



HAL
open science

Impact de la couche inhibée par l'oxygène en dentisterie adhésive, revue systématique de la littérature

Claudia Malet

► **To cite this version:**

Claudia Malet. Impact de la couche inhibée par l'oxygène en dentisterie adhésive, revue systématique de la littérature. Sciences du Vivant [q-bio]. 2022. dumas-03554214

HAL Id: dumas-03554214

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-03554214>

Submitted on 3 Feb 2022

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.



U.F.R. D'ODONTOLOGIE

Année 2022

Thèse n°08

THESE POUR L'OBTENTION DU

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

Présentée et soutenue publiquement

Par MALET, Claudia

Née le 20 Janvier 1995, à Saint-Denis (974)

Le 18 Janvier 2022

**IMPACT DE LA COUCHE INHIBEE PAR L'OXYGENE
EN DENTISTERIE ADHESIVE,**

Revue systématique de la littérature.

Sous la direction du Dr MENARD Aude

Membres du jury :

Mme DUPUIS Véronique	Professeur des Universités	Présidente
Mme MENARD Aude	AHU	Directrice
Mme KEROUREDAN Olivia	MCU	Assesseur
Mme AUSSEL Audrey	MCU	Assesseur

UNIVERSITE DE BORDEAUX

MAJ
01/12/21

Président M. TUNON DE LARA Manuel
Directeur de Collège des Sciences de la Santé M. PELLEGRIN Jean-Luc

COLLEGE DES SCIENCES DE LA SANTE UNITE DE FORMATION ET DE RECHERCHE DES SCIENCES ODONTOLOGIQUES

Directrice Mme BERTRAND Caroline 58-01
Directeur Adjoint à la Pédagogie Mr DELBOS Yves 56-01
Directeur Adjoint – Chargé de la Recherche M. CATROS Sylvain 57-01
Directeur Adjoint – Chargé des Relations Internationales M.SEDARAT Cyril 57-01

ENSEIGNANTS DE L'UFR

PROFESSEURS DES UNIVERSITES

Mme Caroline BERTRAND Prothèse dentaire 58-01
Mme Marie-José BOILEAU Orthopédie dento-faciale 56-01
M Sylvain CATROS Chirurgie orale 57-01
M Raphaël DEVILLARD Dentisterie restauratrice et endodontie 58-01
Mme Véronique DUPUIS Prothèse dentaire 58-01
M. Bruno ELLA NGUEMA Sciences anatomiques et physiologiques - Biomatériaux 58-01
M. Jean-Christophe FRICAIN Chirurgie buccale – Pathologie et thérapeutique 57-01

MAITRES DE CONFERENCES DES UNIVERSITES

Mme Elise ARRIVÉ Prévention épidémiologie – Economie de la santé – Odontologie légale 56-02
Mme Audrey AUSSEL Sciences anatomiques et physiologiques 58-01
Mme Cécile BADET Biologie Orale 57-01
M. Etienne BARDINET Orthopédie dento-faciale 56-01
M. Michel BARTALA Prothèse dentaire 58-01
M. Cédric BAZERT Orthopédie dento-faciale 56-01
M. Christophe BOU Prévention épidémiologie – Economie de la santé – Odontologie légale 56-02
Mme Sylvie BRUNET Chirurgie buccale – Pathologie et thérapeutique 57-01
M. Jacques COLAT PARROS Sciences anatomiques et physiologiques 58-01
M. Jean-Christophe COUTANT Sciences anatomiques et physiologiques 58-01
M. François DARQUE Orthopédie dento-faciale 56-01
M. François DE BRONDEAU Orthopédie dento-faciale 56-01
M. Yves DELBOS Odontologie pédiatrique 56-01
M. Emmanuel D'INCAU Prothèse dentaire 58-01
Mme Mathilde FENELON Chirurgie Orale 57-01
Mme Elsa GAROT Odontologie pédiatrique 56-01
M. Dominique GILLET Dentisterie restauratrice et endodontie 58-01
Mme Olivia KEROUREDAN Dentisterie restauratrice et endodontie 58-01
M. Jean-François LASSERRE Prothèse dentaire 58-01
M. Yves LAUVERJAT Parodontologie 57-01
Mme Javotte NANCY Odontologie pédiatrique 56-01

M.	Adrien	NAVEAU	Prothèse dentaire	58-01
M.	Philippe	POISSON	Prévention épidémiologie – Economie de la santé – Odontologie légale	56-02
M.	Patrick	ROUAS	Odontologie pédiatrique	56-01
M.	Johan	SAMOT	Biologie Orale	57-01
Mme	Maud	SAMPEUR	Orthopédie dento-faciale	56-01
M.	Cyril	SEDARAT	Parodontologie	57-01
Mme	Noélie	THEBAUD	Biologie Orale	57-01
M.	Eric	VACHEY	Dentisterie restauratrice et endodontie	58-01

AUTRES ENSEIGNANTS

M.	Cédric	FALLA	Prévention épidémiologie – Economie de la santé – Odontologie légale	56-02
M.	François	ROUZÉ L'ALZIT	Prothèse dentaire	58-01

ASSISTANTS

M.	William	AUMAILLEY	Prothèse dentaire	58-01
M.	Bastien	BERCAULT	Chirurgie Orale	57-01
M.	Baptiste	BERGES	Prothèse dentaire	58-01
Mme	Mathilde	BOUDEAU	Odontologie conservatrice – Endodontie	58-01
Mme	Virginie	CHUY	Prévention épidémiologie – Economie de la santé – Odontologie légale	56-02
M	Pierre-Hadrien	DECAUP	Prothèse dentaire	58-01
M	Quentin	DESPERIEZ	Prothèse dentaire	58-01
Mme	Laura	DONNET	Biologie Orale	57-01
Mme	Julia	ESTIVALS	Odontologie pédiatrique	56-01
Mme	Laurie	FUCHS	Odontologie pédiatrique	56-01
M.	Paul	GIRARDEAU	Sciences anatomiques et physiologiques	58-01
Mr	Pierre-André	GUILLAUD	Parodontologie	57-01
Mme	Jane	GOURGUES	Prévention épidémiologie – Economie de la santé – Odontologie légale	56-02
Mr	Louis	HUAULT	Sciences anatomiques et physiologiques	58-01
Mme	Mathilde	JACQUEMONT	Parodontologie	57-01
Mr	Aymeric	JOUBERT DU CELLIER	Dentisterie restauratrice et endodontie	58-01
Mr	Jean-Baptiste	IRIBARREN	Dentisterie restauratrice et endodontie	58-01
Mme	Claudine	KHOURY	Prévention épidémiologie – Economie de la santé – Odontologie légale	56-02
Mme	Camille	LACAULE	Orthopédie dento-faciale	56-01
M.	Antoine	LAFITTE	Orthopédie dento-faciale	56-01
M,	Xavier	LAGARDE	Chirurgie Orale	57-01
Mme	Mathilde	LEVRIER	Prothèse dentaire	58-01
Mme	Léa	MASSE	Prothèse dentaire	58-01
Mme	Chiara	PASCALI	Prothèse dentaire	58-01
Mme	Rawen	SMIRANI	Parodontologie	57-01
Mme	Florianne	VILLAT	Dentisterie restauratrice et endodontie	5801
M.	Clément	VACHEY	Odontologie conservatrice – Endodontie	58-01

REMERCIEMENTS

A ma Présidente de thèse
Madame le Professeur Véronique Dupuis

Je vous remercie d'avoir accepté de présider le jury de ma thèse. Merci de m'avoir suivie au cours de mes premières années à l'hôpital.

A ma Directrice de thèse
Madame le Docteur Aude Ménard

Merci profondément de m'avoir soutenue et guidée tout au long de mon cursus, ainsi que dans l'élaboration de ce travail théorique. J'ai eu beaucoup de chance de pouvoir être épaulée par vous. Vous avez su me faire découvrir la rigueur et l'investissement nécessaire dans notre profession, et je vous en suis très reconnaissante.

A mon Rapporteur de thèse
Madame le Docteur Olivia Kérourédan

Je vous remercie de l'investissement que vous avez entrepris dans ce travail, tout autant que celui que vous avez réalisé dans la formation des étudiants en odontologie. Vous faites partie des professeurs que j'admire pour leur implication et leur bienveillance auprès de nous.

A mon assesseur,
Madame le Docteur Audrey Aussel

Je suis reconnaissante d'avoir croisé votre chemin au cours de mes années d'études, vous avez su me guider lors des soins des enfants à l'hôpital et je suis admirative de votre travail auprès d'eux.

A ma mère,

Merci d'avoir tout entrepris au cours de ta vie pour que je puisse évoluer dans le meilleur environnement possible. Merci d'avoir réussi à jouer le rôle de parents toute seule. Je suis tellement reconnaissante d'avoir eu comme exemple toute ma vie une femme si forte, rigoureuse, aimante, droite, et bienveillante que toi. Je te dois absolument tout et je suis très heureuse aujourd'hui de te rendre fière avec ce travail réalisé.

A mes grands-parents,

Partis bien trop tôt pour pouvoir partager ce travail à mes côtés. Je vous remercie de m'avoir montré le droit chemin quand il le fallait, et de m'avoir transmis la force que j'ai aujourd'hui. Je vous en serai éternellement reconnaissante.

A toi, Thibaud

Merci d'être mon pilier depuis tant d'années. Merci pour tout l'Amour, les éclats de rire, l'affection, l'équilibre et la bienveillance que tu mets dans ma vie. Je suis heureuse d'avoir commencé et terminé ces études avec toi. Merci de m'avoir toujours soutenue, de me pousser toujours plus haut, et de me faire évoluer chaque jour. Il n'y a pas une seconde où je doute de nous, et pour ça, merci.

A ma belle-famille,

Je vous remercie pour tous ces moments familiaux passés à vos côtés. J'ai beaucoup de chance de vous avoir.

A mes amis,

Thibaut,

Merci de m'avoir fait autant rigoler depuis que l'on s'est rencontré pour la première fois en travaux pratiques. Je ne compte plus les soirées, les heures au téléphone, les repas ensemble... Tu es la définition même d'un Ami.

Charlotte,

Je suis ravie d'avoir pu découvrir la belle personne que tu es, et d'avoir partagé ces années d'études avec toi. Je te remercie sincèrement d'avoir compris la personne que je suis. Nos discussions les plus sincères resteront toujours gravées dans ma mémoire. Merci d'avoir su m'écouter.

Mathilde,

Je suis tellement reconnaissante d'avoir pu croiser ton chemin. Tu as su me guider quand j'en avais besoin, et être la « mama » du groupe. Merci pour tous ces fous rires que ce soit en garde, comme à la fac. Je suis ravie de te voir évoluer aujourd'hui dans ta nouvelle vie. Ton amitié est le plus beau cadeau que tu m'ais offert.

A tous mes autres amis de dentaire,

Merci pour tous ces moments passés ensemble, merci d'avoir su me supporter avec mon caractère et ma « bonne » humeur quotidienne. Vous m'avez permis de passer des années d'études superbes et j'en garde des souvenirs mémorables.

A mes amis réunionnais,

Tant d'années que vous partagez ma vie. Merci de continuer de m'accompagner malgré la distance qui nous sépare. Votre amitié sans faille me comble de bonheur.

A mes amis cavaliers,

Je suis tellement reconnaissante de vous avoir rencontrés. Cette passion que l'on partage tous ensemble me permet d'avoir un réel équilibre dans ma vie. Merci d'égayer mes journées chaque jour de la semaine.

A toute l'équipe de l'hôpital Xavier-Arnoz, personnels et enseignants,

Merci de m'avoir encadrée avec justesse durant mes 3 ans en votre compagnie.

Table des matières

INTRODUCTION

I. ETAT DE L'ART :	12
1. LE COLLAGE EN DENTISTERIE :	12
1.1. Historique du collage	12
1.2. Tissus dentaires et Collage	12
1.3. Les systèmes adhésifs amélo-dentinaires	15
1.4. Avantages et inconvénients :	18
1.5. Indications	20
2. COMPOSITION DES ADHESIFS ET RESINES COMPOSITES :	21
3. POLYMERISATION DES RESINES COMPOSITES ET ADHESIFS :	22
3.1. Rappel sur la polymérisation	22
3.2. Présence d'une couche inhibée par l'oxygène	24
4. OBJECTIFS DE LA REVUE :	24
II. MATERIEL ET METHODE :	25
1. STRATEGIE DE RECHERCHE :	25
2. CRITERES D'ELIGIBITE :	25
3. SELECTION DES ETUDES :	26
4. EXTRACTION ET ANALYSE DES DONNEES :	27
III. RESULTATS :	28
IV. DISCUSSION :	40
1. RESISTANCE AU CISAILLEMENT – TRACTION EN FONCTION DE OIL :	40
2. OIL, TEMPS DE POLYMERISATION ET ENERGIE DE SURFACE :	42
3. OIL ET MATERIAUX D'EMPREINTE :	44
4. LIMITES DE LA REVUE DE LA LITTERATURE :	46

CONCLUSION

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : La réaction de polymérisation (33)	22
Figure 2 : Arbre de décision de la revue systématique de la littérature.....	29

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Avantages et inconvénients des différents types d'adhésifs	19
Tableau 2 : Types d'initiateurs à la polymérisation	22
Tableau 3 : Critères d'inclusion et d'exclusion de la revue systématique de la littérature.	26
Tableau 4 : Titres et hypothèses des articles sélectionnés.....	30
Tableau 5 : Synthèse des articles sélectionnés pour la revue systématique de la littérature	39

LISTE DES ABREVIATIONS

M&R : mordantage et rinçage

SAM : système auto-mordant

SU : système universel

OIL : oxygen inhibited layer

H0 : hypothèse nulle

PRISMA : Proposed Reporting Items Systematic Reviews and Meta-Analysis

IDS : Immediate Dentin Sealing

CQ : Camphoroquinone

Sec : Seconde

UV : ultra-violet

H : heure

MEB : microscope électronique à balayage

G : Groupe

J : Jour

PVS : Polyvinyl-Siloxane

INTRODUCTION :

Actuellement, la dentisterie moderne tend à être minimalement invasive en suivant le concept du gradient thérapeutique proposé par Gil TIRLET et Jean Pierre ATTAL en 2009. (1) Ce dernier s'inscrit en effet dans un objectif de préservation tissulaire maximale et fait alors appel à des thérapeutiques comme l'orthodontie, l'éclaircissement, l'abrasion ou encore les restaurations directes/indirectes collées.

La réalisation de ces thérapeutiques nous oblige ainsi à respecter de nouveaux protocoles de préparation et de collage des tissus dentaires. Ces derniers ont pour enjeu majeur une intégration parfaite des restaurations que ce soit sur le plan biologique ou esthétique. (1)

Ces protocoles qui étaient relativement chronophage il y a quelques années, sont devenus beaucoup plus rapides et très codifiés. De réels progrès en termes de connaissances sur le collage, les propriétés chimiques des produits ou encore les forces mécaniques, permettent aujourd'hui un assemblage des différents éléments plus pérenne dans le temps. (2)

Malgré toutes ces avancées, chaque étape de collage doit être parfaitement maîtrisée par le chirurgien-dentiste afin d'assurer le succès au long terme de la restauration.

Il n'est pas évident de choisir dans la multitude de produits mis à notre disposition celui qui correspondra le mieux à la situation clinique. Il est donc judicieux de se questionner sur le couplage des systèmes mis en œuvre en fonction du collage à réaliser. (3)

A ce jour, il est reconnu que lorsque le praticien réalise une restauration directe par apport successif de composite, ou lorsqu'il procède aux étapes de collage d'une restauration indirecte, la surface du matériau adhésif est exposée à l'oxygène durant toute la polymérisation. Ce dernier entraîne alors la formation d'une couche inhibée non polymérisée en surface. (4)

A la vue de ce point, il semble intéressant de se demander si cette couche inhibée par l'oxygène peut avoir un impact sur l'ensemble des procédures de collage, et si c'est le cas, quelle est la conduite à tenir face à elle.

Afin de répondre à ces problématiques, une revue systématique de la littérature a été menée.

I. ETAT DE L'ART :

1. LE COLLAGE EN DENTISTERIE :

1.1. Historique du collage

La dentisterie adhésive s'est répandue au cours des 20 dernières années, faisant intervenir deux notions : l'adhésion et l'adhérence.

D'après le Larousse, l'adhésion est un phénomène chimique et/ou physique créant de l'adhérence. Ainsi, l'adhérence est l'état d'un élément qui tient, adhère à un autre élément.

Le collage en odontologie répond à la formation d'une interface entre plusieurs éléments à savoir le substrat dentaire, la colle ou l'adhésif, et la restauration prothétique en céramique ou les incréments en composite. (5-7)

Quel que soit la technique de restauration entreprise, les recherches sur le collage ont permis aux praticiens d'évoluer sur la gestion et la mise en place des restaurations. En ce qui concerne la céramique, les travaux de Pascal Magne et Urs Belser mettent en évidence le concept de « biomimétisme ». Ce dernier est une révolution dans l'approche des restaurations, permettant à la céramique de devenir un véritable substitut à l'émail. (2)

1.2. Tissus dentaires et Collage

Le collage d'une pièce prothétique ou d'une résine composite nécessite la préparation du « tissu support » afin d'optimiser ce dernier. Trois tissus sont alors principalement étudiés et intéressés par le collage : l'émail, la dentine et le cément.

➤ Email et Collage :

L'émail est composé : (8)

- D'une phase minérale à 96%, comprenant essentiellement des cristaux d'hydroxyapatite de calcium ;
- D'une phase organique et d'eau à 4%.

Il est considéré comme le tissu le plus dur du corps humain. Contrairement à la dentine, il contient très peu d'eau. (8)

Le module d'élasticité de l'émail est égal à 84,1 GPa, ce qui en fait un tissu extrêmement dur lui permettant de résister aux forces de mastication ainsi qu'aux contraintes électrochimiques et thermiques. Cette résistance est surtout obtenue par la présence de la jonction amélo-dentinaire entre l'émail et la dentine, présentant une modification des tissus à son aplomb. En effet, l'émail y est moins minéralisé, et la dentine y est plus minéralisée que dans sa couche sous-jacente. Les forces alors reçues par l'émail sont dissipées dans la jonction amélo-dentinaire limitant leur propagation. (2)

En ce qui concerne le collage à l'émail, le Dr Buonocore met en évidence que la mise en place d'un acide sur la surface amélaire entraîne une dissolution des minéraux et permet la pénétration des résines. (9,10)

Cette étape est considérée comme le principal facteur ayant une influence sur la qualité d'adhésion à l'émail. A ce jour, l'acide orthophosphorique à 37% est principalement utilisé suivi d'un adhésif, ce qui permet la création d'une couche hybride. Cette couche favorise la rétention de la restauration. (6,11,12)

➤ **Dentine et Collage :**

La dentine, quant à elle, est constituée des mêmes composants mais en quantité différente. On retrouve :

- Une phase minérale de 70%
- Une phase organique de 30%
- Une phase aqueuse de 10%

Le module d'élasticité de la dentine est aux alentours de 18 GPa. Elle est donc bien plus souple que l'émail, et se trouve en dessous de celui-ci. (13,14)

A noter également que les contraintes sont diffusées en profondeur par la dentine grâce à son élasticité et sa plasticité. Elle absorbe les énergies reçues par l'émail. (2)

Le collage sur de la dentine est lui plus délicat à cause de sa composition en eau, et sa minéralisation moindre. L'attaque acide permet d'éliminer la boue dentinaire formée par la préparation, et ouvre les tubulis, mais ne permet pas la création d'un micro-relief aussi important que pour l'émail. (15)

L'adhésif utilisé ensuite va pénétrer dans ces tubulis dentinaires formant la couche hybride pouvant être obstruée par la boue dentinaire, mise en évidence par Provenza et Sardana, encore appelé « smear layer » quelques années plus tard. (6,13)

Plusieurs articles nous montrent que la force de liaison à la dentine de l'adhésif est plus faible que sur de l'émail. En effet, l'attaque acide sur la dentine provoque une déminéralisation importante, accompagnée d'une pénétration moindre de l'adhésif, en résultant des forces d'adhésion plus faibles. (16,17) La couche adhésive obtenue après ces différentes étapes est un élément primordial dans la réalisation du collage, grâce à la protection que celle-ci crée vis à vis de la pulpe, ainsi que la diminution des sensibilités aux stimuli.

➤ **Cément et collage :**

Le cément est un tissu minéralisé recouvrant les surfaces radiculaires de la dent. On y retrouve :

- Une phase minérale de 46%
- Une phase organique de 22%
- Une phase aqueuse de 32%

Il présente une épaisseur qui varie au fil des années, en augmentant avec l'âge. (18)

A ce jour, les systèmes auto-mordançants se révèlent comme étant adaptés pour être utilisés dans le collage sur du cément. Ce dernier est moins dur que la dentine et l'émail, et est plus perméable à différents matériaux. Il nécessite une action de l'acide phosphorique au préalable pour augmenter la mouillabilité et la perméabilité à l'adhésif. Par ailleurs, leur quantité d'eau étant plus faible, le cément permet une bonne liaison avec les monomères hydrophobes contenus dans les adhésifs. (19)

Cependant, les forces de liaison obtenues sont le plus souvent moindres par rapport à la liaison avec la dentine à cause de la présence de fibres de collagènes grossières entraînant une pénétration plus faible et inhomogène des monomères. (20)

1.3. Les systèmes adhésifs amélo-dentinaires

Après leur première introduction en 1955, une évolution constante des différents adhésifs commercialisés est observée.

Ces derniers sont des biomatériaux permettant de créer une liaison entre le tissu dentaire et la restauration collée directe ou indirecte, à l'aide de différents protocoles opératoires. Dans le collage, il est primordial de préserver le plus d'émail lors des préparations afin de réaliser un collage stable dans le temps. Cette liaison aux tissus dentaires reste un défi à l'heure actuelle.

On retrouve trois familles d'adhésifs amélo-dentinaires : (Tableau 1)

- Les systèmes adhésifs avec mordantage et rinçage dits M&R, existants en 3 ou 2 étapes ;
- Les systèmes adhésifs auto-mordancants, sans traitement préalable, dits SAM, existants en 2 ou 1 étape(s) ;
- Les systèmes universels, dits SU (3,21)

Cette classification moderne est réalisée par B. Van Meerbeek ainsi que M. Degrange, regroupant les différents adhésifs en fonction de leur stratégie de collage. (24)

Système adhésif	Année de mise sur le marché	Étapes d'utilisation
M&R 3	1990	1) Mordançage à l'acide orthophosphorique 2) Application du primaire 3) Mise en place de la résine adhésive
M&R 2	1995	1) Mordançage à l'acide orthophosphorique 2) Application du primaire + résine adhésive contenue dans le même flacon
SAM 2	1995	1) Application du primaire acide 2) Application de la résine adhésive
SAM 1	2000	1) Application de l'acide, du primaire, et de l'adhésif contenu dans le même flacon
SU	2011	1) Application de l'acide, du primaire et de l'adhésif contenu dans le même flacon OU Avec une étape préalable de mordançage.

Tableau 1 : Synthèse des différents systèmes d'adhésif

- Système adhésif avec mordantage

Plusieurs étapes sont à suivre pour utiliser le système adhésif M&R3.

Tout d'abord le mordantage est réalisé grâce à l'utilisation d'acide phosphorique souvent à 37%. En effet, les résultats sont optimaux avec un acide orthophosphorique entre 30 et 40%. Cette attaque permet la préparation du tissu dentaire à la réception de l'adhésif et de la résine en éliminant la boue dentinaire. Les temps de pose de l'acide sur la surface sont à respecter, à savoir 30 secondes sur l'émail et 15 secondes sur la dentine, puis rinçage et séchage.

Le primaire est ensuite mis en place. Il contient de l'eau, des solvants organiques et des monomères hydrophiles. Celui-ci permet de maintenir ouvert le réseau de collage ou d'aider à sa réouverture si les fibres se sont effondrées.

Une fois ces deux étapes réalisées, la résine adhésive est ajoutée et va pénétrer dans les tubulis dentinaires afin de créer par la suite des tags ou brides résineuses intra-tubulaires. (2,3,12)

Le M&R2 permet quant à lui une mise en place en deux étapes. Le primaire et la résine adhésive se trouvent dans le même flacon. Ainsi il n'y a que l'étape de mordantage à réaliser au préalable. (2,9,23,25)

Dans ce système, il est impératif de bien éliminer l'eau présente à la surface du tissu dentaire une fois le mordantage fait. Un excès d'eau entraîne un joint adhésif inadapté et pas continu, alors qu'un séchage en excès entraîne un effondrement des fibres de collagène. (3)

- Systeme auto-mordancant

Avec les systemes auto-mordancants de type 1 qui se developpent autour des annees 2000, l'attaque acide est une etape commune avec l'application du primaire et de l'adhesif. Le tout se retrouve dans un seul et meme flacon. La couche adhesive est donc creee en une seule etape. Le protocole est largement simplifie, cependant les acides etant en plus faible concentration, la preparation des surfaces peut etre moins efficace, et ainsi donner une adhesion de la restauration plus faible. (2,9,23) La realisation de ce protocole necessitant moins d'etapes, les erreurs de manipulation peuvent etre limitees. Cependant ils ne sont pas conseilles dans le collage des restaurations indirectes collees du fait de leur faible performance : une hydrolyse importante du joint se fait pendant le vieillissement. (2)

A noter qu'il existe des SAM2. Ces derniers necessitent la mise en place du primaire avant la resine adhesive. Ce produit permet une demineralisation ainsi qu'une infiltration des tissus dentaires. Il agit pendant 20 a 30 secondes, et l'eau qu'il contient s'evapore par un sechage a l'air. Une fois cette etape realisee, la resine adhesive est posee. (3,12)

- Systeme universel

En ce qui concerne les systemes universels commercialises en 2021, ils sont utilises de deux manieres differentes : avec un mordancage suivi d'un rinçage, ou avec un auto-mordancage. Ces derniers sont plus hydrophobes que les SAM1 permettant le collage d'une multitude de materiaux avec un film d'adhesion tres fin grace a la fluidite du produit. (2)

1.4. Avantages et inconvenients :

Les avantages et inconvenients des differents adhesifs sont a retrouver dans le tableau suivant :

Tableau 2) (2,3)

Types de systèmes adhésifs	Avantages	Inconvénients
M&R 3	- Bonnes performances cliniques	- Fastidieux à cause des différentes étapes
M&R 2	- Suppression de l'application du primaire donc mise en œuvre plus simple que les M&R3	- Élimination des excès d'eau cruciale sinon sur-mouillage - Si eau trop éliminée, collapsus du collagène
SAM 2	- Réduit les risques de rupture des interfaces collées grâce à la résine adhésive	- Nécessite un mordantage complémentaire et sélectif de l'émail
SAM 1	- Simplification de la procédure clinique du collage - Limitation du risque d'erreur de manipulation	- Risque de séparation de phases si l'évaporation de l'eau n'est pas optimale - Non utilisable pour les restaurations adhésives collées à cause de leurs faibles performances.
SAM Universel	- Collage pour divers types de matériaux - Film d'adhésion très fin	- Recul clinique à long terme inexistant

Tableau 2 : Avantages et inconvénients des différents types d'adhésifs

1.5. Indications

Le collage en dentisterie intervient dans différents domaines comme la restauration, la prothèse ou encore l'orthodontie.

A ce jour, deux techniques de restaurations adhésives sont principalement utilisées :

- Technique directe : restauration réalisée au fauteuil en utilisant des résines composites ;
- Technique indirecte : restauration faisant intervenir une étape au laboratoire de prothèse (21)

Les restaurations adhésives directes permettent une rapidité d'exécution grâce au fait qu'il n'y ait pas d'étape au laboratoire de prothèse. Cependant, elles sont praticien dépendant, et doivent présenter de bonnes propriétés mécaniques. Il faudra bien évaluer le coût biologique, afin que la restauration directe réponde au mieux à la situation clinique. C'est un processus qui est réversible et qui peut toujours être modifié. (26,27)

Les restaurations adhésives indirectes peuvent être en céramique, en composite ou en matériaux hybrides. Elles sont le plus souvent mises en place lorsque la perte tissulaire est importante. Cette technique reste plus mutilante que les restaurations adhésives directes. En effet, afin que la restauration soit la plus pérenne possible, une préparation spécifique de la dent doit être réalisée afin de recevoir une pièce prothétique homothétique reproduisant fidèlement les contraintes subies par une dent saine. (28)

Le choix de la thérapeutique est alors dépendant du délabrement de la dent. En effet, les tissus résiduels de la dent à traiter vont être analysés après élimination des tissus carieux ou parois considérées comme fonctionnellement peu résistantes. Plus la dent est délabrée, plus nous nous tournons vers une restauration prothétique indirecte, en passant d'une restauration partielle collée à une couronne périphérique, en fonction du délabrement dentaire. (29)

Après analyse de la situation clinique, la préparation de la dent va dépendre de la présence ou non de parois et cuspidés indemnes de cracks. Ces tissus dentaires doivent être d'une épaisseur minimale de 1,5 à 2mm. (30)

Un protocole rigoureux est donc à mettre en place dans toute restauration prothétique collée, afin de répondre au mieux aux attentes du patient, ainsi qu'aux propriétés biologiques et mécaniques dentaires. Ces restaurations sont réalisées dans un environnement ambiant contenant de l'oxygène, entraînant un contact étroit entre ce dernier et les différents matériaux utilisés à savoir les résines, colles, et adhésifs. La composition des adhésifs est donc un élément important sur lequel se pencher pour comprendre l'interaction possible entre l'adhésif et l'oxygène.

2. COMPOSITION DES ADHESIFS ET RESINES COMPOSITES :

La composition des adhésifs utilisés reste en grande partie similaire. Cependant, il existe une différence dans les proportions de leurs composants qui sont les suivants : (4)

- Des monomères, formées d'une chaîne carbone avec deux types de groupes fonctionnels : un groupe méthacrylate permettant la polymérisation et un groupe fluctuant déterminant les propriétés du monomère.

Plusieurs types de monomères fonctionnels sont connus : HEMA, 4-META, 10-MDP. Par ailleurs on peut retrouver des monomères dits « cross-linkers » présentant deux extrémités pouvant permettre la polymérisation comme les suivants : Bis-GMA, UDMA, TEGMA, EGDMA. (31)

- Des solvants, qui permettent une augmentation de la mouillabilité des tissus dentaires.
- Des initiateurs et inhibiteurs de polymérisation : les initiateurs stimulés par la lumière permettent la libération de radicaux libres, entraînant l'ouverture de doubles liaisons des monomères, et donc leur polymérisation en chaîne. Les inhibiteurs eux stoppent la formation de radicaux libres. (32)

Il existe deux types d'initiateurs de polymérisation : le type I et le type II. (Tableau 3)

TYPE I	TYPE II
<p>Systèmes unimoléculaires : ces initiateurs subissent par absorption de la lumière une coupure, obtenant ainsi la formation de deux radicaux libres.</p>	<p>Systèmes bimoléculaires : un photoinitiateur réagit avec un coinitiateur donnant un radical libre</p>

Tableau 3 : Types d'initiateurs à la polymérisation

3. POLYMERISATION DES RESINES COMPOSITES ET ADHESIFS :

3.1. Rappel sur la polymérisation

La polymérisation est une réaction de réticulation par association de monomères formant ainsi des polymères. (33) Un initiateur réagit avec un activateur pour ainsi former des radicaux libres. On parle d'une phase d'initiation. Ensuite, les radicaux libres se couplent au monomère, ce dernier est activé et entraîne une réaction en chaîne formant des polymères. On parle d'une phase de propagation.

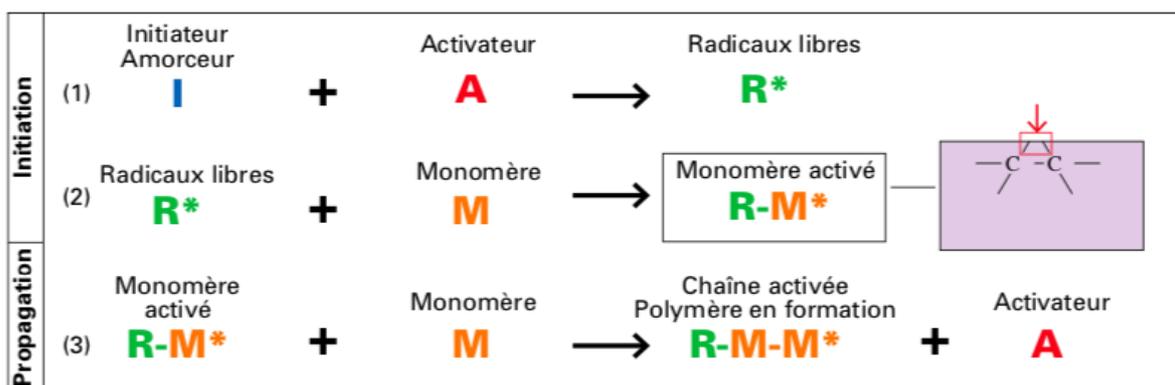


Figure 1 : La réaction de polymérisation (33)

La qualité de cette réaction est primordiale dans les étapes de collage car celle-ci a une influence sur la longévité de la restauration.

Cette réaction est obtenue par :

- Une action extérieure à savoir une énergie lumineuse. On parle alors de photopolymérisation : la charge en radicaux libres se fait grâce à l'émission de lumière. C'est la technique la plus souvent utilisée. La lampe doit avoir un minimum de 700mW/cm² pour être efficace avec un spectre d'émission compris entre 350 et 520 nm pour couvrir la majorité des photo-initiateurs. (2,33)
- Une réaction chimique, on parle de chémozopolymérisation où l'on retrouve une base et un catalyseur, en effet des initiateurs réagissent par l'action d'activateurs comme des produits chimiques générant des radicaux libres. (34)
- Un changement thermique, on parle de thermopolymérisation.

Le taux de conversion suite à la polymérisation doit être relativement élevé afin d'obtenir un joint de collage efficace. On considère qu'une polymérisation est satisfaisante si le degré de conversion est supérieur à 50%. (32)

Par exemple pour la photopolymérisation, qui est couramment utilisée en clinique, l'intensité lumineuse doit être optimale pour obtenir une polymérisation qui n'est ni trop rapide, ni trop lente, ni trop forte, et ni trop faible. En effet, les lampes doivent donc être sélectionnées de manière judicieuse en fonction du spectre d'émission, de l'excitation et du temps de polymérisation. Trois types de longueur d'onde sont observées :

- Longueurs d'onde diapasoniques larges, à savoir au-dessus de la gamme de la lumière visible
- Longueurs d'onde diapasoniques étroites, à savoir dans la gamme de la lumière visible
- Longueurs d'onde diapasoniques très étroites, à savoir la lumière bleue

Si la polymérisation est insuffisante, elle s'accompagne d'une persistance de monomères résiduels non polymérisés ayant une incidence néfaste sur la pulpe. De plus, un degré de conversion trop faible entraîne une fragilisation de la partie profonde de la restauration prothétique. (2,32,33)

3.2. Présence d'une couche inhibée par l'oxygène

Lors de la réalisation d'une restauration adhésive directe ou indirecte, la surface dentaire ainsi que le matériau de restauration sont exposés à l'oxygène de l'air ambiant pendant la polymérisation. Or, l'oxygène est reconnu pour avoir un fort potentiel de réaction avec les radicaux libres retrouvés dans la composition des adhésifs/résines. De ce fait, il est considéré comme un inhibiteur puissant car il réagit avec ces derniers, bloquant alors les liaisons avec les monomères présents dans la résine. La création d'une couche de résine non polymérisée en surface est ainsi obtenue et est appelée couche inhibée par l'oxygène, ou encore « OIL » pour oxygen inhibited layer. Elle est composée de monomères et de polymères n'ayant pas réagi, restant dans une consistance liquide.

Son épaisseur, bien qu'en dessous de 6µm (35), varie en fonction des monomères, de la morphologie de la restauration, de la concentration en radicaux libres, et en oxygène. (5,32,34,36)

4. OBJECTIFS DE LA REVUE :

Suite au constat de la présence d'une couche inhibée par l'oxygène en surface des adhésifs/résines, il semble cohérent de se demander si cette dernière a des effets sur la pérennité et la qualité des restaurations adhésives. De même, des questions peuvent se poser sur son éventuelle interaction avec les différents matériaux utilisés au cours de la restauration d'une dent. L'objectif de la revue systématique est alors d'interroger la littérature sur ces différents sujets.

Les hypothèses formulées sont :

H0¹ : L'existence d'une couche non polymérisée retrouvée en surface des adhésifs et des résines n'est pas une source d'erreur lors des étapes d'élaboration des restaurations directes et indirectes collées

H0² : L'existence d'une couche non polymérisée retrouvée en surface des adhésifs et des résines n'entraîne pas de vieillissement prématuré des restaurations

II. MATERIEL ET METHODE :

Cette revue systématique de la littérature a été menée en suivant les lignes guides du modèle PRISMA (Proposed Reporting Items Systematic Reviews and Meta-Analysis).

1. STRATEGIE DE RECHERCHE :

Afin de réaliser cette recherche, les bases de données Dentistry and Oral Sciences Source (DOSS), Pubmed et SCOPUS ont été interrogées. Les recherches ont été exécutées à partir d'une combinaison de termes MeSH et de mots clefs qui sont les suivants :

("inhibited layer" and ("dentistry adhesive" or "resins" or "composite")) or ("inhibited layer" and "polymerization" and ("resins" or "composite")) or ("inhibited layer" and "immediate dentin sealing")

De même, une recherche manuelle a été réalisée en consultant les références bibliographiques des articles sélectionnés, ainsi que le site de l'Information Dentaire dans l'éventualité d'inclure des articles écrits en français. Seules les publications publiées à partir des années 2000 ont été retenues. La recherche électronique finale a été conduite le 7 septembre 2020.

2. CRITERES D'ELIGIBITE :

Les différents critères d'inclusion et d'exclusion ont été identifiés afin de mener cette revue systématique de la littérature. (Tableau 4)

Critères d'inclusion	Critères d'exclusion
<ul style="list-style-type: none"> - Articles publiés à partir des années 2000 - Articles en anglais ou français - Articles traitant de l'incidence de la couche inhibée par l'oxygène sur le collage. - Articles traitant de l'incidence de la couche inhibée par l'oxygène sur la liaison des différents matériaux utilisés. - Dents humaines ou bovines in vitro - Utilisation d'un ou plusieurs systèmes adhésifs 	<ul style="list-style-type: none"> - Articles dans une autre langue qu'anglais et français - Les articles n'évoquant pas la couche inhibée par l'oxygène - Les articles s'intéressant aux forces de liaison sans prise en compte de la couche inhibée par l'oxygène

Tableau 4 : Critères d'inclusion et d'exclusion de la revue systématique de la littérature

3. SELECTION DES ETUDES :

La sélection a été faite par un lecteur.

Après une première recherche, l'ensemble des doublons inter et intra bases de données a été éliminé. La sélection des articles a été réalisée ensuite en se basant sur les titres et résumés des articles. Seuls les articles correspondant aux critères d'éligibilité ont été retenus et lus intégralement afin de décider s'ils étaient retenus ou non.

Enfin, la bibliographie des articles sélectionnés a été analysée en vue d'inclusions possibles.

4. EXTRACTION ET ANALYSE DES DONNEES :

Dans chaque article trouvé, les données extraites pour analyse sont :

- Type d'article
- Tests réalisés
- Matériaux utilisés
- Protocoles entrepris
- Technique de vieillissement
- Résultats

Ces derniers ont ensuite été synthétisés dans un tableau.

III. RESULTATS :

La combinaison de termes MeSh et de mots clés permettent l'obtention des résultats suivants :
45 résultats sur PUBMED - 56 résultats sur SCOPUS - 29 résultats sur DOSS
130 articles ont donc été trouvés, dont 69 doublons.

Après fusion des doublons, un total de 61 articles est recueilli.

Une élimination des articles datant des années antérieures aux années 2000 est réalisée. Ils étaient au nombre de 2.

Après analyse des titres et des résumés, 27 articles sont conservables pour la suite de la revue. Sur les 27 articles, seuls 23 articles ont pu être lus en intégralité. Suite à une lecture complète de ces derniers, la mise en évidence de 14 articles répondant aux critères d'éligibilité est faite. Le protocole de cette recherche est illustré dans un arbre décisionnel. (Figure 2)

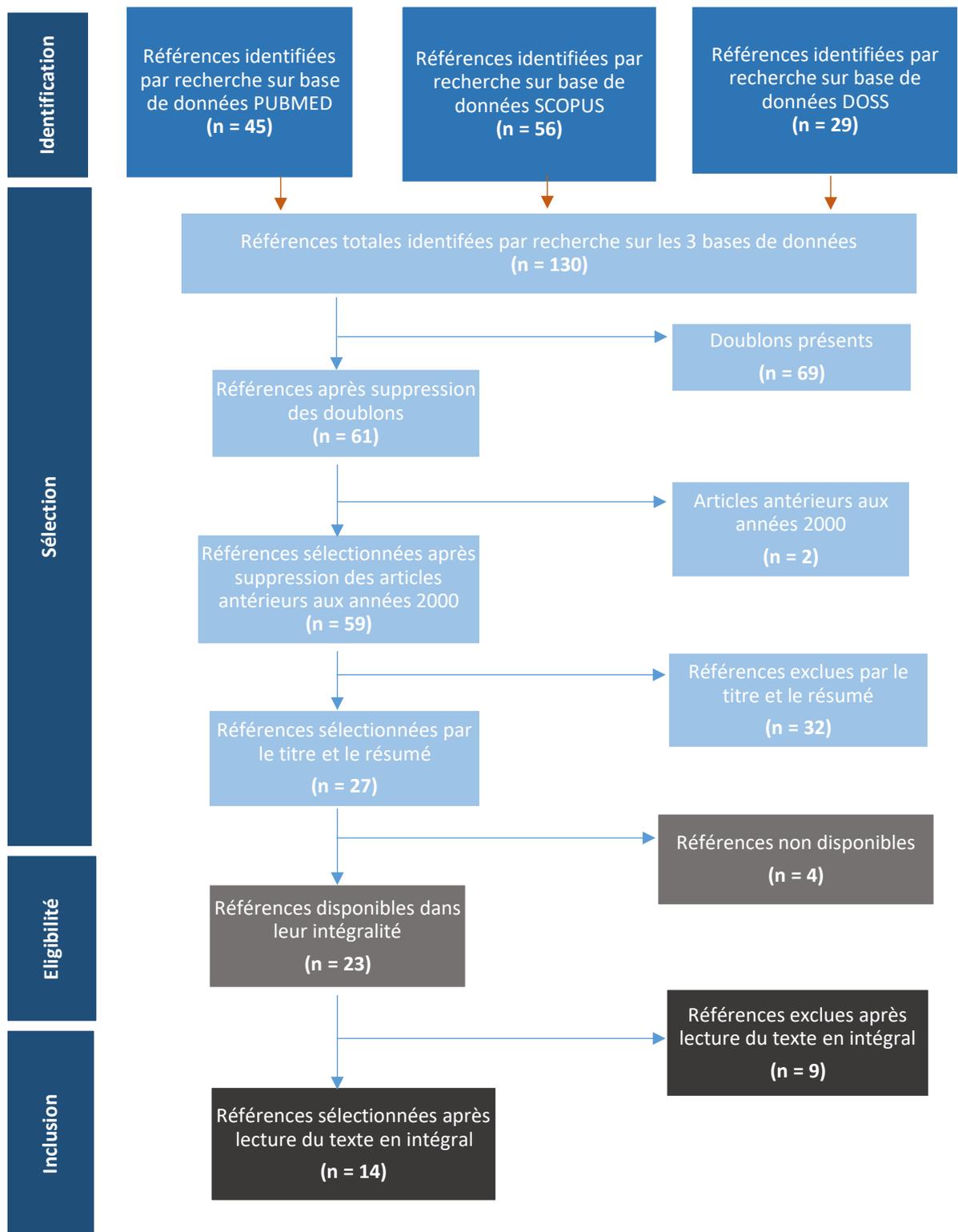


Figure 2 : Arbre de décision de la revue systématique de la littérature

Les résultats de la revue systématique sont ensuite présentés sous forme de tableaux. Le premier regroupe les titres des articles sélectionnés et leurs hypothèses de recherche. (Tableau 5)

Le second synthétise ensuite l'ensemble des articles sélectionnés. (Tableau 6)

	Titre des articles	Hypothèses
(35)	Oxygen-inhibited layer in adhesion dentistry	La couche inhibée par l'oxygène n'est pas nécessaire pour l'adhésion d'une résine composite et le nombre de photo-initiateurs varient et influent sur la couche inhibée par l'oxygène.
(37)	Effect of light-cure time of adhesive resin on the thickness of the oxygen inhibited layer and the microtensile bond strength to dentin	L'augmentation du temps de polymérisation diminue l'épaisseur de la couche inhibée par l'oxygène ainsi que la force de liaison de la résine composite.
(38)	Composite to composite microtensile bond strength in the repair of a microfilled hybrid resin : effect of surface treatment and oxygen inhibition	La présence ou non d'une couche inhibée par l'oxygène n'influence pas la résistance d'un composite sur 24h.
(39)	Effect of oxygen inhibition on composite repair strength over time	Il n'y a pas de différence au niveau de la force du composite réparé dans le cas de la présence ou l'absence de la couche inhibée par l'oxygène.
(40)	Evaluation of the effects of the oxygen inhibited layer on shear bond strength of two resin composites	La présence de la couche inhibée par l'oxygène permet une augmentation de la force de liaison.
(41)	Interactions between impression materials and immediate dentin sealing	Une interaction existe entre les matériaux d'empreinte et les surfaces dentaires traitées par IDS (Scellement dentinaire immédiat)
(36)	Oxygen inhibition and incremental layer bond strengths of resin composite	L'épaisseur de la couche inhibée par l'oxygène varie en fonction de la chimie des monomères, et influe sur la force de liaison entre les incréments de composites.
(42)	Role of oxygen inhibited layer on shear bond strength of composites	Il n'y a pas de différence significative dans la résistance au cisaillement du composite entre la présence ou l'absence de la couche inhibée par l'oxygène.
(43)	Influence of oxygen inhibition on the surface free-energy and dentin bond strength of self-etch adhesives	Il n'y a pas de différence significative sur l'énergie libre de surface et la force d'adhérence des SAM en une étape sur la dentine en présence ou absence de la couche inhibée par l'oxygène.
(44)	Influence of oxygen inhibition on the surface free energy and enamel bond strength of self-etch adhesives	Il n'y a pas de différence significative au niveau de l'énergie libre de surface et la force d'adhérence des SAM en une étape sur l'émail en présence ou absence de la couche inhibée par l'oxygène.
(45)	Influence of oxygen inhibited layer on dentin bond strength of chemical cured resin composite	Il n'y a pas d'influence de la présence de la couche inhibée par l'oxygène sur l'énergie libre de surface de SAM, ni sur la force de liaison du composite à la dentine.
(46)	Effect of oxygen inhibition in two-step self-etch systems on surface free energy and dentin bond strength with a chemically cured resin composite	La présence de la couche inhibée par l'oxygène n'a aucun effet sur les énergies libres de surface et les forces de liaison à la dentine avec les SAM2
(47)	Influence of an oxygen inhibited layer on enamel bonding of dental adhesive systems : surface free-energy perspectives	Il n'y a pas de différence au niveau de la couche inhibée par l'oxygène en fonction de différents types d'adhésifs, ni sur la résistance au cisaillement en sa présence ou son absence.
(48)	Effect of Immediate Dentin Sealing on Polymerization of Elastomeric Materials : an Ex vivo Randomized Controlled Trial	Des interactions sont possibles entre les matériaux d'empreinte et les surfaces dentaires revêtues de résine composite.

Tableau 5 : Titres et hypothèses des articles sélectionnés

Au sein des 14 articles trouvés, tous ont été réalisés in vitro. Dans ces 14 articles, deux articles traitaient de l'impact de la couche inhibée par l'oxygène sur les empreintes obtenues pour réaliser une pièce prothétique. 7 articles s'intéressaient à la résistance des composites aux forces de cisaillement, 3 aux forces de traction. 5 articles prenaient en considération l'énergie libre de surface, 8 l'énergie de liaison. De plus, des dents humaines ont été utilisées dans 3 articles, des incisives mandibulaires bovines dans 5 articles, et les autres expériences ont été réalisées à partir de différents supports sur lesquels ont été mis les échantillons de matériaux à tester.

AUTEURS, ANNEE	TESTS REALISES ET TYPE D'ARTICLES	MATERIEL et METHODE	TECHNIQUE DE VIEILLISSEMENT	RESULTATS ET CONCLUSION
<p><i>Byoung In Suh, 2004</i></p> <p>(35)</p>	<p><i>IN VITRO</i></p>	<p><u>Matériels :</u> Utilisation de deux types d'adhésifs (Biscover et D/E Resin (Lançon-Provence, France)) et d'un composite de collage orthodontique (Light-Bond)</p> <p><u>Méthode :</u> Polymérisation avec une couche inhibée par l'oxygène pour BISCOVER et sans couche inhibée par l'oxygène pour D/E Resin (polymériser sous atmosphère d'azote pendant 20sec)</p> <p>Cisaillement jusqu'à la rupture avec une machine d'essai universelle.</p> <p>Résistance à la traction testée</p> <p>Résine Camphoroquinone (CQ) mise en place pour étudier le taux de photo-initiateurs analysé par un spectromètre UV, ainsi que le degré de conversion</p>	<p>Eau pendant 2h à 37°</p>	<p>Pas de différence significative dans la résistance au cisaillement en présence ou non de la couche inhibée par l'oxygène</p> <p>Pas de différence significative dans la résistance à la traction en présence ou non de la couche inhibée par l'oxygène.</p> <p>L'épaisseur de la couche inhibée est plus faible que ce que l'on pensait grâce aux progrès sur les photo-initiateurs, ainsi la polymérisation des différentes couches de composite permet une force d'adhérence normale.</p> <p>Il y a moins de photo-initiateurs dans la couche inhibée par l'oxygène donc le degré de conversion est plus faible, ainsi une polymérisation trop puissante induit une décomposition trop rapide des photo-initiateurs.</p>

<p><i>Kim Jong-Soon et al. 2006</i></p> <p>(37)</p>	<p>Test ANOVA Test TUKEY</p> <p><i>IN VITRO</i></p>	<p><u>Matériels :</u> 30 molaires humaines</p> <p>Utilisation de deux types d'adhésifs BISCO (Lançon-Provence, France) : All Bond 2 dual (15 dents) ou One Step automordançant (15 dents)</p> <p><u>Méthode :</u> 4 sous-groupes suivant le temps de polymérisation (10-20-30-60sec)</p> <p>Mesure de l'épaisseur de la couche inhibée par l'oxygène grâce à un spectre d'absorbance. 3 mesures faites : avant polymérisation, après polymérisation et après le retrait de la couche inhibée par l'oxygène.</p> <p>Mesure de la force de liaison au composite.</p>	<p>Dents extraites mises dans de la Chloramine à 0,5% pendant 2 semaines puis conservées dans de l'eau distillée réfrigérée à 4°</p> <p>Stockage après préparation dans de l'eau distillée pendant 24h et les mesures sont réalisées 48h après la préparation.</p>	<p>La force de liaison est plus élevée lorsque les adhésifs sont photopolymérisés suivant le temps recommandé par le fabricant, à savoir 10sec pour OS et 20sec pour AB2.</p> <p>Si le temps est augmenté, on a une augmentation du degré de conversion et une diminution de la force de liaison et de l'épaisseur de la couche inhibée par l'oxygène.</p>
<p><i>Federica Papacchini et al. 2007</i></p> <p>(38)</p>	<p>Test ANOVA Test TUKEY Test KOLMOGORO V-SMIRNOV Test LEVENE</p> <p><i>IN VITRO</i></p>	<p><u>Matériels :</u> 40 échantillons de composite GC (Tokyo, Japon) divisés en 4 groupes.</p> <p>Utilisation de Prime&Bond NT (Dentsply (Charlotte, USA) auto-mordançant + Polymérisation 20 sec à l'air (sous-groupe A) ou à l'azote (sous-groupe N)</p> <p><u>Méthode :</u> G1 : abrasion à l'air d'oxyde d'aluminium 50 microns + mordantage à l'acide phosphorique 37% G2 : mordantage à l'acide hydrochlorique et à l'acide fluorhydrique 6,9% G3 : fraisage à la fraise diamantée et mordantage à l'acide phosphorique 37% G4 : fraisage à la fraise diamantée</p> <p>Test de micro-traction + microscope électronique à balayage MEB</p>	<p>Stockage pendant 24h dans une solution saline à 37°</p>	<p>Pas d'influence de l'atmosphère sur la résistance à l'adhérence mais influence du traitement de surface.</p> <p>Abrasion à l'oxyde d'aluminium permet d'obtenir des forces de liaison > que les autres traitements de surface.</p> <p>La présence ou l'absence d'une couche inhibée par l'oxygène lors de la réparation d'un composite n'a aucun impact sur sa résistance durant 24h.</p>

<p><i>Dall'Oca Susanna et al. 2007</i></p> <p>(39)</p>	<p>Test ANOVA Test TUKEY Test KOLMOGORO V-SMIRNOV Test LEVENE</p> <p><i>IN VITRO</i></p>	<p><u>Matériels</u> : Utilisation de Gradia Direct Anterior (GC (Tokyo, Japon)) en 10 échantillons</p> <p><u>Méthode</u> : Photopolymérisation 20sec + ponçage au papier de carbure de silicium. G1 : expérimental, polymérisation en absence d'oxygène par purge au nitrogène. G2 : témoin, polymérisation en présence d'oxygène.</p> <p>Mise en place d'un deuxième composite d'une teinte différente pour le différencier du premier composite. Réalisation du composite réparé (ou deuxième composite) à 1h, 2h, 1j, 14j, 30j de stockage.</p> <p>Soumis à des forces de traction jusqu'à la rupture.</p>	<p>Stockage dans une pièce sombre à 37°</p>	<p>Il n'y a pas de différence significative au niveau de la résistance du composite fraîchement réparé quel que soit les précautions prises vis-à-vis de l'oxygène.</p> <p>Le temps écoulé pour réaliser la réparation du composite a un impact sur sa résistance. Résistance 30j < 14j < 24h</p>
<p><i>Ankur Sehgal et al. 2008</i></p> <p>(40)</p>	<p>Test ANOVA Test TUKEY Test STUDENT</p> <p><i>IN VITRO</i></p>	<p><u>Matériels</u> : 60 échantillons séparés en groupes et sous-groupes : G1 : 30 échantillons nanocomposite GC SOLARE G2 : 30 échantillons composite micro-hybride CHARISMA</p> <p><u>Méthode</u> : Sous-groupe A : présence d'oxygène Sous-groupe B : présence d'argon Sous-groupe C : atmosphère inerte</p> <p>Mesure de la force de liaison.</p>	<p>Eau désionisée pendant 3h</p>	<p>G1 force de liaison > G2</p> <p>La présence ou l'absence de la couche inhibée par l'oxygène n'a aucune influence sur la force de liaison.</p>

<p><i>Pascal Magne, Brik Nielsen 2009</i></p> <p>(41)</p>	<p><i>IN VITRO</i></p>	<p><u>Matériels :</u> 6 molaires humaines</p> <p>Utilisation de deux types d'adhésifs : en 3 étapes OPTIBOND FL M&R3 et 2 étapes CLEARFILL SE BOND (Kuraray (Tokyo, Japon)) SAM2</p> <p>Utilisation de deux matériaux à empreinte : Polyvinyl-siloxane (PVS, (Extrude ; Kerr Corp (Orange, USA))) ou Polyéther (PE, Impregum ; 3M ESPE (Saint-Paul, USA)).</p> <p><u>Méthode :</u> G1 : groupe contrôle, sans IDS G2 : avec IDS G3 : IDS + glycérine G4 : IDS + glycérine + ponçage</p> <p>Analyse visuelle des empreintes</p>	<p>Aucun</p>	<p>Qualité empreinte G4 PVS > G4 PE > G3 > G2</p> <p>Les empreintes utilisant des polyéthers ne sont pas recommandées suite à la réalisation d'une IDS.</p> <p>Protocole optimal permettant l'absence de résidus non polymérisés sur la dent : IDS + polymérisation avec un agent bloquant l'air (glycérine) + ponçage + empreinte au PVS.</p>
<p><i>Essam S. Shawkat et al. 2009</i></p> <p>(36)</p>	<p>Test ANOVA Test KOLMOGORO V-SMIRNOV Test KRUSKAL-WALLIS Test MANN-WITNEY</p> <p><i>IN VITRO</i></p>	<p><u>Matériels :</u> Utilisation de 4 composites expérimentaux à compositions variables et de 3 composites commercialisés. (2 à base de méthacrylates (Z100/Z250 ; 3M ESPE) et 1 à base de silorane (FILTEK Silorane ; 3M ESPE))</p> <p><u>Méthode :</u> 5 échantillons de chaque résine, polymérisés dans une atmosphère à l'air ou inerte (réalisé à l'aide d'une boîte de gant scellée et purgée à 3 fois à l'azote.)</p> <p>Mesure de l'épaisseur de OIL avec une technique de profondeur de champ modifiée Mesure de la force de liaison en fonction du temps écoulé avec un apport immédiat, à 7j ou à 30j. Analyse au microscope</p>	<p>Aucun</p>	<p>Épaisseur de la couche inhibée par l'oxygène avec composite avec + de BISGMA < avec composite avec + de TEGDMA</p> <p>L'épaisseur de la couche inhibée par l'oxygène est significativement plus fine lorsque l'on utilise des composites commerciaux à base de silorane.</p> <p>La composition chimique a une influence sur la force de liaison mais pas sur la présence de la couche inhibée par l'oxygène.</p>

<p><i>Sheetal Ghivari et al. 2010</i></p> <p>(42)</p>	<p>Test ANOVA</p> <p><i>IN VITRO</i></p>	<p><u>Matériels :</u> 16 échantillons avec du composite micro-hybride Esthetic X (Dentsply)</p> <p><u>Méthode :</u> G1 : 8 échantillons en présence de la couche inhibée par l'oxygène G2 : 8 échantillons en absence de la couche inhibée par l'oxygène (grâce à la mise en place d'un strip de cellophane pour isoler l'échantillon de l'oxygène)</p> <p>Test de cisaillement jusqu'à la rupture réalisé</p>	<p>Eau distillée pendant 2h</p>	<p>Aucune différence significative dans la résistance au cisaillement entre le G1 et le G2.</p> <p>La présence de la couche inhibée par l'oxygène ne fait pas de différence significative sur la résistance au cisaillement des résines composites.</p>
<p><i>Kensaku Koga et al. 2011</i></p> <p>(43)</p>	<p>Test ANOVA Test BARTLETT Test STUDENT Test TUKEY</p> <p><i>IN VITRO</i></p>	<p><u>Matériels :</u> Utilisation de différents adhésifs photopolymérisables : G1 CLEARFIL TRI-S BOND (Kuraray), G2 BOND FORCE (Tokuyama dental (Tokyo, Japon)), et G3 G-BOND PLUS (GC) Et d'un composite CLEARFIL APX (Kuraray) Utilisation d'incisives mandibulaires bovines.</p> <p><u>Méthode :</u> Chaque groupe est composé de 10 échantillons. Mesure de l'angle de contact en présence ou en absence de la couche inhibée par l'oxygène. (Grâce à l'application d'un coton imprégné d'éthanol)</p> <p>Mesure de la résistance au cisaillement Analyse au MEB</p>	<p>Aucun</p>	<p>Les valeurs de l'énergie libre de surface sont plus élevées dans le cas où la couche inhibée par l'oxygène a été retirée.</p> <p>La force d'adhérence est significativement plus élevée dans les échantillons où la couche inhibée par l'oxygène est présente.</p> <p>La présence de la couche inhibée par l'oxygène dans la mise en place d'adhésifs auto-mordançants en une étape favorise une plus grande force d'adhésion de la dentine.</p>

<p><i>Koji Oyama et al.</i> 2012</p> <p>(44)</p>	<p>Test BARTLETT Test ANOVA Test TUKEY Test STUDENT</p> <p><i>IN VITRO</i></p>	<p><u>Matériels :</u> Utilisation de différents adhésifs photopolymérisables : G1 CLEARFIL TRI-S BOND (Kuraray), G2 BOND FORCE (Tokuyama dental), et G3 G-BOND PLUS (GC) Et d'un composite CLEARFIL APX (Kuraray) Utilisation d'incisives mandibulaires bovines.</p> <p><u>Méthode :</u> Chaque groupe est composé de 10 échantillons. Mesure de l'angle de contact en présence ou en absence de la couche inhibée par l'oxygène. (Grâce à l'application d'un coton imprégné d'éthanol)</p> <p>Mesure de la résistance au cisaillement et de la force d'adhésion sur l'email. Analyse au MEB</p>	<p>Aucun</p>	<p>L'énergie libre de surface est plus élevée dans le cas où la couche inhibée par l'oxygène est retirée.</p> <p>La force d'adhérence à l'émail est significativement plus élevée dans les échantillons où la couche inhibée par l'oxygène est présente.</p> <p>La présence de la couche inhibée par l'oxygène dans la mise en place d'adhésifs auto-mordants en une étape favorise une plus grande force d'adhésion à l'émail.</p>
<p><i>Ayumi Yamaji et al.</i> 2013</p> <p>(45)</p>	<p>Test ANOVA Test BARTLETT Test TUKEY Test STUDENT</p> <p><i>IN VITRO</i></p>	<p><u>Matériels :</u> Utilisation de différents adhésifs photopolymérisables : G1 CLEARFIL TRI-S BOND (Kuraray), G2 BOND FORCE (Tokuyama dental), et G3 G-BOND PLUS (GC) Et d'un composite CLEARFIL APX (Kuraray) Utilisation d'incisives mandibulaires bovines.</p> <p><u>Méthode :</u> Chaque groupe est composé de 10 échantillons. Mesure de l'angle de contact en présence ou en absence de la couche inhibée par l'oxygène. (Grâce à l'application d'un coton imprégné d'éthanol)</p> <p>Mesure de la résistance au cisaillement et de la force d'adhésion sur la dentine. Analyse au MEB</p>	<p>Aucun</p>	<p>Les valeurs de l'énergie libre de surface sont plus élevées dans le cas où la couche inhibée par l'oxygène a été retirée.</p> <p>La force d'adhérence à l'émail est significativement plus élevée dans les échantillons où la couche inhibée par l'oxygène est enlevée.</p> <p>La présence de la couche inhibée par l'oxygène dans la mise en place d'adhésifs auto-mordants en une étape favorise une plus faible force d'adhésion de la dentine.</p>

<p><i>Ayumi Yamaji et al.</i> 2014 (46)</p>	<p>Test de BARTLETT Test de STUDENT Test de TUKEY <i>IN VITRO</i></p>	<p><u>Matériels :</u> Incisives bovines mandibulaires Utilisation de trois types d'adhésif auto-mordançants : G1 Clearfil Mega Bond (Kuraray), G2 FL Bond II (Shofu), et G3 UNIFIL Bond (GC)</p> <p><u>Méthode :</u> Mesure de la force de liaison à un composite ClearFill FII (Kuraray) avec 10 échantillons par groupe en présence ou en absence de la couche inhibée par l'oxygène (grâce à l'application d'un coton imprégné d'éthanol), à l'aide d'un dispositif d'essai de cisaillement.</p> <p>Analyse au MEB</p>	<p>Eau distillée et stockage à 37° pendant 24h</p>	<p>Énergie libre de surface sans la couche inhibée par l'oxygène > Énergie libre de surface avec la couche inhibée par l'oxygène.</p> <p>Forces de liaison dentine/composite avec couche inhibée par l'oxygène = sans couche inhibée par l'oxygène</p> <p>Cette étude montre que la présence de la couche inhibée par l'oxygène a un effet négatif sur l'énergie libre de surface mais n'a pas d'effet significatif sur la force de liaison entre la dentine et la résine composite.</p>
<p><i>Akimasa Tsujimoto et al.</i> 2016 (47)</p>	<p>Test ANOVA Test TUKEY <i>IN VITRO</i></p>	<p><u>Matériels :</u> 15 dents bovines par adhésif Utilisation de plusieurs adhésifs : en 3 étapes SCOTCHBOND MULTIPURPOSE (3MESPE) G1, en 2 étapes CLEARFIL SE BOND (Kuraray) G2, en 1 étape SCOTCHBOND UNIVERSAL (3MESPE) G3 Composite utilisé est le CLEARFIL APX (Kuraray)</p> <p><u>Méthode :</u> Photopolymérisation 30sec puis : Test de résistance au cisaillement réalisé et mesure de l'angle de contact en présence ou non de la couche inhibée par l'oxygène (grâce à l'application d'un coton imprégné d'éthanol), pour la mesure de l'énergie libre de surface.</p> <p>Analyse au MEB</p>	<p>Eau distillée à 37° stockées pendant 24h</p>	<p>Pas de différence significative au niveau de la résistance au cisaillement en présence ou en absence de la couche inhibée par l'oxygène.</p> <p>L'énergie libre de surface est plus importante dans les échantillons avec la couche inhibée par l'oxygène. La présence de la couche inhibée par l'oxygène améliore la résistance au cisaillement dans le cas des adhésifs SAM en une étape, mais pas réellement d'effet sur les adhésifs en 2 ou 3 étapes.</p> <p>L'énergie libre de surface est plus élevée en présence de la couche inhibée par l'oxygène.</p>

<p>Verma Priya et al. 2019 (48)</p>	<p><i>IN VITRO</i></p>	<p><u>Matériels :</u> 10 molaires humaines extraites Utilisation de deux matériaux à empreinte : Polyvinyl-siloxane (PVS, Aquasil ;Dentsply) ou Polyéther (PE, Impregum ;3M ESPE). Utilisation de deux adhésifs : Adper Single Bond 2 (3MESPE) M&R2 ou Clearfil SE Bond (Kuraray). SAM2</p> <p><u>Méthode :</u> G1 : empreintes sans IDS. G2 : empreintes après IDS G3 : empreintes après IDS + glycérine + polymérisation 10sec + eau G4 : empreintes après IDS + glycérine + polymérisation + eau + ponçage à base d'eau et de pierre ponce à l'aide d'une pièce à main à vitesse lente.</p>	<p>Aucun</p>	<p>La réalisation du blocage à l'air grâce à la glycérine après réalisation d'une IDS ainsi que le ponçage permet d'obtenir des empreintes sans défaut avec le PVS.</p> <p>Le PE n'est pas recommandé pour la réalisation des empreintes en combinaison avec une IDS.</p>
--	------------------------	--	--------------	---

Tableau 6 : Synthèse des articles sélectionnés pour la revue systématique de la littérature

IV. DISCUSSION :

Dans cette partie, il est question de discuter autour des différents résultats trouvés. Ces études ont pour but de montrer l'impact éventuel de la couche inhibée par l'oxygène sur le collage dans différentes situations. Les hypothèses abordées sont que cette couche est une source d'erreur lors de l'élaboration de restaurations collées, pouvant entraîner un vieillissement prématuré de ces dernières. Les résultats de la recherche ont permis de distinguer différents domaines d'études qui sont : la résistance au cisaillement et à la traction en fonction de la présence ou non de la couche inhibée par l'oxygène (OIL) ; l'analyse de l'impact du temps de polymérisation sur OIL ; l'incidence de OIL sur l'énergie de surface et enfin la réaction des matériaux d'empreintes en fonction de OIL. La discussion s'articulera alors en fonction de ces derniers et finira par les limites de la revue systématique.

1. RESISTANCE AU CISAILLEMENT – TRACTION EN FONCTION DE OIL :

En ce qui concerne la résistance au cisaillement en présence ou absence de la couche inhibée par l'oxygène (OIL), aucune différence significative n'a été trouvée selon deux études (35,42). En effet, ce résultat est retrouvé dans l'étude de Sheetal Ghivari *et al* (42) qui comparait cette résistance en présence ou non de OIL en utilisant un adhésif et un composite micro-hybride de chez Dentsply. De même, Byoung In Suh (35) comparait également cette résistance mais en utilisant cette fois-ci deux systèmes adhésifs : l'un représentant l'adhésif avec OIL conservée (Biscover), et l'autre représentant l'adhésif sans OIL (D/E Resin). Un seul type de composite a été utilisé et l'OIL a été éliminée en réalisant la polymérisation sous une atmosphère à base de nitrogène. Dans ces deux études, on peut se demander si les résultats auraient été similaires en comparant différents systèmes adhésifs ou résines avec à chaque fois un groupe conservant l'OIL et un l'éliminant. Une partie de la réponse se situe dans l'étude de Akimasa Tsujimoto *et al.* (47) où 3 adhésifs différents étaient comparés avec ou sans la présence de la couche inhibée par l'oxygène. Les résultats montrent alors que la résistance au cisaillement, en présence ou non de la couche inhibée par l'oxygène, semble dépendre des adhésifs utilisés. En effet, comme pour les deux études précédentes, aucune différence significative n'est retrouvée avec des adhésifs en 2 ou 3 étapes. Cependant, dans cette étude, une différence existe avec les SAM en une étape où la résistance au cisaillement a été améliorée en présence de cette couche. Selon les auteurs, ceci est expliqué par le fait que les SAM en une étape présentaient une hydrophilie

plus importante que les deux autres. Ils pensaient que la couche inhibée par l'oxygène, plus fine avec les SAM en 1 étape, formant avec ce dernier une surface de contact optimale, permettait la création d'une zone intermédiaire où la polymérisation pouvait se faire de manière adéquate, et ainsi permettre une liaison pérenne entre les couches. Ainsi, la résistance au cisaillement diffère par ces différents mécanismes. A noter ici que les résultats ont été améliorés en présence de cette couche, ce qui est contraire aux hypothèses émises lors de cette revue systématique. D'autres recherches sont alors nécessaires afin de comprendre et de confirmer cela.

Byoung In Suh (35), Federica Papacchini *et al.* (38), et Dall'Oca Susanna *et al.* (39) s'intéressaient quant à eux à la résistance à la traction. Les résultats montraient aucune différence significative avec ou sans la couche inhibée par l'oxygène dans les différents tests. En effet, Federica Papacchini *et al.* (38) ont étudié la résistance à la traction avec différentes préparations de surfaces à savoir : l'abrasion à l'air d'oxyde d'aluminium, le mordantage à différents acides comme l'acide fluorhydrique, phosphorique ou hydrochlorique, ou encore le fraisage à l'aide d'une fraise diamantée. Ces préparations permettaient l'élimination de la couche inhibée par l'oxygène. Ils formaient aussi des sous-groupes A et N dans lesquels la polymérisation se faisait respectivement à l'air (donc en présence d'une couche inhibée par l'oxygène) et dans un milieu d'azote (donc en absence d'une couche inhibée par l'oxygène). Il a été mis alors en évidence qu'il n'y avait aucune différence significative au niveau de la résistance à la traction en présence ou non de la couche inhibée par l'oxygène. Cependant, la préparation de surface influait cette résistance qui est plus importante lorsqu'une abrasion à l'air d'oxyde d'aluminium est réalisée.

Dans l'étude de Dall'Oca Susanna *et al.* (39), un ponçage au papier de carbure de silicium a été réalisé et la même marque de composite a été utilisée, à savoir un composite de chez GC. La polymérisation du composite se faisait soit sous purge au nitrogène afin d'avoir une absence de la couche inhibée par l'oxygène, soit en présence d'oxygène. Enfin, dans l'étude de Byoung In Suh (35) déjà citée précédemment pour le test de résistance aux cisaillements, il n'y a pas eu de préparation particulière de surface au préalable. Comme pour la résistance au cisaillement, on peut se demander avec ces trois études si les résultats seraient différents avec un composite ou des systèmes adhésifs différents. De même, aux vues des résultats obtenus par Akimasa Tsujimoto *et al.* (47) lors de l'étude de la résistance aux cisaillements, il aurait été intéressant de pouvoir comparer les différents systèmes adhésifs utilisés dans ces 3 articles dans des situations où la même préparation de surface a été réalisée.

D'après ces 5 études, la couche inhibée par l'oxygène ne semble pas avoir d'influence sur la pérennité du collage étant donné que l'on obtient aucune différence significative sur la résistance au cisaillement et à la traction en présence ou en absence de cette couche. Seul un article semble montrer des résultats supérieurs en présence de OIL avec un adhésif SAM en une étape.

2. OIL, TEMPS DE POLYMERISATION ET ENERGIE DE SURFACE :

La polymérisation des adhésifs ou résines composites se fait par une action extérieure qui est couramment une émission lumineuse. Byoung In Suh (35) a mis en évidence la notion de photo-initiateurs et a montré que le nombre de photo-initiateurs dans la couche inhibée par l'oxygène est faible. Ces derniers ont pourtant un rôle capital étant donné qu'ils permettent la réaction de polymérisation. Une baisse des photo-initiateurs entraîne un degré de conversion plus faible et donc un risque de polymérisation incomplète. La puissance de polymérisation conseillée est alors importante à respecter. Une polymérisation trop puissante entraînerait une destruction trop rapide du nombre de photo-initiateurs présents. A l'inverse, une polymérisation trop faible ne permettrait pas un degré de conversion convenable, et ainsi entraînerait une polymérisation imparfaite.

Aussi, Kim Jong-Soon *et al.* (37) mettaient en avant que si le temps de polymérisation est augmenté, avec une puissance adaptée, le degré de conversion est lui aussi augmenté, entraînant une diminution de la couche inhibée par l'oxygène. En effet, le temps de polymérisation dans cette étude variait entre 10 et 60 secondes, avec des groupes témoins où le temps de polymérisation réalisé était celui préconisé par le fabricant. De plus, une mesure de la force de liaison a été réalisée pour déterminer si le temps de polymérisation avait un effet sur cette dernière. La force de liaison était alors plus élevée si le temps de polymérisation recommandé par le fabricant était respecté, à savoir 10 secondes pour le One Step, et 20 secondes pour le All Bond 2. Ainsi, la couche inhibée par l'oxygène pouvait être diminuée tout en augmentant la force de liaison.

Pour conclure, une notion importante émane donc de ces deux études : un temps de polymérisation plus long à une puissance adaptée permettrait de réduire l'épaisseur de la couche inhibée par l'oxygène.

Les articles suivant se penchent plus précisément sur les forces de liaison. Elles sont étudiées en fonction des différents composites utilisés (36,39,40) et en fonction du substrat sur lequel ils sont collés. (43,44)

En ce qui concerne ces forces de liaisons, les conclusions semblent diverger. Dall'Oca Susanne *et al.* (39), Ankur Sehgal *et al.* (40) étaient en accord sur le fait qu'il n'y a pas de différence significative sur les forces de liaison en présence ou non de la couche inhibée par l'oxygène. A l'inverse, Kensaku Koga *et al.* (43) et Koji Oyama *et al.* (44) nous montraient que les forces de liaison étaient plus importantes si la couche inhibée était présente, lorsqu'un adhésif auto-mordant en une étape était utilisé. Ils expliquaient cela de la même manière que dans la première partie de notre discussion, à savoir qu'une fine couche inhibée par l'oxygène présente permettait la formation d'une zone de contact intéressante entre l'adhésif SAM en 1 étape et la couche sus-jacente du fait de leur composition, entraînant une polymérisation optimale et ainsi des forces plus importantes. Ce résultat rejoint celui de Akimasa Tsujimoto *et al.* (47) vu précédemment. Le système adhésif semble donc être à considérer. De même, la composition chimique des résines semble également jouer un rôle important dans l'épaisseur de la couche inhibée par l'oxygène. C'est du moins ce que démontrait Essam S. Shawkat *et al.* (36), dans une étude où ils comparaient l'épaisseur de cette couche en fonction de la composition de différentes résines. Pour cela, 4 échantillons de résine ont été étudiés avec des ratio bisGMA/TEGDMA différents et chargés à 70% de particules de barium, ou de strontium. Les résultats montraient alors que plus la teneur en TEGDMA augmentait, plus l'épaisseur de l'OIL augmentait également. Le type de particules semblait avoir son importance également étant donné que des épaisseurs plus réduites ont été trouvées avec les échantillons contenant du barium. Enfin, ces mêmes auteurs étudiaient également trois composites commerciaux qui étaient Z100, Filtek™ Z250 et Filtek™ silorane (3M ESPE). Ils montraient alors que la résine à base de silorane avait une couche inhibée plus fine que celle à base de méthacrylate.

En plus d'étudier les forces de liaisons en fonction de différents composites, Kensaku Koga *et al.* (43) et Koji Oyama *et al.* (44) se penchaient également sur le substrat en réalisant des tests sur de la dentine ou sur de l'émail. Ils utilisaient les mêmes adhésifs, le même composite, sur le même nombre d'échantillons afin de mesurer les différentes forces de liaison observées. Les tests ont été réalisés sur deux substrats, à savoir sur la dentine pour Kensaku Koga *et al.* (43) et sur l'émail pour Koji Oyama *et al.* (44). Les résultats montraient que la présence de la couche inhibée par l'oxygène permettait une plus grande force d'adhésion aux tissus dentaires quels qu'ils soient si l'adhésif utilisé était un adhésif auto-mordant en une étape. Ces résultats

rejoignent alors les résultats trouvés par Akimasa Tsujimoto *et al.* (47) lors de l'étude de la résistance au cisaillement. Cependant, ceci est remis en cause dans l'article de Ayumi Yamaji *et al.* (45) où la force d'adhésion à la dentine était plus faible en présence de la couche inhibée par l'oxygène lorsque l'on utilisait des adhésifs auto-mordants en une étape.

Concernant l'énergie libre de surface, Ayumi Yamaji *et al.* (45), Kensaku Koga *et al.* (43), Koji Oyama *et al.* (44), Ayumi Yamaji *et al.* (46) émettaient la conclusion commune que l'énergie libre de surface était plus importante lorsque la couche inhibée par l'oxygène avait été retirée. A contrario, Akimasa Tsujimoto *et al.* (47) mettait en lumière le fait que l'énergie libre de surface était plus élevée en présence de la couche inhibée par l'oxygène. Les adhésifs utilisés n'étaient pas les mêmes dans ce dernier test.

Ainsi, les auteurs nous emmènent vers des conclusions différentes en fonction des articles étudiés. Que ce soit pour l'énergie libre de surface comme pour les forces de liaison, il n'y a pas de consensus précis : les valeurs divergent avec ou sans la couche inhibée par l'oxygène.

3. OIL ET MATERIAUX D'EMPREINTE :

Pascal Magne et Birk Nielsen (41) et Verma Priya *et al.* (48) se sont intéressés à l'impact de la couche inhibée par l'oxygène sur les matériaux à empreinte. Pour cela, différents systèmes adhésifs ont été utilisés : dans le premier article, des adhésifs M&R3 et SAM2 et dans le second, un M&R2 et un SAM2. En ce qui concerne les matériaux à empreinte, les deux articles étudiaient également deux élastomères qui sont un Polyvinyl-siloxane et un Polyéther. Les résultats de ces deux études aboutissaient alors à une même conclusion : les matériaux à empreinte interagissent avec la couche inhibée par l'oxygène, et le polyéther n'est pas recommandé lorsqu'un scellement dentinaire immédiat (IDS) est réalisé en préalable. Le protocole à mettre en place d'après ces auteurs afin d'obtenir des empreintes sans résidu non polymérisé sur la dent était alors le suivant : réalisation de l'IDS, polymérisation avec un agent bloquant l'air comme la glycérine, ponçage, puis empreinte avec un matériau de type polyvinyl-siloxane.

En effet, dans l'article de Pascal Magne et Birk Nielsen (41), OIL allait inhiber la polymérisation des matériaux d'empreinte et entraîner ainsi des adhérences, des déchirures et donc des empreintes défectueuses. Dans le cas des PVS, les monomères résiduels de l'adhésif sembleraient réagir avec le sel de platine qui sont des catalyseurs du PVS. Dans le cas du

polyéther, les cations présents sembleraient réagir avec les radicaux libres des monomères résiduels de l'adhésif. Ainsi, le PVS adhère sans être polymérisé, alors que le polyéther se polymérise. (49) Cependant, les résultats des études montraient que l'utilisation de glycérine semblerait réduire significativement l'épaisseur de la couche inhibée par l'oxygène et donc entraînerait des empreintes avec moins de défauts. Par ailleurs, la réalisation d'un polissage avec des fraises diamantées ou une abrasion par particules en suspension permettrait d'obtenir des empreintes encore plus précises avec le PVS, quel que soit l'adhésif utilisé. Concernant le polyéther, les empreintes étaient toutes défectueuses, peu importe la préparation de surface réalisée, et l'adhésif utilisé. D'autres auteurs comme Ghiggi *et al.* (50) préconisaient l'application d'alcool à 70% à l'aide d'un coton pendant 10 secondes sur la surface préparée. Verma Priya *et al.* (48) réalisaient leurs tests en utilisant également du polyéther et du PVS en matériaux d'empreinte. Ils concluaient eux aussi que la présence de OIL entraînait une polymérisation défectueuse des matériaux d'empreinte sans utilisation de glycérine. Ils mettaient en évidence une couche résiduelle collante malgré ces précautions prises lorsque l'adhésif utilisé était le M&R2. Ainsi, cela expliquait sûrement la présence de résidus de matériaux d'empreinte sur ces échantillons. De plus, ils confirmaient, comme Pascal Magne et Birk Nielsen (41), l'utilité de préparer à l'aide d'instrument rotatif diamanté ou par abrasion de particules en suspension dans l'air, la surface dentaire.

Ces deux études montrent qu'il y a une réelle interaction entre la présence de la couche inhibée par l'oxygène et les matériaux d'empreintes. Il est donc recommandé d'après ces auteurs de réaliser un blocage de l'air par l'application de glycérine lors de la photopolymérisation et un ponçage des revêtements de résine existants pour obtenir des empreintes au PVL sans défaut, quel que soit le type d'adhésifs utilisés. A noter que l'application de glycérine peut être éventuellement remplacée par la mise en place d'éthanol 70° sur un coton imprégné à la surface de l'adhésif avant la polymérisation du composite. Cette méthode est tout à fait réalisable en bouche à contrario d'articles comme par exemple celui de Essam S. Shawkat *et al.* (36) où la création d'une barrière pour l'oxygène est réalisée par une boîte de gants scellée. Pour le moment, le polyéther en tant que matériau d'empreinte ne peut être recommandé avec l'IDS en raison d'une incidence élevée d'empreintes défectueuses.

4. LIMITES DE LA REVUE DE LA LITTÉRATURE :

Cette revue systématique de la littérature regroupe une sélection d'articles réalisée par une seule personne indépendante. Bien qu'elle ait été faite de manière rigoureuse, cela représente une source d'erreurs potentielles. Le choix des articles ainsi que l'extraction des données auraient idéalement dû être réalisés par au moins deux opérateurs ce qui aurait permis d'évaluer l'accord entre les observateurs (indice Kappa de Cohen).

Par ailleurs, cette revue regroupe un nombre faible d'article en anglais ou français sur le sujet abordé. Trois bases de données ont été interrogées : DOSS, PUBMED et SCOPUS. Bien que celles-ci permettent d'englober la très grande majorité des articles, il est possible que certains articles appartenant à d'autres bases de données aient été exclus. De plus, la sélection réalisée en fonction des titres et des résumés des articles ne nous permet pas d'effectuer une sélection convenable. En effet, les titres et résumés peuvent paraître peu significatifs et nous entraînent à exclure des articles qui, une fois lecture complète, pourraient être introduits dans notre revue. Aussi, dans plusieurs études, le nombre d'échantillons est faible. La pertinence des résultats peut alors être mise en cause.

Enfin, les connaissances sur la couche inhibée par l'oxygène, son impact et sa gestion restent à l'heure actuelle faibles. En effet, bien que cette couche soit aujourd'hui connue et considérée dans les protocoles de collage, il a été difficile de trouver des notions précises sur celle-ci, ce qui a été un véritable frein dans l'avancée de la revue systématique de la littérature.

Il semble alors nécessaire que d'autres études soient menées sur le sujet afin d'en approfondir les connaissances. Ce qui permettrait de comprendre pourquoi certaines études montrent des résultats favorables à OIL alors que d'autres non. Des recherches pourraient être menées sur des échantillons plus grands, utilisant à chaque fois différents systèmes adhésifs. De même, la question de l'isolation de l'oxygène lors de la polymérisation pourrait être approfondie. Cette dernière semble pouvoir être réalisée cliniquement par l'apposition de glycérine ou d'alcool à 70° par un coton imprégné. Il serait intéressant de comparer dans un échantillon conséquent ces deux techniques afin de mettre en évidence celle émanant des résultats les plus intéressants.

Enfin, aucune étude n'est réalisée en ayant pour substrat le ciment. Une recherche plus approfondie à ce sujet permettrait éventuellement la découverte de connaissances sur ce type de collage, et ainsi faire évoluer les protocoles.

CONCLUSION :

A ce jour, bon nombre d'articles relaient des informations concernant le collage en général, ainsi que sur l'efficacité des différents matériaux mis sur le marché. Cependant, peu d'entre eux traitent précisément de la présence de la couche inhibée par l'oxygène formée lors du collage et de son impact sur les restaurations collées directes ou indirectes.

Cette revue systématique a permis de mettre en avant plusieurs éléments :

- La présence ou l'absence de la couche inhibée par l'oxygène n'induit pas de différence significative sur la résistance au cisaillement ou à la traction ;
- Il n'y a pas de consensus précis pour les forces de liaison et l'énergie libre de surface car les valeurs divergent avec ou sans la couche inhibée par l'oxygène ;
- La force de liaison est plus élevée si le temps de polymérisation recommandé par le fabricant est respecté ;
- Une polymérisation trop puissante entraîne une destruction trop rapide du nombre de photo-initiateurs présents, et ainsi crée une polymérisation incomplète ;
- La présence de la couche inhibée par l'oxygène entraîne une interaction avec les matériaux d'empreinte entraînant de possibles erreurs d'élaboration des pièces prothétiques ;
- Cette couche peut être éliminée en bouche par deux techniques, à savoir le passage d'un coton imprégné d'alcool à 70° ou encore en réalisant la photopolymérisation sous une couche de glycérine.

Certaines précautions sont donc à prendre lors de l'élaboration des étapes cliniques afin d'obtenir des travaux plus précis et pérennes. D'autres études doivent cependant être menées sur le sujet afin de confirmer les résultats trouvés et d'approfondir les connaissances sur cette couche non polymérisée.

BIBLIOGRAPHIE

1. TIRLET G, ATTAL J-P. Le Gradient thérapeutique, un concept médical pour les traitements esthétiques. *Information Dentaire* 2009;(41/42):2561–2568.
2. Lasserre J-F. Fusion: art et nature dans les restaurations céramiques. Berlin, Paris [etc. (France)]: Quintessence publishing; 2020. xvii+315+ix+441.
3. Degrange M. Les systèmes adhésifs amélo-dentaires. *Société Francoph Biomatériaux Dent.* 2005;29.
4. Van Landuyt KL, Snauwaert J, De Munck J, Peumans M, Yoshida Y, Poitevin A, et al. Systematic review of the chemical composition of contemporary dental adhesives. *Biomaterials.* sept 2007;28(26):3757- 85.
5. Étienne O, Anckenmann L, Watzki D. Restaurations esthétiques en céramique collée. Malakoff (France): Éditions CdP; 2016. 353 p. (JPIO).
6. Lussi A, Schaffner M. Évolution en odontologie restauratrice. Paris, Berlin [etc. ()]: Quintessence International; 2013. viii+264.
7. Roulet J-F, Degrange M. Collages et adhésion: la révolution silencieuse. Paris, Chicago [etc. ()]: Quintessence International; 2000. 358 p.
8. Shen J. Advanced Ceramics for Dentistry. Oxford: Elsevier Science & Technology; 2013.
9. Guastalla O, Viennot S, Allard Y. Collages en odontologie. *EMC - Odontol.* 2005;1(3):193-201.
10. Buonocore MG, Matsui A, Gwinnett AJ. Penetration of resin dental materials into enamel surfaces with reference to bonding. *Arch Oral Biol.* 1968;13(1):61-IN20.
11. Skupien JA, Susin AH, Angst PDM, Anesi R, Machado P, Bortolotto T, et al. Micromorphological Effects and the Thickness of the Hybrid Layer -- A Comparison of Current Adhesive Systems. *J Adhes Dent.* 2010;12(6):435-42.
12. Breschi L, Mazzoni A, Ruggeri A, Cadenaro M, Di Lenarda R, De Stefano Dorigo E. Dental adhesion review: Aging and stability of the bonded interface. *Dent Mater.* janv 2008;24(1):90-101.
13. Chun K, Choi H, Lee J. Comparison of mechanical property and role between enamel and dentin in the human teeth. *J Dent Biomech* [Internet]. 2014 [cité 25 janv 2021];5. Disponible sur: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3924884/>
14. Lasfargues J-J, Colon P. Odontologie conservatrice et restauratrice : Tome 1 : Une approche médicale globale. *Email dentaire.* CdP. 2009. 480 p. (JPIO).

15. Pilavayan E, Anckenmann L, Etienne O. Assemblage des restaurations usinées en céramique : un choix raisonné. 2014;14:14.
16. Atash R, Van Den Abbeele A. Bond strengths of eight contemporary adhesives to enamel and to dentine: an in vitro study on bovine primary teeth. *Int J Paediatr Dent.* juill 2005;15(4):264-73.
17. Hikita K, Van Meerbeek B, De Munck J, Ikeda T, Van Landuyt K, Maida T, et al. Bonding effectiveness of adhesive luting agents to enamel and dentin. *Dent Mater.* janv 2007;23(1):71-80.
18. Cément.pdf [Internet]. [cité 26 oct 2021]. Disponible sur: <https://fmedecine.univ-setif.dz/Cours/C%C3%A9ment.pdf>
19. Toledano M, Osorio E, Aguilera FS, Gomes G, Perdigão J, Osorio R. Bond strength and nanoroughness assessment on human pretreated cementum surfaces. *J Dent.* août 2010;38(8):678-85.
20. Kikushima D, Shimada Y, Foxton RM, Tagami J. Micro-shear bond strength of adhesive systems to cementum. *Am J Dent.* 1 oct 2005;18(5):364-8.
21. Hayashi M. Adhesive Dentistry. *Dent Clin North Am.* oct 2020;64(4):633-43.
22. Fernandes J Virgílio Vilas Boas, Rodrigues JR, da Silva JMF, Pagani C, Souza ROA. Bond strength of a self-adhesive resin cement to enamel and dentin. *Int J Esthet Dent.* Spring 2015;10(1):146-56.
23. Senawongse P, Sattabanasuk V, Shimada Y, Otsuki M, Tagami J. Bond Strengths of Current Adhesive Systems on Intact and Ground Enamel. *J Esthet Restor Dent.* mars 2004;16(2):107-15.
24. Van Meerbeek B, De Munck J, Yoshida Y, Inoue S, Vargas M, Vijay P, et al. Buonocore Memorial Lecture - Adhesion to enamel and dentin: Current status and future challenges. *Oper Dent.* 2003;28(3):215-35.
25. Contemporary Esthetic Dentistry [Internet]. Elsevier; 2012 [cité 27 janv 2021]. Disponible sur: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/C20090393605>
26. Banerjee A, Lévy G. Dentisterie esthétique: traitements mini-invasifs. Issy-les-Moulineaux (France): Elsevier Masson; 2017. 324 p.
27. Putzeys E. Monomer release from direct and indirect adhesive restorations: A comparative in vitro study. *E N T M T E R S.* 2020;7.
28. Aboudharam G, Laurent M. Évo- lution et indications des reconstitu- tions corono- radiculaires indirec- tes. *Cah Prothèse.* 2001; 116: 61-71.
29. Decup F. Inlay onlay overlay... Paris (France): Éditions Espace id; 2015. 80 p. (L'essentiel).

30. Les restaurations partielles collées dans le traitement de molaires dépulpées [Internet]. LEFILDENTAIRE magazine dentaire. 2018 [cité 12 févr 2021]. Disponible sur: <https://www.lefildentaire.com/articles/clinique/esthetique/les-restaurations-partielles-collees-dans-le-traitement-de-molaires-depulpees/>
31. Moszner N, Salz U, Zimmermann J. Chemical aspects of self-etching enamel–dentin adhesives: A systematic review. *Dent Mater.* oct 2005;21(10):895-910.
32. Chevalier V, Pérard M. La photopolymérisation. *Biomatériaux Clin.* 2019;4:32-41.
33. Popović G, Djokić R. Photopolymerization of Dental Materials: Types and Characteristics of the Light Sources. *Serbian Dent J Stomatološki Glas Srb.* déc 2009;56(4):207-9.
34. Dr. A. RASKIN. Les résines composites Société Francophone des Biomatériaux Dentaires (SFBD). 2010.
35. Suh BI. Oxygen-inhibited layer in adhesion dentistry. *J Esthet Restor Dent.* 2004;16(5):316-23.
36. Shawkat ES, Shortall AC, Addison O, Palin WM. Oxygen inhibition and incremental layer bond strengths of resin composites. *Dent Mater.* 2009;25(11):1338-46.
37. Kim J-S, Choi Y-H, Cho B-H, Son H-H, Lee I-B, Um C-M, et al. Effect of light-cure time of adhesive resin on the thickness of the oxygen-inhibited layer and the microtensile bond strength to dentin. *J Biomed Mater Res - Part B Appl Biomater.* 2006;78(1):115-23.
38. Papacchini F, Dall’Oca S, Chieffi N, Goracci C, Sadek FT, Suh BI, et al. Composite-to-composite microtensile bond strength in the repair of a microfilled hybrid resin: Effect of surface treatment and oxygen inhibition. *J Adhes Dent.* 2007;9(1):25-31.
39. Dall’oca S, Papacchini F, Goracci C, Cury ÁH, Suh BI, Tay FR, et al. Effect of oxygen inhibition on composite repair strength over time. *J Biomed Mater Res - Part B Appl Biomater.* 2007;81(2):493-8.
40. Sehgal A, Rao YM, Joshua M, Narayanan LL. Evaluation of the effects of the oxygen-inhibited layer on shear bond strength of two resin composites. *J Conserv Dent JCD.* 2008;11(4):159-61.
41. Magne P, Nielsen B. Interactions between impression materials and immediate dentin sealing. *J Prosthet Dent.* 2009;102(5):298-305.
42. Ghivari S, Chandak M, Manvar N. Role of oxygen inhibited layer on shear bond strength of composites. *J Conserv Dent JCD.* 2010;13(1):39-41.
43. Koga K, Tsujimoto A, Ishii R, Iino M, Kotaku M, Takamizawa T, et al. Influence of oxygen inhibition on the surface free-energy and dentin bond strength of self-etch adhesives. *Eur J Oral Sci.* 2011;119(5):395-400.

44. Oyama K, Tsujimoto A, Otsuka E, Shimizu Y, Shiratsuchi K, Tsubota K, et al. Influence of oxygen inhibition on the surface free energy and enamel bond strength of self-etch adhesives. *Dent Mater J*. 2012;6.
45. Yamaji A, Koga K, Tsujimoto A, Shimizu Y, Tsubota K, Takamizawa T, et al. Influence of oxygen-inhibited layer on dentin bond strength of chemical-cured resin composite. *Eur J Oral Sci*. 2013;121(5):497-503.
46. Yamaji A, Tsujimoto A, Asaoka T, Matsuyoshi S, Tsuchiya K, Takamizawa T, et al. Effect of oxygen inhibition in two-step self-etch systems on surface free energy and dentin bond strength with a chemically cured resin composite. *J Oral Sci*. 2014;56(3):201-7.
47. Ueta H, Tsujimoto A, Barkmeier WW, Oouchi H, Sai K, Takamizawa T, et al. Influence of an oxygen-inhibited layer on enamel bonding of dental adhesive systems: Surface free-energy perspectives. *Eur J Oral Sci*. 2016;124(1):82-8.
48. Khakiani MI, Kumar V, Pandya HV, Nathani TI, Verma P, Bhanushali NV. Effect of Immediate Dentin Sealing on Polymerization of Elastomeric Materials: An Ex Vivo Randomized Controlled Trial. *Int J Clin Pediatr Dent*. 2019;12(4):288-92.
49. Piteu F, Ménard A, Lastrade A. Empreinte en prothèse fixée : polyéthers versus silicones par addition – Partie 1 [Internet]. *L'Information Dentaire*. [cité 23 nov 2021]. Disponible sur: <http://www.information.dentaire.fr/formations/empreinte-en-prothse-fixe-polythers-versus-silicones-par-addition/>
50. Ghiggi PC, Steiger AK, Marcondes ML, Mota EG, Burnett LH, Spohr AM. Does immediate dentin sealing influence the polymerization of impression materials? *Eur J Dent*. juill 2014;8(3):366-72.

Collège des Sciences de la Santé

UFR des Sciences Odontologiques

Serment

En présence de mes Maîtres et de mes condisciples, je promets et je jure d'être fidèle aux lois de l'honneur et de la probité dans l'exercice de l'art dentaire.

Je donnerai mes soins gratuits à l'indigent et n'exigerai jamais un honoraire au-dessus de mon travail. Ma langue taira les secrets qui me seront confiés. Admis à l'intérieur des maisons, mes yeux ne verront pas ce qui s'y passe.

Mes connaissances et mon état ne serviront ni à diffuser des propos non avérés, ni à corrompre les mœurs, ni à favoriser le crime.

Je ne permettrai pas que des conditions de croyance, de nation et de race viennent s'interposer entre mon devoir et mon patient.

Je promets et je jure de conformer strictement ma conduite professionnelle aux principes et aux règles prescrites par le code de déontologie.

Si je remplis ce serment sans l'enfreindre, qu'il me soit donné de jouir heureusement de la vie et de ma profession, honoré à jamais parmi les hommes. Si je le viole et que je me parjure, puissé-je avoir un sort contraire.



Vu, Le Président du Jury,

Date, Signature :

Vu, la Directrice de l'UFR des Sciences Odontologiques,

Date, Signature :

Vu, le Président de l'Université de Bordeaux,

Date, Signature :

TITRE : Impact de la couche inhibée par l'oxygène en dentisterie adhésive, revue systématique de la littérature.

RESUME :

Objectifs : Cette revue a pour but d'analyser si l'existence d'une couche non polymérisée retrouvée en surface des adhésifs et des résines n'est pas une source d'erreur lors des étapes d'élaboration des restaurations collées, et si elle n'entraîne pas leurs vieillissements prématurés.

Matériels et méthode : Il s'agit d'une revue systématique de la littérature réalisée selon la méthode PRISMA. DOSS, Pubmed et SCOPUS sont les bases de données interrogées. Les articles ont ensuite été sélectionnés en fonction des titres, des résumés et enfin d'une lecture complète avec différents critères d'inclusion et d'exclusion.

Résultats : 14 articles ont été sélectionnés. Des interactions entre les matériaux d'empreintes et les adhésifs sont mises en évidence. De plus, les résultats diffèrent concernant les forces de liaison et l'énergie libre de surface. Enfin, la résistance au cisaillement et à la traction ne présente pas de différence significative en fonction de la présence ou de l'absence de la couche inhibée par l'oxygène.

Conclusion : Des précautions sont à prendre quant à la réalisation d'empreinte suite à la mise en place d'adhésif dans la réalisation du collage d'une pièce prothétique. De plus, l'énergie libre de surface ainsi que les forces de liaison diffèrent en fonction de la présence ou non de la couche inhibée par l'oxygène. Enfin, la résistance au cisaillement et à la traction est semblable avec ou sans cette couche.

MOTS CLES : dentisterie adhésive, couche inhibée, inhibition par l'oxygène, liaison

TITLE : Impact of the oxygen inhibited layer in adhesive dentistry, a systematic review of the literature.

ABSTRACT :

Objectives: The aim of this study is to analyse whether the existence of an unpolymerised layer on the surface of adhesives and resins is a source of error in the fabrication of bonded restorations, and whether it leads to premature ageing.

Materials and methods: This was a systematic review of the literature using the PRISMA method. DOSS, Pubmed and SCOPUS were the databases searched. Articles were then selected on the basis of titles, abstracts and finally a full reading with different inclusion and exclusion criteria.

Results: 14 articles were selected. Interactions between impression materials and adhesives were found. In addition, the results differed regarding bond strength and surface free energy. Finally, the shear and tensile strength did not differ significantly depending on the presence or absence of the oxygen-inhibited layer.

Conclusion: Precautions should be taken when making impressions following the application of adhesive in the bonding of a prosthetic part. In addition, the surface free energy and bonding forces differ depending on the presence or absence of the oxygen-inhibited layer. Finally, the shear and tensile strength is similar with and without this layer.

KEYWORDS : adhesive dentistry, inhibited layer, oxygen inhibition, bonding.