
- La silanisation avec un silane ²⁴ ;
- Le peroxyde d'azote ;
- L'Éthanol ;
- Le laser Erbium, chromium : yttrium-scandium-gallium-garnet ²⁵ ;
- Le sablage à l'aide d'oxyde d'aluminium, l'un des traitements de surface les plus répandus.

¹⁷ Giachetti et al., « A review of polymerization shrinkage stress : current techniques for posterior direct resin restorations ».

¹⁸ Azeem et Sureshabu, « Clinical performance of direct versus indirect composite restorations in posterior teeth : a systematic review ».

¹⁹ Poskus et al., « Effects of different surface treatments on bond strength of an indirect composite to bovine dentin ».

²⁰ Burnett, Shinkai, et Eduardo, « Tensile bond strength of a one-bottle adhesive system to indirect composites treated with Er : YAG laser, air abrasion, or fluoridric acid ».

²¹ Swift et al., « Treatment of composite surfaces for indirect bonding ».

²² D'Arcangelo et Vanini, « Effect of three surface treatments on the adhesive properties of indirect composite restorations ».

²³ Hummel et al., « Surface treatment of indirect resin composite surfaces before cementation ».

²⁴ Soares et al., « Effect of surface treatments of laboratory-fabricated composites on the microtensile bond strength to a luting resin cement ».

²⁵ Harorli et al., « Shear bond strength of a self-etched resin cement to an indirect composite : effect of different surface treatments ».

Dans cette partie, nous développerons l'apport du sablage au niveau de l'interface intrados-colle d'un composite indirect collé.

Pour ce travail, nous avons utilisé un total de 11 articles, dont 7 publiés entre 2012 et 2018 ainsi que 4 articles publiés entre 1992 et 2007, qui étudient les effets du sablage ainsi que d'autres traitements de surface sur l'adhésion des composites indirects collés à différents substrats.

3.1.1. Analyse de la littérature sur l'apport du sablage

11 études d'essais contrôlés randomisés ont été sélectionnées afin d'analyser l'apport du sablage au niveau de l'interface intrados-colle dans les procédures de collage.

Dans l'ensemble de ces articles, 957 échantillons ont été testés et examinés. Ces échantillons ont subi un sablage seul ou combiné à un autre traitement de surface, puis ont été collés.

Les paramètres de sablage varient entre les différentes études ; de façon générale, celles-ci sont conduites plus fréquemment avec des particules d'alumine de 50 micromètres projetées avec une pression de 2 bars pendant 10 secondes à 1 ou 2 cm du substrat suivant un angle de 90°.

Les échantillons collés subissent des tests d'adhésion selon deux types de contraintes : des forces de traction ou des forces de cisaillement.

Les tests de résistance aux micro tractions semblent être les tests de choix, grâce à leur meilleure distribution des contraintes au niveau des interfaces lors du test, ce qui permet une analyse plus précise de l'adhésion ²⁶. La majorité des auteurs ont choisi ce test pour leur étude.

63,3% des échantillons ont subi un sablage seul, soit 606 échantillons.

En clinique, l'adhésion primaire doit être idéalement la plus élevée possible, mais aussi se maintenir dans le temps afin d'obtenir des restaurations les plus pérennes possible.

C'est pourquoi 6 études ont inclus dans leurs critères d'évaluation un vieillissement artificiel accéléré ; celui-ci a été réalisé selon plusieurs techniques :

- 30 jours de stockage dans de l'eau distillée à 37° ;
- Des cycles thermiques ou thermocyclage : les échantillons sont trempés alternativement dans des bacs à 5° puis à 50-55° pendant 15 à 30 secondes. Le nombre de cycles est généralement de 5000 ;

²⁶ Bouillaguet, Meyer, et Cattani-Lorente, « The microtensile bond strength test : new insight into the performance of adhesive resins bonded to dental substrates ».

- Des cycles thermomécaniques : ici le thermocyclage est combiné à un mécano-cyclage, où les échantillons sont soumis répétitivement à des charges compressives avec une certaine fréquence. Dans l'étude de Stawarczyk et al en 2012, les échantillons ont été soumis à des forces compressives de 49N, 1,2 millions de fois avec une fréquence de 1,67Hz avant d'être thermocyclés.

En tout, la moitié des échantillons a subi un vieillissement artificiel accéléré, soit 484.

Sur les 11 études sélectionnées, 17 composites de 12 marques différentes ont été étudiés et 5 études portent sur des blocs de composites CFAO. Une variété assez grande de composites indirects disponibles sur le marché a été étudiée.

A chaque étape les échantillons ont été analysés selon plusieurs critères :

- La morphologie de surface, avec des microscopes électroniques à balayage ou des machines de mesure de profil et d'état de surface (profilomètres) ;
- Les valeurs d'adhérence, avec des machines de tests universelles ;
- Les types de fracture au niveau des interfaces de collage grâce à des microscopes optiques, stéréoscopiques ou électroniques à balayage.

Les valeurs récoltées sont ensuite analysées selon des algorithmes statistiques afin de déterminer s'il y a des différences significatives entre les différents paramètres. L'analyse statistique la plus utilisée est l'analyse de variance à un ou plusieurs facteurs associée à l'algorithme de Tukey.

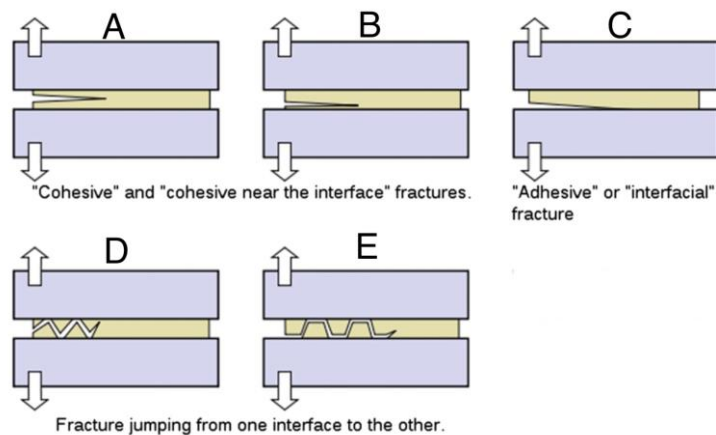
3.1.2. Types de fracture

Une fois installés sur les machines de tests universelles, les échantillons sont soumis à des contraintes au niveau de leur interface de collage jusqu'à ce qu'il y ait fracture. Les surfaces de fracture sont examinées, souvent à l'aide d'un microscope électronique à balayage, afin de déterminer le type de fracture.

De façon générale, les auteurs classent les fractures selon 3 types :

- Les fractures adhésives : au niveau d'une interface, c'est à dire que la fracture se propage le long de l'interface entre le composite et la colle (Figure 2C) ;
- Les fractures cohésives : elles sont généralement situées au sein même de la colle mais peuvent survenir dans le composite ou le substrat sur lequel est collé la restauration. Figure 2 A et B) ;
- Les fractures mixtes : elles sont un mélange des deux types de fractures citées ci-dessus. (Figure 2 D et E).

Figure 2 : Principaux types de fractures



Source : Katsiropoulos et al, « Fracture toughness and shear behavior of composite bonded joints based on a novel aerospace adhesive », 2012

En 2014, Elsaka examine avec un microscope électronique à balayage les types de fracture observés sur ses échantillons soumis aux tests d'adhésion²⁷.

La majorité des composites sablés ont développé des fractures cohésives au sein de la colle, alors qu'on ne retrouvait que des fractures adhésives dans le groupe contrôle.

D'après l'auteur, ces fractures cohésives sont le signe d'un état d'adhésion maximal, en effet, les fractures proviendraient des défauts au sein de la colle plutôt que ceux au niveau de l'interface. Il ajoute que les fractures adhésives seraient liées à des faibles valeurs d'adhérence.

Les valeurs d'adhérence des groupes non sablés sont de 18,67 MPa pour les blocs de composite Vita Enamic et 11,99 MPa pour les blocs de composite Lava Ultimate alors que les valeurs d'adhérence pour les groupes ayant subi un sablage s'élèvent respectivement à 21,87 MPa et 16,93 MPa.

Bien que le sablage ait permis d'augmenter significativement l'adhésion des échantillons de cette étude et ainsi de développer des fractures cohésives au sein de la colle, une fracture cohésive n'est pas toujours synonyme d'adhésion maximale.

²⁷ Elsaka, « Bond strength of novel CAD/CAM restorative materials to self-adhesive resin cement : the effect of surface treatments ».

Des études comme celle de Poitevin, Sano ou encore Pashley ont montré l'importance du type de test d'adhésion utilisé et des paramètres avec lesquels sont testés les échantillons^{28 29 30}.

Les tests de micro résistance à la traction s'avèrent être les tests de choix car ils induisent une meilleure distribution des contraintes au niveau de l'interface ce qui permet de mieux évaluer la valeur d'adhérence « maximale ». En effet, les tests de cisaillement ou de traction simple induisent des contraintes appliquées de façon non uniforme au niveau de l'interface et des substrats, ce qui peut engendrer des fractures cohésives au sein de ces différents éléments. Les valeurs d'adhérence obtenues avec ces tests sont donc généralement inférieures aux valeurs qu'on aurait obtenues avec des tests de résistance à la micro-traction.

Dans les études ayant utilisé des tests de cisaillement, les fractures cohésives ne sont pas le signe d'un état d'adhésion optimal mais plutôt le résultat d'une distribution inégale des contraintes lors du test d'adhésion.

Malgré tout, dans de bonnes conditions d'étude, les fractures cohésives sont de bons indicateurs de l'adhésion et sont le plus généralement associées à de bons collages. Ici, la majorité des études se basait sur des tests de micro résistance à la traction permettant d'obtenir des résultats pertinents avec une bonne valeur scientifique.

Au sein d'un même type de test d'adhésion, tous les paramètres avec lesquels sont testés les échantillons (la boucle reliée au capteur, la lame, l'arête de la lame, le point où la charge est appliquée, l'alignement des éléments, la vitesse à laquelle la charge est appliqué) ont une implication sur la distribution des contraintes et donc sur les valeurs d'adhérence. Ceci explique en partie les variations sur les valeurs d'adhérence obtenues entre les différentes études.

Sur les 11 articles sélectionnés, 9 ont analysé les types de fracture obtenus et ont observé une forte augmentation du taux de fractures cohésives chez les spécimens sablés, devenant ainsi le type de

²⁸ Poitevin et al., « Critical analysis of the influence of different parameters on the microtensile bond strength of adhesives to dentin ».

²⁹ Sano et al., « Relationship between surface area for adhesion and tensile bond strength : evaluation of a micro-tensile bond test ».

³⁰ Pashley et al., « The microtensile bond test : a review ».

fracture majoritaire dans ces groupes, tandis que les groupes contrôle ne produisaient quasiment que des fractures adhésives^{31 32 33 34 35 36 37 38 39}.

3.1.3. L'apport du sablage du composite sur la morphologie de surface

Le caractère abrasif du sablage modifie la micromorphologie de surface des substrats sur lesquels il est appliqué. C'est un paramètre qui influe sur plusieurs facteurs directement liés à l'adhésion.

Ici, la quasi-totalité des études sélectionnées se sont intéressées à la micromorphologie de surface des échantillons sablés.

Dans la littérature, certains auteurs comme Elsaka et Pollington ont chiffré cette micromorphologie de surface grâce à des profilomètres : la microrugosité se chiffre alors en micromètres. D'autres auteurs ont déterminé cette microrugosité en observant les surfaces via le microscope électronique à balayage.

3.1.3.1. La microrugosité de surface et la géométrie de surface

Tous les auteurs s'accordent à dire que le sablage modifie la micromorphologie de surface des composites et crée des microrugosités de surface qui s'expriment par l'apparition de crevasses, de puits et de cratères disposés de façon irrégulière à la surface des composites.

8 études ont comparé la microrugosité de surface obtenue en fonction des différents traitements de surface appliqués aux échantillons.

Dans la totalité des études, on observe que la microrugosité de surface obtenue par sablage est supérieure à celle obtenue par d'autres traitements de surface, à l'exception des traitements par laser

³¹ Elsaka, « Bond strength of novel CAD/CAM restorative materials to self-adhesive resin cement : the effect of surface treatments ».

³² Reymus et al., « Bonding to new CAD/CAM resin composites : influence of air abrasion and conditioning agents as pretreatment strategy ».

³³ Stawarczyk et al., « Effect of surface conditioning with airborne-particle abrasion on the tensile strength of polymeric CAD/CAM crowns luted with self-adhesive and conventional resin cements ».

³⁴ Poskus et al., « Effects of different surface treatments on bond strength of an indirect composite to bovine dentin ».

³⁵ Kassotakis et al., « Evaluation of the effect of different surface treatments on luting CAD/CAM composite resin overlay workpieces ».

³⁶ Harorli et al., « Shear bond strength of a self-etched resin cement to an indirect composite : effect of different surface treatments ».

³⁷ D'Arcangelo et Vanini, « Effect of three surface treatments on the adhesive properties of indirect composite restorations ».

³⁸ Swift et al., « Treatment of composite surfaces for indirect bonding ».

³⁹ Latta et Barkmeier, « Bond strength of a resin cement to a cured composite inlay material ».

Er, Cr : YSGG⁴⁰. Malgré une microrugosité de surface plus élevée, ces échantillons traités par laser présentaient des valeurs d'adhérence bien inférieures à celles des échantillons sablés.

En effet, dans l'étude de Harorli et al, les effets de différents traitements de surface ont été testés. Les échantillons ont subi 3 types de traitements de surface différents (mordançage, sablage et laser Er, Cr : YSGG). La force d'adhésion et la morphologie de surface sont ensuite évalués. Les résultats montrent d'un côté une microrugosité de surface plus importante dans les échantillons traités au laser. Mais de l'autre côté, les échantillons sablés obtiennent des valeurs d'adhérence de 40,2MPa alors que les échantillons traités au laser affichent des valeurs d'adhérence de 32,7MPa.

Dans une autre étude (Elsaka 2014), des échantillons sont sablés et d'autres sont mordancés. La microrugosité de surface est supérieure pour les échantillons sablés. Pourtant, ces derniers présentent des valeurs d'adhérence similaires aux échantillons mordancés (19,4MPa pour les échantillons sablés et 21,0MPa pour les échantillons mordancés).

Elsaka explique que, bien que la microrugosité de surface soit un facteur très important à l'adhésion, elle n'explique pas tout. La microrugosité de surface ne suffit pas à elle seule à expliquer l'amélioration de l'adhésion.

Elsaka s'appuie alors sur l'étude de Pollington et al⁴¹. Qui ont aussi observé des échantillons avec une forte microrugosité de surface mais des valeurs d'adhérence plus faibles que certains échantillons qui présentaient une morphologie de surface plus lisse.

Ils déduisent de ces informations que la géométrie des différents motifs de surface influence également l'adhésion. Une morphologie contenant des microporosités ainsi que des contre-dépouilles donnerait de meilleurs résultats sur l'adhésion.

D'Arcangelo et Vanini⁴² observent aussi, sur des échantillons de composite sablés, des microrugosités contenant des crevasses et des contre-dépouilles (Figure 4). Ces échantillons donnaient des valeurs d'adhérence significativement supérieures à celles du groupe contrôle, qui présentait une surface relativement lisse (Figure 3). Les valeurs d'adhérence étaient de 11,2 MPa pour le groupe contrôle contre 16,5 MPa pour le groupe sablé.

⁴⁰ Harorli et al., « Shear bond strength of a self-etched resin cement to an indirect composite : effect of different surface treatments ».

⁴¹ Pollington, Fabianelli, et van Noort, « Microtensile bond strength of a resin cement to a novel fluorcanasite glass-ceramic following different surface treatments ».

⁴² D'Arcangelo et Vanini, « Effect of three surface treatments on the adhesive properties of indirect composite restorations ».

Tableau 3 : Tableau des études de morphologie de surface des échantillons.

Auteurs et date	Microrugosité de surface après sablage	Valeurs d'adhérence (groupe contrôle)	Valeurs d'adhérence (groupe sablés)
Swift et al 1992	+	12,9 MPa	19,4 MPa
Latta et Barkmeier 1994	+	13,0 MPa	26,7 MPa
D'Arcangelo et Vanini 2007	+	11,2 MPa	16,5 MPa
Elsaka 2014	+	15,3 MPa	19,4 MPa
Poskus et al 2015	+	5,78 MPa	9,9 MPa
Kassotakis et al 2015	+	0 MPa	104,5 MPa
Harorli et al 2015	+	33,3 MPa	40,2 MPa
Yoshihara et al 2017	+	/	/

Source : Auteur, 2019

Pour le tableau ci-dessus :

- En vert, les études avec augmentation de l'adhésion sur les échantillons sablés
- Le + indique une augmentation de la microrugosité de surface après sablage

Le tableau 3 liste les études sur l'apport du sablage sur la morphologie de surface des composites indirects. On remarque que pour toutes les études, une augmentation de la microrugosité de surface est associée à une augmentation de la valeur d'adhérence des échantillons sablés par rapport aux groupes contrôle.

Seules les valeurs d'adhérence de l'étude de Yoshihara et al⁴³ n'ont pas été retenues car les échantillons de son groupe contrôle ont aussi subi un sablage. Cette étude a tout de même été sélectionnée car elle offrait une analyse topographique et morphologique plus poussée que les autres. Ceci a permis de mettre le doigt sur un effet du sablage que les autres auteurs n'ont pas observé. Cet aspect fera l'objet d'un sous chapitre traité ultérieurement.

Les auteurs des essais montrent qu'il y a un lien entre la morphologie de surface créée par le sablage et l'adhésion.

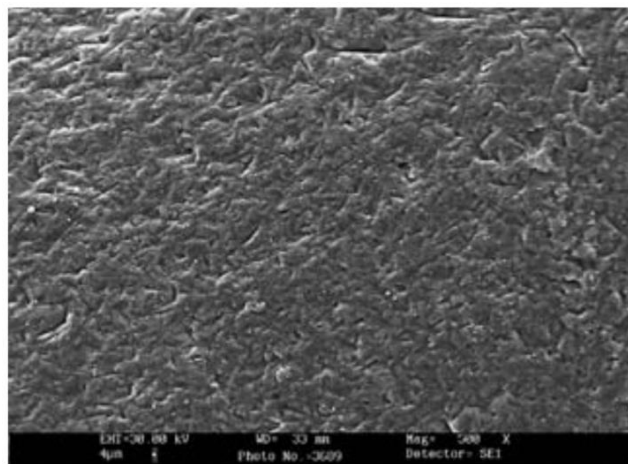
Ils expliquent ce lien par la création d'une surface très rugueuse et irrégulière grâce au sablage. Cette microrugosité de surface s'exprime par la présence de sommets, de puits, et de sillons à la surface des

⁴³ Yoshihara et al., « Sandblasting may damage the surface of composite CAD-CAM blocks ».

composites sablés. Ce qui a pour effet d'augmenter considérablement la surface de collage disponible, augmentant ainsi le nombre d'interactions et d'interconnexions micromécaniques du composite indirect avec la colle. Cette microrugosité de surface s'accompagne aussi de zones de contre-dépouille qui participent à l'amélioration de l'adhésion. En effet, la colle s'infiltrerait au niveau de ces contre-dépouilles, améliorant ainsi ses interconnexions avec le composite.

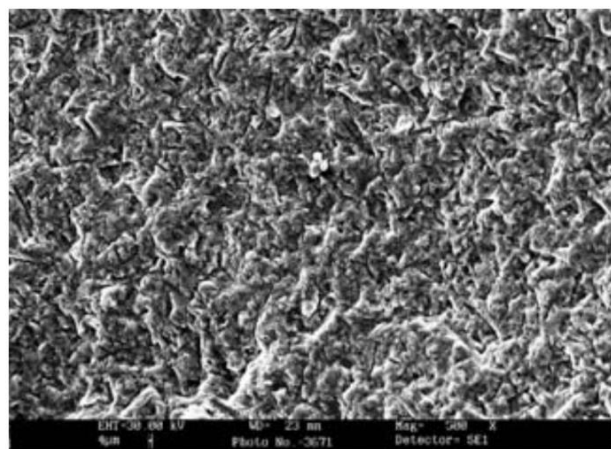
Les auteurs expliquent aussi que la microrugosité de surface améliore la mouillabilité de surface. Ce qui permet une meilleure infiltration de la colle sur la surface du composite indirect.

Figure 3 : Composite Grandia (GC), groupe contrôle. Grossissement x500 au microscope électronique à balayage.



Source : D'Arcangelo et Vanini, « Effect of three surface treatments on the adhesive properties of indirect composite restorations », 2007

Figure 4 : Composite Grandia (GC) sablé. Grossissement x500 au microscope électronique à balayage.



Source : D'Arcangelo et Vanini, « Effect of three surface treatments on the adhesive properties of indirect composite restorations », 2007

3.1.3.2. Dégâts de surface causés par le sablage

On sait que le sablage peut endommager les biomatériaux tel que les céramiques Emax⁴⁴, mais peu d'études se sont penchées sur les effets négatifs du sablage sur des composites indirects.

Une étude s'est intéressée à ces effets. Il s'agit de celle de Yoshihara et al en 2017⁴⁵. Elle a pour but d'analyser les effets du sablage sur la morphologie, la topographie de surface et la performance de collage de 5 composites indirects de CFAO. Les composites utilisés sont listés dans la figure 5.

Figure 5 : Caractéristiques des blocs de composite indirects

Product name	Company	Monomer composition	Filler composition	Filler mass (wt%)	Flexural strength (MPa)
Cerasmart	GC, Tokyo, Japan	Bis-MEPP, UDMA, DMA	SiO ₂ (20 nm), barium glass (300 nm)	71	240
Katana Avencia	Kuraray Noritake, Tokyo, Japan	UDMA, methacrylate monomer	SiO ₂ (40 nm), Al ₂ O ₃ (20 nm)	62	231
KZR-CAD HR	Yamakin, Osaka, Japan	UDMA, TEGDMA	SiO ₂ -Al ₂ O ₃ -ZrO ₂ (200-600 nm), SiO ₂ (20 nm, 100 nm)	73	235
Lava Ultimate	3M ESPE, St. Paul, MN, USA	Bis-GMA, UDMA, bis-EMA, TEGDMA	SiO ₂ (20 nm), ZrO ₂ (4-11 nm), ZrO ₂ /SiO ₂ clusters	80	204
Shofu Block HC	Shofu, Kyoto, Japan	UDMA, TEGDMA	SiO ₂ , zirconium silicate	61	191

^a According to technical documentation from the respective manufacturers.

Source : Yoshihara et al, « Sandblasting may damage the surface of composite CAD-CAM blocks », 2017

Les composites ont été analysés par microscope électronique à transmission ainsi que par microscope électronique à balayage à plusieurs étapes de l'essai.

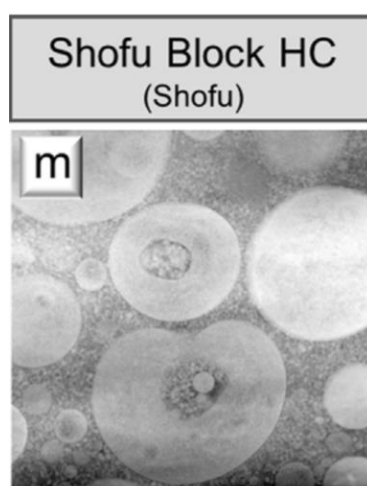
Les échantillons ont également été soumis à un test de résistance aux forces de cisaillements après sablage, combiné ou non à un silane (Clearfil ceramic primer, Kuraray).

Les auteurs observent une composition très différente en fonction des composites, plus spécifiquement au niveau de la taille des charges. En effet, Lava ultimate et Shofu Block HC contiennent des charges beaucoup plus grandes que les autres composites. Cerasmart, Katana Avencia et KZR-CAD HR contiennent des charges allant de 10 à 100 nm, alors que Lava ultimate et Shofu Block HC contiennent des charges allant de 100 à 1000 nm. Les grosses charges contenues dans le Shofu Block sont pourvues de trous dans leur centre. (Figure 6)

⁴⁴ Bagheri, Hooshmand, et Aghajani, « Effect of ceramic surface treatments after machine grinding on the biaxial flexural strength of different CAD/CAM dental ceramics ».

⁴⁵ Yoshihara et al., « Sandblasting may damage the surface of composite CAD-CAM blocks ».

Figure 6 : Shofu Block HC au microscope électronique à transmission.

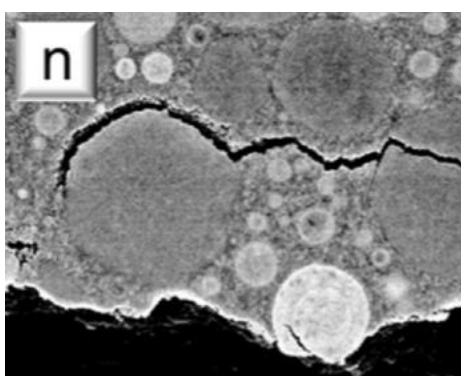


Source : Yoshihara et al, « Sandblasting may damage the surface of composite CAD–CAM blocks », 2017

Après sablage, les composites sont de nouveau examinés et présentent tous des microrugosités de surface, comme établi dans les autres études.

En revanche, les coupes transversales montrent l'apparition de craquelures et de fêlures en surface et en subsurface pour tous les composites. Certains composites sont plus endommagés que d'autres et on observe des fissures au sein même des charges. Le composite le plus endommagé est le Shofu Block HC (figure 7). Ces dégâts plus importants pour le Shofu block seraient liés à sa composition (des charges volumineuses qui présentent un trou en leur centre).

Figure 7 : Shofu Block HC après sablage au microscope électronique à balayage



Source : Yoshihara et al, « Sandblasting may damage the surface of composite CAD–CAM blocks », 2017

Ces dégâts ont par la suite empêché une pénétration totale de la colle et ont même diminué les valeurs d'adhérence des Blocks Shofu silanisés par rapport aux autres composites. Pour tous les autres

composites, la silanisation des échantillons sablés améliore l'adhésion, alors que pour les blocs Shofu HC, la silanisation des échantillons sablés n'a rien modifié.

Les dégâts des blocs Shofu étaient trop importants pour que le silane puisse compenser leurs effets.

Le sablage a donc endommagé tous les blocs de composites indirects, l'étendue des dégâts s'est faite en fonction de la composition et de l'ultrastructure des différents composites indirects. Il y a eu des conséquences sur l'adhésion pour les blocs les plus endommagés.

Les résultats de cette étude montrent tout de même un apport bénéfique non négligeable du sablage pour le collage des pièces en composite indirect, mais il montre aussi que des dégâts irréversibles peuvent être induits sur certains composites.

3.1.4. L'apport du sablage du composite sur l'adhésion

Sur l'ensemble des études sélectionnées, l'adhésion des composites se trouve améliorée par l'utilisation du sablage comme traitement de surface par rapport aux groupes contrôle.

On retrouve néanmoins des valeurs très hétérogènes en fonction des études (tableau 4). Ces différences peuvent être dues à plusieurs facteurs :

- La composition de certains composites : certains blocs de composite ont été récemment introduits sur le marché et présentent une composition différente ;
- Les conditions dans lesquelles sont effectués ces essais ;
- Le type et les paramètres des tests d'adhésion.

Les résultats des tests d'adhésion des différentes études sont listés dans le tableau 4. Dans ce dernier, on retrouve en vert les groupes sablés, montrant des valeurs d'adhérence significativement supérieures aux groupes contrôle.

Tableau 4 : Résultats de tests d'adhésion des études sélectionnées.

Auteurs et date	Type de test d'adhésion	Groupe contrôle	Groupe sablés
Swift et al 1992	Test cisaillement	12,9 MPa	19,4 MPa
Latta et Barkmeier 1994	Test cisaillement	13,0 MPa	26,7 MPa
Soares et al 2004	Test microtraction	36,8 MPa	39,5 MPa
D'Arcangelo et Vanini 2007	Test traction	11,2 MPa	16,5 MPa
Stawarczyk et al 2012	Test traction	0 MPa	1,87MPa
Elsaka 2014	Test microtraction	15,3 MPa	19,4 MPa
Poskus et al 2015	Test microtraction	5,78 MPa	9,9 MPa
Kassotakis et al 2015	Test microtraction	0 MPa	104,5 MPa
Harorli et al 2015	Test cisaillement	33,3 MPa	40,2 MPa
Yoshihara et al 2017	Test cisaillement	/	/
Reymus et al 2018	Test traction	12,5 MPa	25,3 MPa

Source : Auteur, 2019

Malgré la forte hétérogénéité des résultats, le sablage a amélioré les valeurs d'adhérence dans les 11 études sélectionnées.

Seule une étude (Soares et al) ⁴⁶ n'a pas mis en évidence d'amélioration significative du sablage malgré la légère amélioration des valeurs d'adhérence du groupe sablé par rapport au groupe contrôle.

Les paramètres de sablage variaient d'une étude à l'autre, mais le sablage a systématiquement permis de créer une microrugosité de surface, améliorant l'adhésion des échantillons sablés.

Dans le tableau, les groupes contrôle ayant comme valeur d'adhérence 0 sont les groupes dans lesquels les échantillons se sont décollés avant le test d'adhésion (pendant la phase de vieillissement artificiel accéléré).

⁴⁶ Soares et al., « Effect of surface treatments of laboratory-fabricated composites on the microtensile bond strength to a luting resin cement ».

La très forte valeur obtenue pour le groupe sablé dans l'essai de Kassotakis⁴⁷ et al peut être due à l'accumulation de plusieurs facteurs, comme :

- Le type de test d'adhésion choisi : microtraction ;
- Tous les matériaux utilisés (colle, adhésif, composite) sont issus du même fabricant, donc tous très compatibles ;
- Les paramètres de la machine testant l'adhésion ;
- Le temps de stockage après collage ;
- La mise en œuvre du protocole de collage.

L'article de Poskus et al⁴⁸ est le seul essai à utiliser des dents bovines, ce qui pourrait expliquer les valeurs d'adhérence globalement inférieures à celles des autres études.

Quant aux faibles valeurs obtenues par Stawarczyk et al⁴⁹, l'explication serait au niveau de la composition de ses composites utilisés.

3.1.4.1. Apport du sablage sur le vieillissement des restaurations collées

Le sablage de l'intrados améliorant l'adhésion des composites indirects, on peut penser que celui-ci permet de maintenir dans le temps cette adhésion efficace.

Six articles ont intégré le vieillissement artificiel accéléré dans leur étude. Seulement 3 études permettent d'analyser l'apport du sablage sur le vieillissement des restaurations collées. Les résultats et le type de vieillissement utilisés sont décrits dans le tableau 5. Dans ce dernier, on retrouve en rouge les groupes vieillis, montrant des valeurs d'adhérence significativement inférieures aux groupes non vieillis

⁴⁷ Kassotakis et al., « Evaluation of the effect of different surface treatments on luting CAD/CAM composite resin overlay workpieces ».

⁴⁸ Poskus et al., « Effects of different surface treatments on bond strength of an indirect composite to bovine dentin ».

⁴⁹ Stawarczyk et al., « Effect of surface conditioning with airborne-particle abrasion on the tensile strength of polymeric CAD/CAM crowns luted with self-adhesive and conventional resin cements ».

Tableau 5 : Résultats d'adhésion des échantillons ayant reçu un vieillissement artificiel accéléré.

Auteurs et date	Protocole de vieillissement	Groupe sablé sans vieillissement	Groupe sablé avec vieillissement
Swift et al 1992	Thermocyclage 500 cycles (5° à 55°)	19,4 MPa	14,9 MPa
D'Arcangelo et Vanini 2007	Thermocyclage 5000 cycles (4° à 55°)	/	/
Stawarczyk et al 2012	Thermocyclage-mécanique. (49N, 1,2millions de fois, 1,67Hz. 6000 cycles de 5° à 50°)	2,2 MPa	1,2 MPa
Elsaka 2014	Stockage dans de l'eau distillé (30j)	19,4 MPa	15,1 MPa
Kassotakis et al 2015	Thermocyclage 3000 cycles (5° à 50°)	/	/
Reymus et al 2018	Thermocyclage 5000 cycles (5° à 5°)	/	/

Source : Auteur, 2019

Trois études n'ont pas permis de montrer un apport bénéfique du sablage sur le vieillissement des restaurations indirectes collées en composites. En effet, tous les échantillons testés ont subi un vieillissement artificiel accéléré, y compris les groupes contrôle.

Néanmoins, les 3 articles contenant un groupe sablé vieilli et un groupe sablé non vieilli montrent des résultats allant dans le même sens. Il y a à chaque fois une diminution des valeurs d'adhérence lorsqu'un vieillissement artificiel est appliqué.

On peut penser que le sablage ne permet pas de maintenir les valeurs d'adhérence initiales⁵⁰ dans le temps.

Le nombre d'études sur cet aspect étant faible, il est nécessaire d'approfondir les recherches afin d'établir un lien entre le sablage et la diminution de l'adhésion dans le temps. Un aspect n'est pas étudié ici, c'est la vitesse de diminution de l'adhésion lorsque le composite indirect collé vieillit. Même si le sablage ne permet pas de maintenir l'adhésion initiale dans le temps, il permet peut-être une diminution de l'adhésion moins rapide.

3.1.4.2. Alumine avec revêtement à base silicate ou Cojet et Siljet

L'utilisation de particules d'oxyde aluminium équipées d'un revêtement à base de silicate a été développée spécialement pour potentialiser la silanisation lors du collage de différents substrats, tels que la zircone, la céramique ou encore les alliages métalliques^{51 52}.

Les bons résultats obtenus pour cette technique ont encouragé une étude à s'intéresser aux effets du Cojet et Siljet sur les composites indirects.

Kassotakis et al⁵³ ont étudié les effets que peuvent avoir différents types de particules sur l'adhésion des composites indirects. Des particules de bicarbonate de soude, de glycine, d'alumine ou encore de Cojet et Siljet ont donc été utilisées.

Après sablage des composites (Lava Ultimate, 3M), les composites sont collés grâce à un composite de restauration (Filtek Ultimate Universal Restorative, 3M) associé à un adhésif (Single Bond, 3M).

Les échantillons collés sont alors stockés pendant 2 semaines dans de l'eau à 37°, puis sont thermocyclés (3000 cycles allant de 5° à 50°). Enfin, les valeurs d'adhérence sont mesurées par un test de résistance à la microtraction.

Les valeurs d'adhérence obtenues sont de 104,5 MPa pour le sablage à l'oxyde d'aluminium, de 105,5 MPa pour le Cojet et de 105,0 MPa pour le Siljet. Tous les autres groupes ont vu leurs échantillons se décoller lors du thermocyclage, leur valeur d'adhérence a été considéré comme nulle par Kassotakis et al.

⁵⁰ Elsaka, « Bond strength of novel CAD/CAM restorative materials to self-adhesive resin cement : the effect of surface treatments ».

⁵¹ Ozcan et al., « Effect of particle deposition parameters on silica coating of zirconia using a chairside air-abrasion device ».

⁵² Haselton, Diaz-Arnold, et Dunne, « Shear bond strengths of 2 intraoral porcelain repair systems to porcelain or metal substrates ».

⁵³ Kassotakis et al., « Evaluation of the effect of different surface treatments on luting CAD/CAM composite resin overlay workpieces ».

Les auteurs n'ont pas relevé de différence significative par rapport au sablage par alumine. Malgré des tailles de particules de Cojet et Siljet plus petites que les particules d'alumine, les microrugosités et les valeurs d'adhérence obtenues sont similaires.

D'après Kossatakis et al, les particules de Cojet et de Siljet n'ont pas d'apport supérieur sur le point de vue de l'adhésion par rapport aux particules d'oxyde d'aluminium.

Cette étude présente néanmoins quelques limites :

- Il n'y a pas eu de spectroscopie à rayon X dispersive afin de valider l'efficacité du revêtement de silicate ;
- Les très grosses valeurs d'adhérence ont pu masquer les apports des particules de Cojet et Siljet par rapport au sablage conventionnel.

3.1.4.3. Décontaminant de surface

Pour Yoshihara⁵⁴, le sablage permet, en plus de créer des microrugosités de surface, d'éliminer efficacement les contaminations de surface apportant ainsi une surface propre qui est plus réceptive au collage. Il s'appuie sur l'étude de Yang et al en 2007⁵⁵ qui montre que le sablage est la méthode la plus efficace pour éliminer la contamination par la salive sur les composites après l'essayage de la pièce.

Une autre étude, de Nishigawa⁵⁶ et al en 2016, montre que le sablage expose les couches superficielles grâce à son caractère abrasif.

Dans cette étude, Nishigawa étudie les effets du sablage sur différents matériaux (autres que le composite). Après le sablage, il sépare ensuite les échantillons en 2 groupes : un groupe où les échantillons sont rincés dans un bac ultrasonique et un autre groupe sans rinçage. Les matériaux sablés sont des blocs de zircone (Lava, 3M) et des blocs d'alliage Cobalt-Chrome (Cobaltan, Shofu Co). Il obtient des valeurs d'adhérence significativement supérieures pour les groupes sans rinçage.

Dans les groupes non rincés, les valeurs d'adhérence pour la zircone sont de 13,1 MPa et pour le Cobalt-Chrome les valeurs d'adhérence sont de 13,6 MPa.

Dans les groupes rincés, les valeurs d'adhérence pour la zircone sont de 9,7 MPa et pour le Cobalt-Chrome les valeurs d'adhérence sont de 9,8 MPa.

⁵⁴ Yoshihara et al., « Sandblasting may damage the surface of composite CAD–CAM blocks ».

⁵⁵ Yang et al., « Influence of contamination on zirconia ceramic bonding ».

⁵⁶ Nishigawa et al., « Various effects of sandblasting of dental restorative materials ».

Il en déduit que les nouvelles surfaces exposées par le sablage seraient très pures et réactives. Elles ont une grande énergie superficielle qui a tendance à attirer et à se combiner très facilement avec d'autres composants chimiques. Ces couches sont donc aussi très sensibles à la contamination.

Les couches très réactives des échantillons sablés auraient subi une contamination lors de leur rinçage ultrasonique, entraînant ainsi une diminution de l'adhésion par rapport aux groupes non rincés.

Ces principes pourraient être transposés aux composites indirects. Le sablage permettrait d'exposer des couches superficielles très réactives avec une grande énergie superficielle.

Cette étude a néanmoins une limite qui est le contrôle des éventuelles contaminations lors de la manipulation des échantillons sablés, ce qui pourrait biaiser les résultats.

En plus de créer une microrugosité propice à l'adhésion, le sablage décontamine efficacement les surfaces préalablement au collage. Il est également possible qu'il expose des couches très réactives à la surface des composites indirects qui entreraient dans la mise en place d'une adhésion forte.

Le nombre d'études sur cet aspect étant faible, il est nécessaire d'approfondir les recherches sur ce sujet en mettant en place un consensus sur les protocoles de recherche afin d'obtenir le moins de biais possible.

3.1.4.4. Silanisation

Parmi les articles sélectionnés, 8 articles ont combiné le sablage avec l'application d'un silane. Parmi ces articles, 7 permettent de comparer l'apport du sablage seul avec le sablage combiné à un silane.

Les résultats de ces études sont décrits dans le tableau 6. Dans ce dernier, on retrouve en vert les groupes montrant une augmentation significative de l'adhésion par rapport aux groupes sablés seul. En noir, les groupes ne montrant pas de différence significative sur l'adhésion.

Tableau 6 : Résultats des études comparant l'apport du sablage seul ou combiné avec un silane sur l'adhésion.

Auteurs et date	Groupe sablage seul	Groupe sablage + Silane
Swift et al 1992	26,0 MPa	28,4 MPa
Latta et Barkmeier 1994	26,7 MPa	25,1 MPa
Soares et al 2004	39,5 MPa	97,9 MPa
D'Arcangelo et Vanini 2007	16,5 MPa	16,6 MPa
Elsaka 2014	19,4 MPa	21,9 MPa
Poskus et al 2015	9,9 MPa	10,2 MPa
Yoshihara et al 2017	19,5 MPa	31,9 MPa

Source : Auteur, 2019

En analysant ce tableau, nous voyons qu'il n'y a pas de consensus au niveau des résultats. Dans 3 essais une amélioration significative de l'adhésion est observée lorsque le silane est combiné au sablage, alors que pour 4 essais il n'y a pas de différence significative lorsque le silane est combiné au sablage.

Nous trouvons tout de même une légère augmentation de l'adhésion dans quasiment toutes les études.

Les différences de résultats peuvent être liées à la composition des composites et des silanes utilisés. Une différence dans le protocole de l'étude peut aussi être à l'origine de ces écarts.

En ce qui concerne les études avec amélioration de l'adhésion avec un silane, les auteurs avancent plusieurs facteurs :

- Les particules d'oxyde d'aluminium rémanentes à la surface de l'intrados : suite au sablage, des particules rémanentes d'oxyde d'aluminium restent présentes à la surface des substrats, même après rinçage^{57 58}. Ces particules forment alors des liaisons $=\text{Al}-\text{O}-\text{Si}\equiv$ avec le silane ; cependant, ces liaisons sont sensibles à l'hydrolyse⁵⁹ ;
- Le sablage expose des charges à la surface des composites en éliminant la matrice résineuse autour de celles-ci^{60 61 62}, or le silane est un agent de couplage qui se lie avec les charges et la matrice résineuse. Le silane contient des groupes silanol qui se lient aux charges en formant des liaisons siloxane $\text{Si}-\text{O}-\text{Si}$. Ces liaisons sont plus fortes que les liaisons formées par le silane avec la résine.

L'utilisation d'un silane après le sablage aurait des effets positifs sur l'adhésion des composites indirects. Les résultats sont cependant assez hétérogènes. Il serait nécessaire d'établir un consensus sur le protocole d'étude afin de savoir si le sablage potentialise la silanisation des composites indirects ou non.

⁵⁷ Yoshihara et al., « Sandblasting may damage the surface of composite CAD-CAM blocks ».

⁵⁸ Nishigawa et al., « Various effects of sandblasting of dental restorative materials ».

⁵⁹ Lung et Matinlinna, « Aspects of silane coupling agents and surface conditioning in dentistry : an overview ».

⁶⁰ Soares et al., « Effect of surface treatments of laboratory-fabricated composites on the microtensile bond strength to a luting resin cement ».

⁶¹ Harorli et al., « Shear bond strength of a self-etched resin cement to an indirect composite : effect of different surface treatments ».

⁶² Swift et al., « Treatment of composite surfaces for indirect bonding ».

3.1.5. Conclusion sur l'apport du sablage au niveau de l'interface prothèse-colle

Un sablage de l'intrados améliore l'adhésion des pièces de composites indirects, grâce à plusieurs facteurs :

- La création d'une microrugosité de surface qui augmente la mouillabilité ainsi que la surface de collage disponible.
- La création d'une géométrie de surface composée de crevasses et de contre-dépouilles qui augmentent les interconnexions entre la colle et l'intrados.
- Une décontamination de l'intrados aboutissant à une surface propre réceptive au collage
- L'exposition de couches superficielles très réactives.
- La potentialisation des silanes.

Ces deux derniers points nécessitent néanmoins des recherches plus approfondies.

Une étude a montré que le sablage cause aussi des altérations sur les couches superficielles des intrados des composites indirects. L'importance des dégâts dépend surtout de la composition et de l'ultrastructure des composites indirects. Les composites contenant des charges de gros volumes semblent plus affectés. Seul le bloc de composite ayant eu le plus de dégâts a des valeurs d'adhérence modifiées. L'étude ne donne pas de solutions pour éviter ces altérations. Des recherches plus approfondies sur ce sujet sont nécessaires afin d'établir les conséquences exactes de ces dégâts causés par le sablage.

3.2. L'apport du sablage au niveau de l'interface dentine-colle

Nous allons étudier l'apport du sablage au niveau de l'interface dentine-colle.

Sachant que le sablage au niveau de l'intrados des restaurations indirectes en composite améliore les valeurs d'adhérence. En est-il de même lorsque le sablage est appliqué sur la surface dentaire avant un collage ?

Du fait de sa composition très hétérogène et de sa liaison directe avec le tissu pulpaire, le collage sur la dentine reste moins fiable et moins prédictible que le collage sur l'émail. C'est pourquoi nous nous développerons plus particulièrement sur le collage dentinaire.

3.2.1. Analyse de la littérature

15 essais contrôlés randomisés entre 2002 et 2017 ont été sélectionnés. Ces articles étudient les effets du sablage ainsi que d'autres traitements de surface sur l'adhésion des composites à la dentine.

En tout, 887 molaires ont été examinées après 1 à 3 mois de stockage post-extraction. Les molaires ont été sectionnées afin de créer 3617 échantillons. Une partie de ces échantillons a servi de contrôle tandis que le reste des échantillons ont subi différents traitements de surface avant d'être collés et testés.

Les paramètres de sablage varient beaucoup d'une étude à l'autre, mais des particules de 50 micromètres, projetées avec une pression de 3 à 4 bars pendant 10 secondes à 2mm du substrat, suivant un angle de 90°, semblent être les paramètres les plus fréquemment utilisés dans les essais.

Sur ces 15 essais, 2 ont analysé exclusivement les effets du sablage sur la morphologie de surface dentinaire et 2 autres ont étudié l'apport du sablage en tant qu'agent décontaminant. Le reste des études se sont penché sur l'apport du sablage dans l'adhésion à la dentine.

L'adhésion à la dentine se fait principalement via l'utilisation d'adhésifs, c'est pourquoi la quasi-totalité des auteurs ont testé l'adhésion à la dentine avec des systèmes adhésifs.

11 systèmes adhésifs auto-mordançants de 7 marques différentes et 8 adhésifs avec mordantage préalable de 5 marques différentes ont été évalués.

Exactement comme pour l'interface intrados-colle, la morphologie de surface, les types de fracture et les valeurs d'adhérence ont été étudiés. Toutes les données récoltées sont analysées avec des algorithmes statistiques dans les essais, afin de mettre en évidence des différences significatives.

Contrairement au sablage sur l'intrados prothétique qui fait consensus, le sablage de la dentine apporte des résultats très hétérogènes des valeurs d'adhérence. On le verra par la suite, mais une partie des articles observe une amélioration de l'adhésion à la dentine tandis que d'autre n'observent pas d'amélioration de l'adhésion. Dans ce travail, nous avons essayé de trouver un fil directeur qui expliquerait ces différences de résultats ainsi que des éventuelles pistes à approfondir.

3.2.2. L'apport du sablage de la dentine sur la morphologie de surface

La morphologie de surface a été étudiée essentiellement à l'aide d'un microscope électronique à balayage mais certains auteurs ont aussi eu recours au stéréoscope ou encore au microscope optique.

Les auteurs ont observé la morphologie dentinaire de surface avant sablage et après sablage.

Avant sablage, Ils observent la présence d'une boue dentinaire. Celle-ci obstrue les entrées tubulaires qui ne sont pas visibles et présente aussi des stries parallèles qui correspondent aux traces laissés par le fraisage. (Figure 8A)

Après sablage, un changement de morphologie de surface se produit. Le sablage crée des irrégularités au niveau de la surface dentinaire produisant ainsi une microrugosité de surface. Les entrées tubulaires ne sont toujours pas visibles.

En plus de la microrugosité de surface, certains auteurs observent une désorganisation de la boue dentinaire, associée à un dépôt de débris à la surface.

Baraba et al ⁶³ et Rafael et al ⁶⁴ observent que le sablage élimine en partie la boue dentinaire. Il y a alors la création simultanée d'un dépôt de débris à la surface de la dentine sablée. Ces résultats sont en concordance avec ceux de plusieurs auteurs comme Chinelatti et al en 2007 ⁶⁵, de Oliveira et al en 2007 ⁶⁶, Freeman et al en 2012 ⁶⁷ et Souza-zaroni et al en 2008 ⁶⁸.

Cette « pseudo-boue » créée par le sablage a un aspect très différent de la boue dentinaire normale et obstrue les tubules dentinaires (Figure 8B). On verra plus tard que cette « pseudo-boue » peut affecter l'adhésion et potentiellement avoir un effet négatif pour certains adhésifs.

⁶³ Baraba et al., « Influence of air abrasion and sonic technique on microtensile bond strength of one-step self-etch adhesive on human dentin ».

⁶⁴ Rafael et al., « Morphological analysis of dentin surface after conditioning with two different methods : chemical and mechanical ».

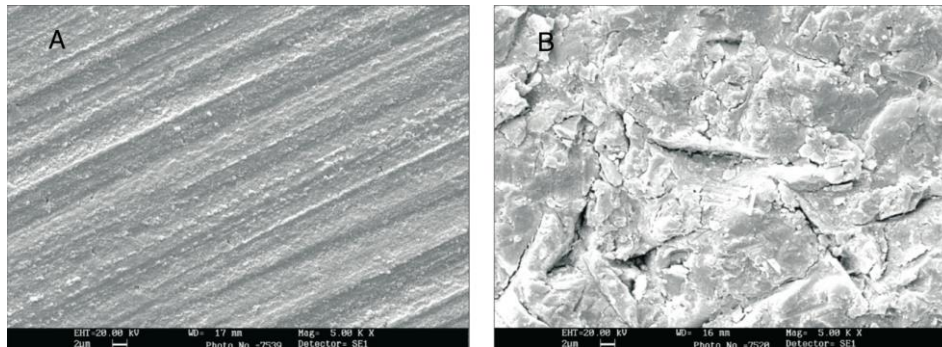
⁶⁵ Chinelatti et al., « Analysis of surfaces and adhesive interfaces of enamel and dentin after different treatments ».

⁶⁶ de Oliveira et al., « Influence of diamond sono-abrasion, air-abrasion and Er : YAG laser irradiation on bonding of different adhesive systems to dentin ».

⁶⁷ Freeman et al., « Effect of air abrasion and thermocycling on resin adaptation and shear bond strength to dentin for an etch-and-rinse and self-etch resin adhesive ».

⁶⁸ Souza-Zaroni et al., « Adhesion of a self-etching system to dental substrate prepared by Er : YAG laser or air abrasion ».

Figure 8 : Dentine observée au microscope électronique à balayage. A : Boue dentinaire après fraisage. B : Dépôt de débris suite au sablage de la dentine



Source : de Oliveira et al, « Influence of diamond sono-abrasion, air-abrasion and Er : YAG laser irradiation on bonding of different adhesive systems to dentin », 2007

Cette microrugosité de surface obtenue devrait augmenter la mouillabilité de l'adhésif et augmenter la surface de collage disponible et ainsi améliorer l'adhésion, mais les résultats des valeurs d'adhérence obtenues avec les tests ne vont globalement pas dans ce sens (cf tableau 7 page 48). Baraba et al, de Oliveira et al et Coli et al déduisent donc que la microrugosité de surface n'est pas un facteur suffisant pour obtenir une bonne adhésion.

Un des points qui pourrait expliquer l'absence d'amélioration de l'adhésion pour certains échantillons sablés pourrait être la présence de fêlures et de fractures.

Plusieurs auteurs, dont Rafael et al ⁶⁹, observent l'apparition de fissures et de fêlures au niveau de la dentine péri-tubulaire et inter-tubulaire après avoir sablé les échantillons. (Figure 9). Elles ont pu être créées lors du sablage des échantillons.

Chinelatti et al ⁷⁰ et Freeman et al ⁷¹ retrouvent ces mêmes fissures et fêlures au niveau de l'interface entre la dentine et l'adhésif.

Ces fissures peuvent être néfastes pour l'obtention d'une bonne adhésion car elles peuvent fragiliser les couches superficielles de dentine qui entreraient dans la composition de la future couche hybride. Les études de Chinelatti et Rafael étant des études exclusivement morphologiques, aucun test d'adhésion n'a été effectué. Le rôle de ces fissures au niveau de l'interface dentine/adhésif n'a pas pu être clairement déterminé.

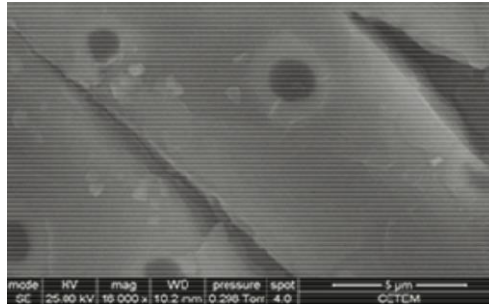
⁶⁹ Rafael et al., « Morphological analysis of dentin surface after conditioning with two different methods : chemical and mechanical ».

⁷⁰ Chinelatti et al., « Analysis of surfaces and adhesive interfaces of enamel and dentin after different treatments ».

⁷¹ Freeman et al., « Effect of air abrasion and thermocycling on resin adaptation and shear bond strength to dentin for an etch-and-rinse and self-etch resin adhesive ».

Quant à l'étude de Freeman et al, il a été conclu que le sablage n'a pas amélioré l'adhésion des composites à la dentine.

Figure 9 : Dentine sablée vue par microscope électronique à balayage (16000x). On observe des fissures et des impuretés à la surface



Source : Rafael et al, « Morphological analysis of dentin surface after conditioning with two different methods : chemical and mechanical », 2016

Beaucoup d'auteurs relèvent aussi la présence de particules d'alumine qui persistent à la surface malgré le rinçage des échantillons après sablage^{72 73 74 75}. (Figure 10)

Ces particules d'oxyde d'aluminium sont incrustées à la surface de la dentine.

D'après Chinelatti et al, ces particules rémanentes peuvent avoir des effets négatifs pour la pénétration du système adhésif, ce qui engendrerait une diminution des valeurs d'adhérence. Encore une fois, Chinelatti n'ayant pas effectué de test d'adhésion, il est difficile de déterminer le rôle exact de ces particules rémanentes.

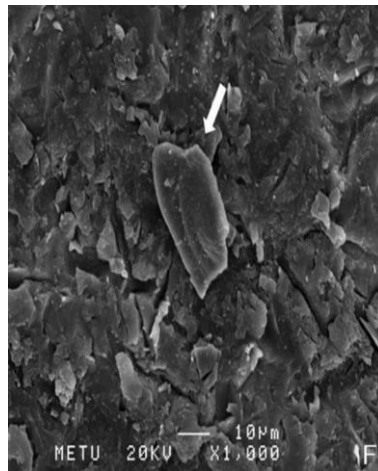
⁷² Chaibabutr et Kois, « The effects of tooth preparation cleansing protocols on the bond strength of self-adhesive resin luting cement to contaminated dentin ».

⁷³ Erkut et al., « Effect of different surface-cleaning techniques on the bond strength of composite resin restorations ».

⁷⁴ Rafael et al., « Morphological analysis of dentin surface after conditioning with two different methods : chemical and mechanical ».

⁷⁵ Chinelatti et al., « Analysis of surfaces and adhesive interfaces of enamel and dentin after different treatments ».

Figure 10 : Dentine sablée vue par microscope électronique à balayage. Particule d'oxyde d'aluminium notée par la flèche blanche



Source : Erkut et al, « Effect of different surface-cleaning techniques on the bond strength of composite resin restorations », 2014

Conclusion :

Sur l'aspect morphologique et topographique, les auteurs sont globalement en accord. Le sablage permet de créer des microrugosités de surface. Du point de vue de l'adhésion, les microrugosités sont généralement bénéfiques et augmentent les valeurs d'adhérence.

Malgré tout, beaucoup d'essais n'obtiennent pas d'amélioration de l'adhésion après avoir sablé leurs échantillons.

L'étude morphologique expliquerait ces résultats par la compensation de l'effet bénéfique des microrugosités de surface par plusieurs facteurs :

- La création d'un dépôt de débris à la surface ;
- L'apparition de fêlures et de fractures ;
- La persistance de particules d'oxyde d'aluminium, même après rinçage.

3.2.3. L'apport du sablage de la dentine sur l'adhésion

C'est sur cet aspect que l'on retrouve le plus de disparités des résultats. Sur les articles sélectionnés, une partie des essais n'observe pas de modification des valeurs d'adhérence après avoir sablé les échantillons alors que d'autres auteurs trouvent une amélioration de l'adhésion. Seul un article met en évidence des valeurs d'adhérence qui diminuent lorsque certains échantillons sont sablés.

Ces résultats contradictoires peuvent s'expliquer par des différences au niveau des paramètres de sablage, des critères d'inclusion des dents, des tests d'adhésion sélectionnés, des conditions de mise en œuvre ou encore des choix de matériaux entre les essais.

Une brève analyse des études fait apparaître des résultats divergents entre les types de système adhésif. De façon générale les systèmes auto-mordançants obtiennent des résultats similaires entre eux qui diffèrent des systèmes à mordantage préalable.

Nous nous sommes donc intéressés aux disparités observées en fonction du type d'adhésif utilisé, que nous avons essayé d'expliquer.

3.2.3.1. Les effets du sablage dentinaire sur les adhésifs auto-mordançants

Au total, 10 essais concernent l'apport du sablage avec des systèmes auto-mordançants (SAM).

11 adhésifs de 7 marques différentes ont été appliqués sur la dentine. En fonction des groupes, la dentine a été préalablement sablée ou non. Ces échantillons ont ensuite été collés et testés avec des tests de micro-traction. Ces tests permettent d'obtenir des valeurs d'adhérence maximales car ils induisent une meilleure distribution des forces au niveau de l'interface de collage pendant le test. Seules 2 études ont choisi des tests de cisaillement (Freeman et al et Yazici et al).

Au terme des essais, 8 études sur 10 trouvent que le sablage ne permet pas d'améliorer l'adhésion à la dentine lorsqu'un adhésif SAM est utilisé. En effet, les valeurs obtenues sur les échantillons ayant été sablés ne présentent pas de différence significative avec les groupes contrôle sans sablage^{76 77 78 79}

^{80 81 82 83}.

Les résultats des essais sont regroupés dans le tableau 7 qui décrit aussi le nombre d'échantillons utilisés pour les tests. Dans ce tableau, les groupes contrôle n'ont reçu aucun traitement de surface et ont vu leur boue dentinaire standardisée.

⁷⁶ Baraba et al., « Influence of air abrasion and sonic technique on microtensile bond strength of one-step self-etch adhesive on human dentin ».

⁷⁷ de Oliveira et al., « Influence of diamond sono-abrasion, air-abrasion and Er : YAG laser irradiation on bonding of different adhesive systems to dentin ».

⁷⁸ França, Santos, et Lovadino, « Influence of air abrasion and long-term storage on the bond strength of self-etching adhesives to dentin ».

⁷⁹ Chaves, Giannini, et Ambrosano, « Influence of smear layer pretreatments on bond strength to dentin ».

⁸⁰ Souza-Zaroni et al., « Adhesion of a self-etching system to dental substrate prepared by Er : YAG laser or air abrasion ».

⁸¹ Sutil et Susin, « Dentin pretreatment and adhesive temperature as affecting factors on bond strength of a universal adhesive system ».

⁸² Soares et al., « Effect of previous treatments on bond strength of two self-etching adhesive systems to dental substrate ».

⁸³ Freeman et al., « Effect of air abrasion and thermocycling on resin adaptation and shear bond strength to dentin for an etch-and-rinse and self-etch resin adhesive ».

Tableau 7 : Tableau des études ayant utilisé des SAM sur le sablage dentinaire. Les valeurs d'adhérence sont en MPa.

Auteurs et année	Nombre d'échantillons contrôle	Nombre d'échantillons groupe sablé	Valeur d'adhérence du groupe contrôle	Valeur d'adhérence du groupe sablé
Chaves et al 2002	60	60	16,9	18,5
Van Meerbeek et al 2003	10	10	41,6	54,1
França et al 2007	216	216	23,8	25,1
de Oliveira et al 2007	96	96	30,6	28,1
Soares et al 2007	80	80	21,5	13,73
Souza-Zaroni et al 2008	40	80	28,5	29,3
Yazici et al 2009	14	14	14,4	14,1
Freeman et al 2012	8	8	17,5	15,1
Baraba et al 2015	64	84	35,3	35,8
Sutil et suzin 2017	120	120	36,1	37,4

Source : Auteur, 2019

Dans le tableau précédent, sont notés :

- En noir, absence d'amélioration significative de l'adhésion avec le sablage ;
- En rouge, diminution significative de l'adhésion avec le sablage ;
- En vert, amélioration significative de l'adhésion avec le sablage.

La grande majorité des auteurs ne trouve pas d'amélioration significative de l'adhésion après sablage, malgré l'obtention d'une microrugosité de surface qui augmente la mouillabilité de l'adhésif et la surface de collage disponible. Plusieurs auteurs notent donc que la microrugosité de surface ne suffit pas à améliorer l'adhésion à la dentine sablée.

L'explication résiderait dans le mode d'action des adhésifs SAM.

La principale caractéristique des adhésifs SAM est qu'ils incorporent la boue dentinaire dans la couche hybride. En effet, ils n'éliminent pas la boue dentinaire mais la rendent poreuse et permet ainsi l'infiltration des monomères contenus dans l'adhésif afin de créer une couche hybride indispensable pour une bonne adhésion.

Les résultats obtenus sur les adhésifs SAM pourraient être la conséquence de l'addition de plusieurs facteurs.

Comme cité dans la partie sur la morphologie de surface, certains auteurs ont remarqué l'apparition d'une couche de débris à la surface dentinaire après sablage, accompagnée de fissures et de fêlures au niveau de la dentine inter-tubulaire et péri-tubulaire.

Dans son étude, Baraba explique que cette couche de débris créée par le sablage est incorporée par les adhésifs SAM dans leur couche hybride. Une couche hybride de mauvaise qualité peut avoir un effet négatif sur l'adhésion⁸⁴.

L'adhésion se faisant en grande partie sur la dentine inter-tubulaire et péri-tubulaire, Rafael pense que les craquelures observées sur la dentine sablée peuvent diminuer l'adhésion⁸⁵. Plusieurs auteurs retrouvent ces mêmes craquelures au niveau de l'interface dentine-adhésif. Cette couche superficielle de dentine fragilisée est intégrée dans la couche hybride.

Freeman appuie cette hypothèse en affirmant que la fine couche de débris recouvrant une dentine fragilisée peut potentialiser l'activité de l'agent de conditionnement dans les systèmes adhésifs. Il en résulterait un sur-mordantage de la dentine superficielle déjà fragilisée.

Celui-ci se traduirait par une infiltration incomplète. D'après l'auteur, le sablage compromettrait donc l'adaptation de l'adhésif à la dentine⁸⁶.

Dans son étude, Chinelatti étudie les changements morphologiques et topographiques induits par le sablage sur la dentine. Il observe lui aussi cette couche de débris qu'il appelle boue. Il remarque en plus des fissures ainsi que la présence de particules d'oxyde d'aluminium rémanentes sur la surface de la dentine.

En observant l'interface entre son adhésif et la dentine, il retrouve ces mêmes particules ainsi que des hiatus entre l'adhésif et la dentine. Ces hiatus se situent au niveau des particules.

⁸⁴ Baraba et al., « Influence of air abrasion and sonic technique on microtensile bond strength of one-step self-etch adhesive on human dentin ».

⁸⁵ Rafael et al., « Morphological analysis of dentin surface after conditioning with two different methods : chemical and mechanical ».

⁸⁶ Freeman et al., « Effect of air abrasion and thermocycling on resin adaptation and shear bond strength to dentin for an etch-and-rinse and self-etch resin adhesive ».

Il en déduit que les particules d'alumine rémanentes empêchent la bonne pénétration de l'adhésif au niveau de la dentine.

En s'appuyant sur le travail de Tao et al en 1988, il préconise l'élimination de cette couche de débris avant le collage afin d'obtenir une meilleure adhésion^{87 88}. Cette élimination peut passer par un mordantage préalable.

Au niveau de la couche hybride, Freeman remarque que le sablage augmente le nombre, la longueur ainsi que l'épaisseur des brides résineuses, aussi bien pour les systèmes MR que pour les systèmes SAM. Ces effets sur les brides résineuses n'ont que très peu d'impact sur l'adhésion car les brides résineuses ne participent que très peu ou pas du tout à l'adhésion dentinaire⁸⁹.

Tous ces facteurs ont pu compenser l'apport de la microrugosité sur l'adhésion d'un adhésif SAM à une dentine sablée, ce qui expliquerait l'absence d'amélioration significative de l'adhésion.

Parmi les études sélectionnées, Soares est le seul à observer une diminution de l'adhésion après sablage. C'est aussi le seul à avoir utilisé des incisives bovines alors que les autres auteurs ont utilisé des molaires humaines⁹⁰.

Une partie de ses échantillons était testée sur de la dentine superficielle et une autre sur de la dentine profonde alors que seule la dentine coronaire intermédiaire était utilisée dans les autres études. Ces différences dans la mise en œuvre peuvent être à l'origine des différences de résultats obtenus par Soares.

3.2.3.2. L'étude de Van Meerbeek et al 2003.

Dans les essais sélectionnés étudiant les apports du sablage dentinaire sur le collage de composites avec un adhésif SAM, Van Meerbeek est le seul à avoir obtenu une amélioration de l'adhésion après sablage de ses échantillons par rapport au groupe contrôle⁹¹.

Son groupe contrôle n'a reçu aucun traitement de surface mis à part l'utilisation de papier de carbure de silicium afin de standardiser la boue dentinaire.

⁸⁷ Chinelatti et al., « Analysis of surfaces and adhesive interfaces of enamel and dentin after different treatments ».

⁸⁸ Tao et al., « Scanning electron microscopy of the substructure of smear layers in human dentine ».

⁸⁹ Lohbauer et al., « Resin tags do not contribute to dentin adhesion in self-etching adhesives ».

⁹⁰ Soares et al., « Effect of previous treatments on bond strength of two self-etching adhesive systems to dental substrate ».

⁹¹ Van Meerbeek et al., « Microtensile bond strengths of an etch&rinse and self-etch adhesive to enamel and dentin as a function of surface treatment ».

Ses groupes sablés ont reçu un sablage avec des particules d'oxyde d'aluminium de 27 micromètres à une pression de 0,5 bars pendant 10 secondes, à une distance de 2 millimètres de la surface dentinaire, suivant une angulation de 45°.

Il est important de noter que tous ces paramètres sont similaires à ceux utilisés par les autres auteurs à l'exception de la pression. En effet, c'est le seul essai où une pression était inférieure à 1 bar.

La valeur d'adhérence de son groupe contrôle s'élève à 41,6 MPa alors que celle de ses échantillons sablés s'élève à 54,1 MPa.

Il observe également une couche de débris fine après sablage, obstruant les tubules dentinaires.

Pour l'auteur, la couche très fine de dépôts, produite par le sablage à faible pression, a moins empêché la pénétration de l'adhésif dans la dentine superficielle par rapport à l'épaisse couche de boue dentinaire créé par le fraisage, résultant ainsi en une amélioration de l'adhésion.

La couche hybride ainsi créée est fine mais l'épaisseur de celle-ci n'influe pas sur l'adhésion.

Il préconise lui aussi l'utilisation du mordantage après sablage de la dentine.

Une des limites de son étude est qu'il a attribué peu d'échantillons dans ses différents groupes. Les 450 échantillons de départ ont été dilués car son étude contenait beaucoup de groupes différents (30 groupes différents). En effet, Van Meerbeek a voulu étudier plusieurs paramètres en une seule étude.

Conclusion :

Il est donc nécessaire d'étudier plus précisément l'apport d'un sablage doux sur l'interface dentine-colle lors du collage d'un composite indirect.

La microrugosité de surface ne suffit pas à améliorer l'adhésion à une dentine sablée lorsque l'on utilise des adhésifs SAM. D'autres facteurs, tels que la composition chimique des adhésifs ou encore leurs paramètres physiques, sont à étudier.

En effet, il existe différents types d'adhésifs auto-mordants avec des acidités de primer dites fortes et faibles, qui peuvent aussi avoir des effets différents sur l'adhésion à la dentine sablée.

3.2.3.3. Les effets du sablage dentinaire sur les adhésifs MR.

Six essais parmi les études sélectionnées étudient les effets du sablage sur l'adhésion à la dentine avant utilisation d'un adhésif MR.

En tout, 8 adhésifs MR de 5 marques différentes ont été testés. Comme pour les adhésifs SAM, le tableau 8 regroupe les différentes études ainsi que leurs résultats. Dans ce dernier, les groupes contrôle n'ont reçu aucun traitement de surface et ont vu leur boue dentinaire standardisée.

Tableau 8 : Tableau regroupant les articles ayant utilisé des MR. Les valeurs d'adhérence en MPa.

Auteurs et année	Nombre d'échantillons contrôle	Nombre d'échantillons groupe sablé	Valeur d'adhérence du groupe contrôle	Valeur d'adhérence du groupe sablé
Chaves et al 2002	30	30	40,2	38,6
Van Meerbeek et al 2003	21	10	55,6	54,9
de Oliveira et al 2007	36	36	30,6	28,5
Freeman et al 2012	8	8	12,9	16,5
Sutil et Suzin 2017	120	120	30,1	44,3
Sutil et Suzin 2017	120	120	30,1	44,3

Source : Auteur, 2019

Dans le tableau précédent, sont notés :

- En noir, les articles n'ayant pas trouvé d'amélioration significative de l'adhésion avec le sablage ;
- En vert, les articles ayant trouvé une amélioration significative de l'adhésion avec le sablage.

On remarque une hétérogénéité plus grande que pour les SAM au niveau des résultats obtenus pour les MR. Ceci peut s'expliquer par une plus grande disparité de mise en œuvre des différentes études : en effet, le nombre d'échantillons utilisés fluctue beaucoup par rapport aux études menées sur les SAM. Les paramètres de sablage sont aussi très variés entre les études :

- La pression utilisée va de 0,5 Bar à 4 Bars ;
- Le temps de sablage est de 8 sec à 20 sec ;
- La distance entre la buse et la surface sablée est comprise entre 2mm et 5 cm.

Études ayant obtenu une amélioration de l'adhésion suite au sablage de la dentine :

Ici, les études ayant utilisé le nombre d'échantillons le plus élevé ont obtenu une amélioration de l'adhésion à la dentine sablée lorsqu'un adhésif MR est utilisé^{92 93}.

La principale différence des MR par rapport aux SAM est l'utilisation d'une étape de mordantage préalable qui élimine la boue dentinaire au lieu de l'intégrer dans la couche hybride et expose les fibres de collagène après le rinçage.

Ainsi l'étape de mordantage pourrait éliminer la couche de débris créée par le sablage, évitant d'intégrer celle-ci à la couche hybride.

D'Amario⁹⁴ et Sutil⁹⁵ expliquent que l'étape de mordantage a pu supprimer les particules d'oxyde d'aluminium rémanentes. Ces particules ne s'opposant plus à la pénétration de l'adhésif, cela améliorerait l'adhésion.

Cette hypothèse est appuyée par Chinelatti qui n'évoque plus la présence de particules rémanentes dans le groupe où les échantillons ont subi une étape de sablage puis une étape de mordantage.

Il observe aussi que les fissures présentes dans les groupes uniquement sablés ne sont plus que des fissures superficielles dans les groupes sablés puis mordancés⁹⁶.

Ces résultats rejoignent ceux de plusieurs autres auteurs qui préconisent l'utilisation d'une étape de mordantage après le sablage de la dentine^{97 98 99}.

Pour Sutil et Suzin, le sablage serait susceptible de modifier l'énergie superficielle de la dentine, améliorant ainsi les interactions entre les forces cohésives et les forces adhésives, engendrant ainsi une augmentation de la mouillabilité.

⁹² D'Amario et al., « Effect of airborne particle abrasion on microtensile bond strength of total-etch adhesives to human dentin ».

⁹³ Sutil et Susin, « Dentin pretreatment and adhesive temperature as affecting factors on bond strength of a universal adhesive system ».

⁹⁴ D'Amario et al., « Effect of airborne particle abrasion on microtensile bond strength of total-etch adhesives to human dentin ».

⁹⁵ Sutil et Susin, « Dentin pretreatment and adhesive temperature as affecting factors on bond strength of a universal adhesive system ».

⁹⁶ Chinelatti et al., « Analysis of surfaces and adhesive interfaces of enamel and dentin after different treatments ».

⁹⁷ Roeder et al., « Bond strength of composite to air-abraded enamel and dentin ».

⁹⁸ Rinaudo, Cochran, et Moore, « The effect of air abrasion on shear bond strength to dentin with dental adhesives ».

⁹⁹ França, Santos, et Lovadino, « Influence of air abrasion and long-term storage on the bond strength of self-etching adhesives to dentin ».

Le mordantage aurait permis de s'affranchir des effets négatifs qui contrecarraient l'apport de la microrugosité de surface. La combinaison de ces facteurs avec la microrugosité de surface obtenue par le sablage peut potentiellement expliquer l'augmentation de l'adhésion obtenue par Sutil, D'Amario et Freeman.

Études n'ayant pas obtenu d'amélioration de l'adhésion suite au sablage de la dentine :

Dans trois autres études, il n'y a pas d'amélioration de l'adhésion après sablage ; ces résultats pourraient être liés à des différences de protocoles.

Dans l'étude de Oliveira, les échantillons n'ont pas subi de standardisation de la boue dentinaire, et le temps de sablage est 2 fois plus long que dans les autres études. Le mordantage n'a alors probablement pas atténué de façon suffisante les fissures de surface provoquées par le sablage.

Dans l'étude de Chaves, les adhésifs n'ont pas été appliqués selon les recommandations du fabricant. En effet, l'étape de mordantage n'a pas été effectuée pour les adhésifs MR¹⁰⁰. Or, ce serait l'étape de mordantage qui serait nécessaire afin d'obtenir une amélioration de l'adhésion.

Dans l'étude de Van Meerbeek, c'est un sablage de faible pression qui a été appliqué (inférieure à 1 bar). Celui-ci n'a peut-être pas été suffisant pour engendrer assez de modifications de surface au niveau de la dentine. On note aussi un nombre assez faible d'échantillons sablés, ce qui diminue la fiabilité des résultats. Les valeurs d'adhérence obtenues sont très élevées ; elles ont donc pu masquer les effets qu'a eu le sablage sur l'adhésion à la dentine.

Pour de Oliveira et Van Meerbeek, l'absence de différence significative entre les groupes sablés et non sablés serait due au mordantage.

Le mordantage élimine et modifie la dentine superficielle. Ceci a pour effet de camoufler les effets de certains traitements de surface, dont le sablage. L'apport du sablage serait alors masqué par le mordantage.

3.2.3.4. Les effets décontaminants du sablage

Parmi les études sélectionnées, 2 articles ont étudié les effets décontaminant et nettoyant du sablage.

¹⁰⁰ Chaves, Giannini, et Ambrosano, « Influence of smear layer pretreatments on bond strength to dentin ».

Les chirurgiens-dentistes sont très fréquemment amenés à utiliser des provisoires afin de temporiser entre la séance d’empreinte et la séance de collage de la pièce prothétique. Des ciments de scellement provisoires sont alors utilisés pour sceller les provisoires de façon temporaire.

Deux auteurs se sont intéressés aux techniques de nettoyage et de décontamination qui permettent d’éliminer les reliquats de ciment provisoire collés à la dent après avoir retiré la restauration provisoire^{101 102}.

Plusieurs techniques de nettoyage ont été testées, telles que l’utilisation :

- D’un excavateur ;
- De pierre ponce ;
- Du sablage ;
- D’alcool ;
- D’un agent de dessiccation ;
- D’une cupule en caoutchouc.

Dans l’étude de Chaiyabutr et al¹⁰³, 32 molaires saines ont été testées.

Les dents ont subi une préparation périphérique puis ont été séparées en 4 groupes, suivant les techniques de nettoyage utilisées.

Des couronnes provisoires ont été fabriquées puis scellées provisoirement au Temp Bond. Les dents ont ensuite été stockées pendant 7 jours.

Au terme des 7 jours, les couronnes provisoires sont retirées. L’élimination du ciment provisoire se fait suivant 3 techniques : l’excavateur, la pierre ponce et le sablage.

Les échantillons sont alors observés sous microscope afin de vérifier l’élimination du ciment provisoire.

Une fois le ciment provisoire éliminé, des pièces prothétiques en céramique sont collées avec une colle auto-adhésive (RelyX, 3M). Les échantillons sont alors soumis à un test d’adhésion grâce à une machine (Instron 5585 H).

¹⁰¹ Chaiyabutr et Kois, « The effects of tooth preparation cleansing protocols on the bond strength of self-adhesive resin luting cement to contaminated dentin ».

¹⁰² Erkut et al., « Effect of different surface-cleaning techniques on the bond strength of composite resin restorations ».

¹⁰³ Chaiyabutr et Kois, « The effects of tooth preparation cleansing protocols on the bond strength of self-adhesive resin luting cement to contaminated dentin ».

La valeur d'adhérence du groupe contrôle est de 3,8 MPa et la valeur d'adhérence du groupe sablé est de 8,5 MPa.

Les observations sous microscope montrent que le sablage a permis d'éliminer la totalité du ciment provisoire alors que des reliquats de ciment provisoire sont retrouvés dans les autres groupes.

Le sablage a créé des irrégularités de surface et des particules d'oxyde d'aluminium rémanentes sont retrouvées à la surface des échantillons sablés.

Le sablage a donc d'amélioré l'adhésion des échantillons sablés en permettant un meilleur nettoyage et une meilleure décontamination.

Les mêmes résultats sont observés par Erkut et al¹⁰⁴.

Parmi toutes les techniques étudiées, le sablage permet l'élimination de la totalité du ciment de scellement provisoire sur les échantillons.

Bien que les résultats sur l'apport direct du sablage sur l'adhésion soient controversés, le sablage a un bénéfice indirect sur l'adhésion en permettant une décontamination optimale de la surface de collage.

3.3. L'apport du sablage au niveau de l'interface email-colle

Quelques articles parmi ceux sélectionnés pour l'étude précédente traitent aussi l'apport du sablage au niveau de l'email^{105 106 107 108}.

Le collage sur l'email étant plus fiable et prédictible que le collage sur la dentine, nous avons moins développé ce sujet, mais il est tout de même intéressant d'énoncer les résultats obtenus par les articles sélectionnés.

Quatre articles ont aussi étudié l'apport du sablage sur l'adhésion des composites à l'email.

En tout, 649 échantillons ont été analysés.

Les paramètres de sablage sont les mêmes que ceux utilisés pour le sablage de la dentine.

¹⁰⁴ Erkut et al., « Effect of different surface-cleaning techniques on the bond strength of composite resin restorations ».

¹⁰⁵ Chinelatti et al., « Analysis of surfaces and adhesive interfaces of enamel and dentin after different treatments ».

¹⁰⁶ Souza-Zaroni et al., « Adhesion of a self-etching system to dental substrate prepared by Er : YAG laser or air abrasion ».

¹⁰⁷ Soares et al., « Effect of previous treatments on bond strength of two self-etching adhesive systems to dental substrate ».

¹⁰⁸ Van Meerbeek et al., « Microtensile bond strengths of an etch&rinse and self-etch adhesive to enamel and dentin as a function of surface treatment ».

Sur ces 4 essais, une étude a exclusivement analysé les modifications morphologiques et topographiques induites par le sablage tandis que les autres ont évalué l'apport du sablage sur l'adhésion des composites à l'émail.

Dans les articles sélectionnés pour l'étude de la dentine et traitant de l'émail, il y a peu d'essais réalisés. Nous avons alors recherché des données dans la méta-analyse de Baumgartner et al afin d'étayer nos résultats.

Au niveau de l'émail, les auteurs ont des résultats comparables.

3.3.1. L'apport du sablage de l'émail sur la morphologie de surface

L'étude de Chinelatti et al¹⁰⁹ a pour but d'analyser les modifications topographiques et morphologiques de surface induites par différents traitements de surface au niveau de l'émail et de la dentine.

Douze molaires humaines saines ont été sectionnées en héli-disques. Les héli-disques sont composés de dentine en leur centre et d'émail sur les bords.

Vingt-quatre héli-disques sont donc répartis en trois groupes de huit échantillons chacun.

Les échantillons subissent des traitements de surface différents :

- Groupe 1 : les échantillons sont mordancés avec de l'acide orthophosphorique 37 % pendant 15 sec puis rincés et séchés ;
- Groupe 2 : les échantillons sont sablés avec des particules d'oxyde d'aluminium de 27,5 micromètres projetées avec une pression de 4 bars pendant 10 secondes à 2 mm de la surface suivant un angle de 45° ;
- Groupe 3 : les échantillons sont sablés puis mordancés avec le même protocole que les groupes 1 et 2.

Quatre héli-disques de chaque groupe sont ensuite sélectionnés pour des analyses de surface tandis que les autres sont collés à un composite (Filtek Z250, 3M) grâce à un adhésif (Single Bond, 3M).

Les héli-disques collés sont ensuite préparés pour subir des analyses de surface au microscope électronique à balayage.

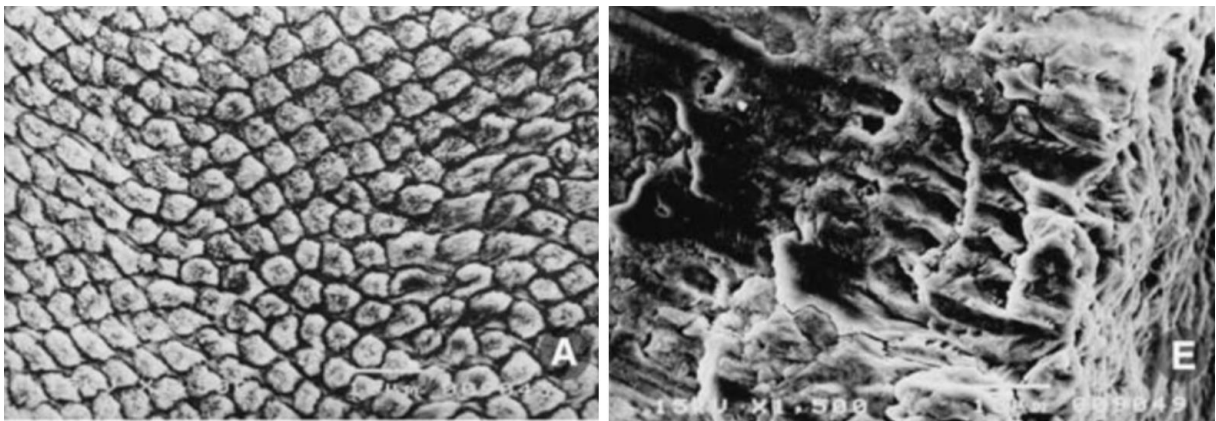
Chinelatti observe que le sablage et le mordantage de l'émail créent tous deux une surface présentant des irrégularités et des microrugosités qui ont des motifs différents selon la technique (Figure 11).

¹⁰⁹ Chinelatti et al., « Analysis of surfaces and adhesive interfaces of enamel and dentin after different treatments ».

On sait que le collage sur l'émail mordancé est fiable. Les motifs d'un émail mordancé jouent un rôle important et permettent une bonne rétention micromécanique.

Ces différences de faciès de surface de l'émail sablé peuvent influencer sur l'adhésion et donner des valeurs d'adhérence inférieures aux valeurs d'adhérence obtenues avec un émail mordancé.

Figure 11 : Émail au microscope électronique à balayage (1500x). A gauche, émail mordancé. À droite, émail sablé.



Source : Chinelatti et al, « Analysis of surfaces and adhesive interfaces of enamel and dentin after different treatments », 2007

Lorsque le sablage est combiné au mordantage (groupe 3), la topographie de surface de l'émail est très similaire à celle d'un émail ayant reçu un mordantage seul (figure 12).

Le mordantage effectué après le sablage aurait éliminé les irrégularités et les motifs de surface créés par le sablage. Le mordantage aurait donc masqué les effets du sablage.

Figure 12 : Émail au microscope électronique à balayage (1500x). Émail ayant subi un sablage puis un mordantage.



Source : Chinelatti et al, « Analysis of surfaces and adhesive interfaces of enamel and dentin after different treatments », 2007

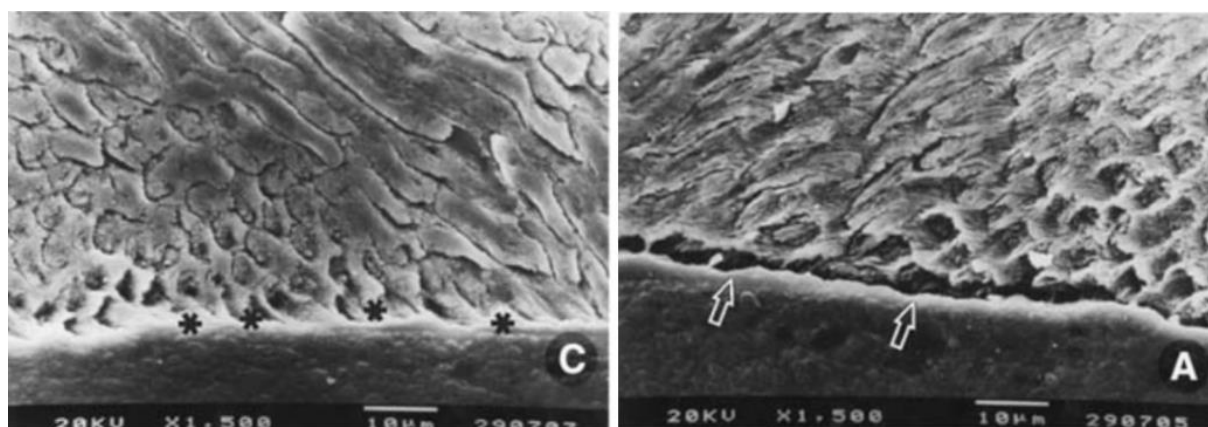
Chinelatti analyse ensuite l'interface adhésif/émail des échantillons collés.

Au niveau de la couche hybride des échantillons du groupe 2, les échantillons sont dépourvus d'interpénétration de résine. Chinelatti observe également la présence d'un hiatus le long de la couche hybride (représenté par des flèches noires sur la figure 13).

Les échantillons du groupe 1 présentent une couche hybride avec des interpénétrations de résine au niveau de l'interface adhésif/émail (Figure 13).

La couche hybride est essentielle pour obtenir un collage optimal. Dans cette étude, pour les échantillons sablés, la couche hybride présente un hiatus et est dépourvue d'interpénétrations résineuses avec la surface amélaire, ce qui doit grandement diminuer les valeurs d'adhérence.

Figure 13 : Interface émail/adhésif au microscope électronique à balayage (1500x). À gauche, émail mordancé. À droite, émail sablé.



Source : Chinelatti et al, « Analysis of surfaces and adhesive interfaces of enamel and dentin after different treatments », 2007

L'interface émail/adhésif des échantillons du groupe 3 est similaire à l'interface émail/adhésif des échantillons du groupe 1.

Chinelatti observe que le sablage permet deux choses : d'une part, de créer des irrégularités de surface (ce qui est généralement positif pour le collage) et d'autre part, les motifs créés par le sablage de l'émail sont très différents de ceux créés par le mordantage de l'émail. L'auteur a aussi retrouvé des particules d'oxyde d'aluminium rémanentes à la surface de l'émail sablé. Pour lui, ces paramètres peuvent expliquer la mauvaise pénétration de l'adhésif pour les échantillons sablés.

Il conclut que le sablage seul n'apporte pas d'amélioration significative par rapport au traitement de surface habituel par mordantage. Pour Chinelatti, le sablage doit être suivi d'un mordantage.

Il faut garder en tête que l'adhésif utilisé dans cette étude est le Single Bond de chez 3M. Cet adhésif est un MR et nécessite donc un mordantage préalable. Pour les échantillons du groupe 2, l'adhésif a été appliqué sans mordantage. Afin d'éviter ce biais, Chinelatti aurait pu choisir un adhésif SAM pour son étude.

3.3.2. L'apport du sablage de l'émail sur l'adhésion

Trois études ont testé l'apport du sablage sur l'adhésion à l'émail^{110 111 112}.

L'adhésion de plusieurs composites collés à l'émail avec des adhésifs SAM ou MR a été évaluée. L'émail a subi différents traitements de surface avant collage, dont un sablage seul. Aucun groupe n'a reçu de sablage combiné à un mordantage. Les groupes contrôle n'ont subi aucun traitement de surface.

Le tableau 9 montre les matériaux utilisés dans les études ainsi que les traitements de surface appliqués.

Tableau 9 : Tableau des matériaux et des traitements de surface utilisés dans les études sélectionnées.

Auteurs et année	Nombre d'échantillons	Traitements de surface	Matériaux utilisés
Van Meerbeek et al 2003	225	-Contrôle (pas de traitement) -Sonoabrasion -Sablage -Laser	-Composite : Filtek Z100 (3M) -Adhésifs : Optibond FL (Kerr) + Clearfil SE (Kuraray)
Soares et al 2007	200	-Contrôle (pas de traitement) -Mordantage -Sablage -EDTA	-Composite : TPH spectrum (Dentsply) -Adhésifs : Clearfil Protect Bond (Kuraray) + One Up Bond F (Tokuyama) -Colle : RelyX ARC (3M)

¹¹⁰ Souza-Zaroni et al., « Adhesion of a self-etching system to dental substrate prepared by Er : YAG laser or air abrasion ».

¹¹¹ Van Meerbeek et al., « Microtensile bond strengths of an etch&rinse and self-etch adhesive to enamel and dentin as a function of surface treatment ».

¹¹² Soares et al., « Effect of previous treatments on bond strength of two self-etching adhesive systems to dental substrate ».

Souza-Zaroni et al 2008	200	-Contrôle (pas de traitement) -Sablage -Laser	-Composite : Filtek Z250 (3M) -Adhésif : Adapter Prompt L-Pop (3M)
----------------------------	-----	---	---

Source : Auteur, 2019

Les résultats obtenus dans les études sont décrits dans le tableau 10.

Tableau 10 : Résultats des articles. Les valeurs d'adhérences sont en MPa.

Auteurs et année	Nombre d'échantillons contrôle	Nombre d'échantillons sablés	Valeur d'adhérence des groupes contrôle	Valeur d'adhérence des groupes sablé
Van Meerbeek et al 2003	21	10	-Clearfil SE : 23,5 -Optibond FL : 36,6	-Clearfil SE : 26,3 -Optibond FL : 37,8
Soares et al 2007	40	40	-One Up Bond : 15,4 -Clearfil Protect Bond : 17,2	-One Up Bond : 15,2 -Clearfil Protect Bond : 11,8
Souza-Zaroni et al 2008	40	80	21,2	25,0

Source : Auteur, 2019

Dans les 3 études, les échantillons sablés ont eu des valeurs d'adhérence similaires aux groupes contrôle, quel que soit le type d'adhésif. Le sablage n'a pas d'apport bénéfique pour l'adhésion des composites à l'émail.

Ces résultats coïncident avec les observations de Chinelatti. Les explications à ces résultats peuvent venir des observations qu'a fait Chinelatti dans son étude.

Afin d'étayer les recherches sur l'apport du sablage sur l'adhésion à l'émail, nous nous sommes appuyés sur une méta-analyse de Baumgartner et al¹¹³. Il étudie les effets du sablage amélaire sur l'adhésion des brackets orthodontiques.

Bien que cette méta-analyse porte sur le collage des brackets orthodontiques et non au collage des composites indirects, les résultats sont tout de même intéressants. De ce fait, pratiquement toutes les méta-analyses concernant le sablage de l'émail ont été faites dans le but d'étudier l'adhésion des brackets orthodontiques. Nous n'avons pas trouvé de méta-analyse s'intéressant au collage des composites indirects.

Treize articles ont été étudiés dans la méta-analyse. Huit d'entre eux évaluent les effets du sablage associé à un mordantage et les cinq autres les effets du sablage seul.

En conclusion de la méta-analyse il y a aucun avantage à effectuer un sablage comme traitement de surface pour l'adhésion des brackets orthodontiques. La conclusion de cette méta-analyse rejoint celle des articles sélectionnés.

Il est important de noter que ces résultats sont destinés au collage des brackets sur un émail lisse n'ayant généralement pas été fraisé. En effet l'orientation des prismes change en fonction de l'axe du fraisage, or le collage sur des prismes horizontaux est supérieur au collage sur des prismes longitudinaux¹¹⁴.

En ce qui concerne le sablage sur l'émail comme traitement de surface, il n'améliore pas l'adhésion des composites indirects.

Malheureusement, l'aspect décontaminant du sablage n'a pas été étudié ici. Nous avons vu que l'apport du sablage comme traitement de surface ne fait pas l'unanimité chez les auteurs. Cependant, le sablage reste la technique de choix pour nettoyer et éliminer les restes de ciment provisoire. En ce sens, le sablage apporte un effet bénéfique au collage des composites indirects.

¹¹³ Baumgartner et al., « The effect of enamel sandblasting on enhancing bond strength of orthodontic brackets : a systematic review and meta-analysis ».

¹¹⁴ Shimada et Tagami, « Effects of regional enamel and prism orientation on resin bonding ».

Conclusion

Le sablage est une technique répandue en dentisterie moderne, bien que ses apports réels soient très controversés dans la littérature scientifique.

Le sablage est surtout employé dans les protocoles de collage afin d'améliorer l'adhésion de la pièce prothétique sur les surfaces dentaires.

Lors du collage des pièces prothétiques en composite indirect, deux interfaces sont créées au niveau des surfaces collées : une interface prothèse-colle et une interface dent-colle.

La grande majorité des études conclut que le sablage de l'intrados prothétique apporte un bénéfice pour l'adhésion des pièces en composite indirect.

En effet, le sablage augmente significativement les valeurs d'adhérence des composites indirects collés modifiant la morphologie de surface. Cela a pour effet d'améliorer la mouillabilité de la colle, d'augmenter la surface de collage disponible et les interconnexions entre l'intrados et la colle. Le sablage exposerait aussi des couches superficielles très réactives au niveau de l'intrados de la prothèse. Néanmoins, le sablage crée des altérations à la surface des composites traités qui sont susceptibles d'affecter leur adhésion selon le degré d'atteinte. Ces altérations dépendent principalement de la composition et de l'ultrastructure des composites sablés : plus les charges contenues dans le composite sont grandes, plus celui-ci est susceptible d'être modifié.

Concernant le sablage de la dent, l'analyse des différentes études apporte des résultats beaucoup plus hétérogènes.

Pour les adhésifs de type SAM, malgré la création d'une microrugosité de surface, le sablage n'a pas amélioré l'adhésion. La création d'une pseudo « boue », de fractures sur les couches superficielles ainsi que la persistance d'alumine à la surface auraient diminué l'efficacité de la couche hybride et empêché une pénétration optimale de l'adhésif.

Un sablage à faible pression (0,5 bars) permettrait peut-être de pallier ces effets et ainsi d'augmenter l'adhésion. Néanmoins, il est nécessaire d'approfondir les recherches pour confirmer ou infirmer les résultats de Van Meerbeek et al en 2003.

Pour les adhésifs MR, l'amélioration de l'adhésion résiderait dans l'étape de mordantage qui aurait permis de s'affranchir des effets négatifs qui faisaient obstacle aux adhésifs SAM. En effet, on observe l'élimination de la couche de débris de surface formée par le sablage ainsi que les particules d'alumine

rémanentes. Le mordançage atténue aussi les fissures et fractures situées sur la dentine inter tubulaire et péri tubulaire.

Aussi bien pour l'intrados des prothèses que la dent, le sablage permet une décontamination et un nettoyage optimal des surfaces, les rendant ainsi propices au collage. Malgré des résultats controversés sur l'apport du sablage sur la dent, il est tout de même intéressant d'intégrer cette technique lors d'un protocole de collage pour son effet décontaminant et nettoyant.

Dans l'avenir, d'autres recherches sur l'apport du sablage sur les surfaces dentaires devraient être conduites. L'absence de recherches *in-vivo* est aussi un point sur lequel il est nécessaire de travailler afin d'étayer les résultats des recherches *in-vitro*.

L'apport du sablage sur une dentine ayant subi un scellement dentinaire immédiat n'a pas été étudié ici. Les effets pourraient être similaires à ceux observés sur l'intrados des pièces prothétiques en raison de leur composition similaire.

Bibliographie

- Azeem, R. A., et N. M. Sureshbabu. « Clinical performance of direct versus indirect composite restorations in posterior teeth : a systematic review ». *Journal of conservative dentistry* 21, n° 1 (2018) : 2-9. https://doi.org/10.4103/JCD.JCD_213_16.
- Bagheri, H., T. Hooshmand, et F. Aghajani. « Effect of ceramic surface treatments after machine grinding on the biaxial flexural strength of different CAD/CAM dental ceramics ». *Journal of dentistry* 12, n° 9 (2015) : 621-29.
- Baraba, A., W. Dukić, N. Chieffi, M. Ferraro, S. Pezelj Ribarić, et I. Miletić. « Influence of air abrasion and sonic technique on microtensile bond strength of one-step self-etch adhesive on human dentin ». *The scientific world journal* (2015) : 1-6. <https://doi.org/10.1155/2015/368745>.
- Baumgartner, S., D. Koletsi, C. Verna, et T. Eliades. « The effect of enamel sandblasting on enhancing bond strength of orthodontic brackets : a systematic review and meta-analysis ». *The journal of adhesive dentistry* 19, n° 6 (2017) : 463–473. <https://doi.org/10.3290/j.jad.a39279>.
- Black, R. B. « Technic for nonmechanical preparation of cavities and prophylaxis ». *The journal of the american dental association* 32, n° 15 (1945) : 955-65. <https://doi.org/10.14219/jada.archive.1945.0129>.
- Bouillaguet, S., J-M. Meyer, et M. Cattani-Lorente. « The microtensile bond strength test : new insight into the performance of adhesive resins bonded to dental substrates ». *European cells and materials* 1, n° 1 (2001) : 22.
- Burnett, L. H., R. S. A. Shinkai, et C. D. P. Eduardo. « Tensile bond strength of a one-bottle adhesive system to indirect composites treated with Er : YAG laser, air abrasion, or fluoridric acid ». *Photomedicine and laser surgery* 22, n° 4 (2004) : 351-56. <https://doi.org/10.1089/pho.2004.22.351>.
- Cardoso, M. V., A. de Almeida Neves, A. Mine, E. Coutinho, K. Van Landuyt, J. De Munck, et B. Van Meerbeek. « Current aspects on bonding effectiveness and stability in adhesive dentistry ». *Australian dental journal* 56, n° s1 (2011) : 31-44. <https://doi.org/10.1111/j.1834-7819.2011.01294.x>.
- Chaiyabutr, Y., et J. C. Kois. « The effects of tooth preparation cleansing protocols on the bond strength of self-adhesive resin luting cement to contaminated dentin ». *Operative dentistry* 33, n° 5 (2008) : 556-63. <https://doi.org/10.2341/07-141>.
- Chaves, P., M. Giannini, et G. M. B. Ambrosano. « Influence of smear layer pretreatments on bond strength to dentin ». *Journal of adhesive dentistry* 4, n° 3 (2002) : 191-96.
- Chinelatti, M. A., S. A. M. Corona, M. C. Borsatto, L. F. Ribeiro, R. A. S. Rocha, et R. G. Palma-Dibb. « Analysis of surfaces and adhesive interfaces of enamel and dentin after different treatments ». *Journal of materials science : materials in medicine* 18, n° 7 (2007) : 1465-70. <https://doi.org/10.1007/s10856-006-0084-z>.
- D'Amario, M., C. Piccioni, S. Di Carlo, F. De Angelis, S. Caruso, et M. Capogreco. « Effect of airborne particle abrasion on microtensile bond strength of total-etch adhesives to human dentin ». *Biomed research international* 2017 (2017) : 1-7. <https://doi.org/10.1155/2017/2432536>.
- D'Arcangelo, C., et L. Vanini. « Effect of three surface treatments on the adhesive properties of indirect composite restorations ». *Journal of adhesive dentistry* 9, n° 3 (2007) : 319-26.
- Elsaka, S. E. « Bond strength of novel CAD/CAM restorative materials to self-adhesive resin cement : the effect of surface treatments ». *Journal of adhesive dentistry* 16, n° 6 (2014) : 531-40. <https://doi.org/10.3290/j.jad.a33198>.
- Erkut, S., B. Yilmaz, B. Bagis, C. Küçükeşmen, E. Ozdemir, et O. Acar. « Effect of different surface-cleaning techniques on the bond strength of composite resin restorations ». *The journal of*

- prosthetic dentistry* 112, n° 4 (2014) : 949-56.
<https://doi.org/10.1016/j.prosident.2014.05.001>.
- França, F. M. G., A. J. S. Santos, et J. R. Lovadino. « Influence of air abrasion and long-term storage on the bond strength of self-etching adhesives to dentin ». *Operative dentistry* 32, n° 3 (2007) : 217-24. <https://doi.org/10.2341/06-61>.
- Freeman, R., S. Varanasi, I. A. Meyers, et A. L. Symons. « Effect of air abrasion and thermocycling on resin adaptation and shear bond strength to dentin for an etch-and-rinse and self-etch resin adhesive ». *Dental materials journal* 31, n° 2 (2012) : 180-88.
<https://doi.org/10.4012/dmj.2011-146>.
- Giachetti, L., D. Scaminaci Russo, C. Bambi, et R. Grandini. « A review of polymerization shrinkage stress : current techniques for posterior direct resin restorations ». *The journal of contemporary dental practice* 7, n° 4 (2006) : 79-88.
- Harorli, O. T., C. Barutçugil, O. Kirmali, et A. Kapdan. « Shear bond strength of a self-etched resin cement to an indirect composite : effect of different surface treatments ». *Nigerian journal of clinical practice* 18, n° 3 (2015) : 405. <https://doi.org/10.4103/1119-3077.151783>.
- Haselton, D. R., A. M. Diaz-Arnold, et J. T. Dunne. « Shear bond strengths of 2 intraoral porcelain repair systems to porcelain or metal substrates ». *The journal of prosthetic dentistry* 86, n° 5 (2001) : 526-31. <https://doi.org/10.1067/mpr.2001.119843>.
- Hegde, V., et R. Khataavkar. « A new dimension to conservative dentistry : air abrasion ». *Journal of conservative dentistry* 13, n° 1 (2010) : 4. <https://doi.org/10.4103/0972-0707.62632>.
- Hummel, S. K., V. Marker, L. Pace, et M. Goldfogle. « Surface treatment of indirect resin composite surfaces before cementation ». *The journal of prosthetic dentistry* 77, n° 6 (1997) : 568-72.
[https://doi.org/10.1016/S0022-3913\(97\)70096-9](https://doi.org/10.1016/S0022-3913(97)70096-9).
- Kassotakis, E. M., M. Stavridakis, T. Bortolotto, S. Ardu, et I. Krejci. « Evaluation of the effect of different surface treatments on luting CAD/CAM composite resin overlay workpieces ». *Journal of adhesive dentistry* 17, n° 6 (2015) : 521-28. <https://doi.org/10.3290/j.jad.a35256>.
- Latta, M. A., et W. W. Barkmeier. « Bond strength of a resin cement to a cured composite inlay material ». *The journal of prosthetic dentistry* 72, n° 2 (1994) : 189-93.
[https://doi.org/10.1016/0022-3913\(94\)90079-5](https://doi.org/10.1016/0022-3913(94)90079-5).
- Lohbauer, U., S. A. Nikolaenko, A. Petschelt, et R. Frankenberger. « Resin tags do not contribute to dentin adhesion in self-etching adhesives ». *Journal of adhesive dentistry* 10, n° 2 (2008) : 97-103. <https://doi.org/10.3290/j.jad.a13327>.
- Lopes, G. C., L. N. Baratieri, M. A. C. de Andrada, et L. C. C. Vieira. « Dental adhesion : present state of the art and future perspectives ». *Quintessence international* 33, n° 3 (2002) : 213-24.
- Lung, C. Y. K., et J. P. Matinlinna. « Aspects of silane coupling agents and surface conditioning in dentistry : an overview ». *Dental materials* 28, n° 5 (2012) : 467-77.
<https://doi.org/10.1016/j.dental.2012.02.009>.
- Marshall, S. J., S. C. Bayne, R. Baier, A. P. Tomsia, et G. W. Marshall. « A review of adhesion science ». *Dental materials* 26, n° 2 (2010) : e11-16. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2009.11.157>.
- Nishigawa, G., Y. Maruo, M. Irie, N. Maeda, K. Yoshihara, N. Nagaoka, T. Matsumoto, et S. Minagi. « Various effects of sandblasting of dental restorative materials ». Édité par D. Rittschof. *Plos one* 11, n° 1 (2016) : e0147077. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0147077>.
- Oliveira, M. T. de, P. M. de Freitas, C. de Paula Eduardo, G. M. Ambrosano, et M. Giannini. « Influence of diamond sono-abrasion, air-abrasion and Er : YAG laser irradiation on bonding of different adhesive systems to dentin ». *European journal of dentistry* 1, n° 3 (2007) : 158-66.
- Ozcan, M., J. Raadschelders, P. Vallittu, et L. Lassilla. « Effect of particle deposition parameters on silica coating of zirconia using a chairside air-abrasion device ». *The journal of adhesive dentistry* 15, n° 3 (2013) : 211-14. <https://doi.org/10.3290/j.jad.a29718>.
- Pashley, D. H., R. M. Carvalho, H. Sano, M. Nakajima, M. Yoshiyama, Y. Shono, C. A. Fernandes, et F. Tay. « The microtensile bond test : a review ». *The journal of adhesive dentistry* 1, n° 4 (1999) : 299-309.

- Pioch, T., S. Stotz, E. Buff, H. Duschner, et H. J. Staehle. « Influence of different etching times on hybrid layer formation and tensile bond strength ». *American journal of dentistry* 11, n° 5 (1998) : 202-6.
- Poitevin, A., J. De Munck, K. Van Landuyt, E. Coutinho, M. Peumans, P. Lambrechtse, et B. Van Meerbeek. « Critical analysis of the influence of different parameters on the microtensile bond strength of adhesives to dentin ». *Journal of adhesive dentistry* 10, n° 1 (2008) : 7-16. <https://doi.org/10.3290/j.jad.a13086>.
- Pollington, S., A. Fabianelli, et R. van Noort. « Microtensile bond strength of a resin cement to a novel fluorocanite glass-ceramic following different surface treatments ». *Dental materials* 26, n° 9 (2010) : 864-72. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2010.04.011>.
- Poskus, L. T., R. S. Meirelles, V. B. Schuina, L. M. Ferreira, E. M. da Silva, et J. G. Guimarães. « Effects of different surface treatments on bond strength of an indirect composite to bovine dentin ». *Indian journal of dental research* 26, n° 3 (2015) : 289. <https://doi.org/10.4103/0970-9290.162884>.
- Rafael, C. F., V. Quinelato, C. S. Morsch, G. DeDeus, et C. M. Reis. « Morphological analysis of dentin surface after conditioning with two different methods : chemical and mechanical ». *The journal of contemporary dental practice* 17, n° 1 (2016) : 58-62. <https://doi.org/10.5005/jp-journals-10024-1803>.
- Rainey, J. T. « Air abrasion : an emerging standard of care in conservative operative dentistry ». *Dental clinics of north america* 46, n° 2 (2002) : 185-209. [https://doi.org/10.1016/S0011-8532\(01\)00011-8](https://doi.org/10.1016/S0011-8532(01)00011-8).
- Reymus, M., M. Roos, M. Eichberger, D. Edelhoff, R. Hickel, et B. Stawarczyk. « Bonding to new CAD/CAM resin composites : influence of air abrasion and conditioning agents as pretreatment strategy ». *Clinical oral investigations*, 2018. <https://doi.org/10.1007/s00784-018-2461-7>.
- Rinaudo, P. J., M. A. Cochran, et B. K. Moore. « The effect of air abrasion on shear bond strength to dentin with dental adhesives ». *Operative dentistry* 22, n° 6 (1997) : 254-59.
- Roeder, L. B., E. A. Berry, C. You, et J. M. Powers. « Bond strength of composite to air-abraded enamel and dentin ». *Operative dentistry* 20, n° 5 (1995) : 186-90.
- Sano, H., T. Shono, H. Sonoda, T. Takatsu, B. Ciucchi, R. Carvalho, et D. H. Pashley. « Relationship between surface area for adhesion and tensile bond strength : evaluation of a micro-tensile bond test ». *Dental materials* 10, n° 4 (1994) : 236-40. [https://doi.org/10.1016/0109-5641\(94\)90067-1](https://doi.org/10.1016/0109-5641(94)90067-1).
- Shimada, Y., et J. Tagami. « Effects of regional enamel and prism orientation on resin bonding ». *Operative dentistry* 28, n° 1 (2003) : 20-27.
- Soares, C. J., C. G. Castro, P. C. F. Filho, et A. Soares da Mota. « Effect of previous treatments on bond strength of two self-etching adhesive systems to dental substrate ». *Journal of adhesive dentistry* 9, n° 3 (2007) : 291-96. <https://doi.org/10.3290/j.jad.a12387>.
- Soares, C. J., M. Giannini, M. T. Oliveira, L. A. M. Paulillo, et L. R. M. Martins. « Effect of surface treatments of laboratory-fabricated composites on the microtensile bond strength to a luting resin cement ». *Journal of applied oral science* 12, n° 1 (2004) : 45-50. <https://doi.org/10.1590/S1678-77572004000100009>.
- Souza-Zaroni, W. C., M. A. Chinelatti, C. S. Delfino, J. D. Pécora, R. G. Palma-Dibb, et S. A. M. Corona. « Adhesion of a self-etching system to dental substrate prepared by Er : YAG laser or air abrasion ». *Journal of biomedical materials research part b : applied biomaterials* 86B, n° 2 (2008) : 321-29. <https://doi.org/10.1002/jbm.b.31020>.
- Stawarczyk, B., T. Basler, A. Ender, M. Roos, M. Özcan, et C. Hämmerle. « Effect of surface conditioning with airborne-particle abrasion on the tensile strength of polymeric CAD/CAM crowns luted with self-adhesive and conventional resin cements ». *The journal of prosthetic dentistry* 107, n° 2 (2012) : 94-101. [https://doi.org/10.1016/S0022-3913\(12\)60031-6](https://doi.org/10.1016/S0022-3913(12)60031-6).

- Sutil, B. G. S., et A. H. Susin. « Dentin pretreatment and adhesive temperature as affecting factors on bond strength of a universal adhesive system ». *Journal of applied oral science* 25, n° 5 (2017) : 533-40. <https://doi.org/10.1590/1678-7757-2016-0500>.
- Swift, E. J., C. Brodeur, E. Cvitko, et J. A. F. Pires. « Treatment of composite surfaces for indirect bonding ». *Dental materials* 8, n° 3 (1992) : 193-96. [https://doi.org/10.1016/0109-5641\(92\)90082-N](https://doi.org/10.1016/0109-5641(92)90082-N).
- Tao, L., D. H. Pashley, L. Boyd, G. E. King, et J. A. Horner. « Scanning electron microscopy of the substructure of smear layers in human dentine ». *Archives of oral biology* 33, n° 4 (1988) : 265-70.
- Van Meerbeek, B., J. De Munck, D. Mattar, K Van Landuyt, et P. Lambrechts. « Microtensile bond strengths of an etch&rinse and self-etch adhesive to enamel and dentin as a function of surface treatment ». *Operative dentistry* 28, n° 5 (2003) : 647-60.
- Yang, B., S. Wolfart, M. Scharnberg, K. Ludwig, R. Adelung, et M. Kern. « Influence of contamination on zirconia ceramic bonding ». *Journal of dental research* 86, n° 8 (2007) : 749-53. <https://doi.org/10.1177/154405910708600812>.
- Yoshihara, K., N. Nagaoka, Y. Maruo, G. Nishigawa, M. Irie, Y. Yoshida, et B. Van Meerbeek. « Sandblasting may damage the surface of composite CAD–CAM blocks ». *Dental materials* 33, n° 3 (2017) : e124-35. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2016.12.003>.

Table des figures

Figure 1 : Airdent unit de chez S.S White	5
Figure 2 : Principaux types de fractures	24
Figure 3 : Composite Grandia (GC), groupe contrôle. Grossissement x500 au microscope électronique à balayage.....	29
Figure 4 : Composite Grandia (GC) sablé. Grossissement x500 au microscope électronique à balayage.	29
Figure 5 : Caractéristiques des blocs de composite indirects	30
Figure 6 : Shofu Block HC au microscope électronique à transmission.	31
Figure 7 : Shofu Block HC après sablage au microscope électronique à balayage	31
Figure 8 : Dentine observée au microscope électronique à balayage. A : Boue dentinaire après fraisage. B : Dépôt de débris suite au sablage de la dentine	43
Figure 9 : Dentine sablée vue par microscope électronique à balayage (16000x). On observe des fissures et des impuretés à la surface	44
Figure 10 : Dentine sablée vue par microscope électronique à balayage. Particule d'oxyde d'aluminium notée par la flèche blanche	45
Figure 11 : Email au microscope électronique à balayage (1500x). A gauche, email mordancé. A droite, email sablé.....	57
Figure 12 : Email au microscope électronique à balayage (1500x). Email ayant subi un sablage puis un mordantage.....	57
Figure 13 : Interface email/adhésif au microscope électronique à balayage (1500x). A gauche, email mordancé. A droite, email sablé.	58

Table des tableaux

Tableau 1 : Résumé des articles traitant de l'interface prothèse-colle	15
Tableau 2 : Résumé des articles traitant de l'interface dent-colle	18
Tableau 3 : Tableau des études de morphologie de surface des échantillons.....	28
Tableau 4 : Résultats de tests d'adhésion des études sélectionnées.	33
Tableau 5 : Résultats d'adhésion des échantillons ayant reçu un vieillissement artificiel accéléré.	35
Tableau 6 : Résultats des études comparant l'apport du sablage seul ou combiné avec un silane sur l'adhésion.	38
Tableau 7 : Tableau des études ayant utilisé des SAM sur le sablage dentinaire. Les valeurs d'adhérence sont en MPa.....	47
Tableau 8 : Tableau regroupant les articles ayant utilisé des MR. Les valeurs d'adhérence en MPa...	51
Tableau 9 : Tableau des matériaux et des traitements de surface utilisés dans les études sélectionnées.	59
Tableau 10 : Résultats des articles. Les valeurs d'adhérences sont en MPa.....	60

Vu, le Directeur de thèse

Vu, le Doyen de la Faculté de Chirurgie dentaire
de l'Université Paris Descartes

Docteur Ivan MESTER

Professeur Louis MAMAN

Vu, le Président de l'Université Paris Descartes
Professeur Frédéric DARDEL
Pour le Président et par délégation,

Le Doyen Louis MAMAN

Apport du sablage sur le collage des restaurations indirectes en composite

Résumé :

Ces trente dernières années, l'intérêt grandissant des chirurgiens-dentistes pour la biocompatibilité, la conservation tissulaire, le biomimétisme ainsi que la fonction et la durabilité, a fait du composite un des matériaux de choix pour les restaurations indirectes collées. Ces composites indirects permettent de mieux surmonter tous les aspects négatifs des restaurations en composite directes tout en alliant préservation tissulaire et possibilité de ré intervention. L'étape de collage est cruciale pour la pérennité de la restauration. Un collage réussi permet une meilleure rétention de la pièce, la diminution des risques de fracture de la dent ainsi que de la pièce prothétique, il diminue aussi le risque de micro-infiltrations. Afin d'améliorer le collage, il existe différents traitements de surface, dont le sablage qui est l'un des traitements de surface les plus utilisés, mais qui reste très controversé dans la littérature. C'est pourquoi nous nous intéresserons ici à ce procédé et essayerons de décrire les apports du sablage dans le collage d'une pièce prothétique indirecte en composite.

Discipline :

Prothèses dentaires

Mots clés fMesh et Rameau :

Collage dentaire -- Dissertations universitaires ; Prothèses dentaires -- Dissertations universitaires ; Dentine -- Thèses et écrits académiques ; Traitements de surface -- Thèses et écrits académiques

Université Paris Descartes
Faculté de Chirurgie dentaire
1, rue Maurice Arnoux
92120 Montrouge