

Systèmes adhésifs : évolution et efficacité

R. MAYOU, M. KARAMI, M. JABRI

*Adhesive systems:
evolution and efficiency*

RACHIDA MAYOU, Médecin résidente au service d'odontologie conservatrice/endodontie, au Centre hospitalier universitaire Ibn Rochd de Casablanca, Maroc. **MALIKA KARAMI**, Professeur agrégée en odontologie conservatrice/endodontie, au Centre hospitalier universitaire Ibn Rochd de Casablanca, Maroc. **MOUNA JABRI**, Professeur de l'enseignement supérieur en odontologie conservatrice/endodontie, au Centre hospitalier universitaire Ibn Rochd de Casablanca, Maroc.

INTRODUCTION

Avec la célébration récente du 60^e anniversaire de l'avènement de la dentisterie adhésive par les premiers travaux du docteur Michael Buonocore, considéré comme le pionnier de cette discipline, il a paru opportun et intéressant de faire le point sur l'évolution et l'efficacité des différents systèmes adhésifs proposés aujourd'hui aux cliniciens.

L'émail est un tissu essentiellement minéral et acellulaire, alors que la dentine se caractérise par la présence de phases organiques et aqueuses importantes. L'adhésion des résines à l'émail est maintenant établie, alors que le collage à la dentine fait encore l'objet de divergences d'attitudes cliniques et de controverses.

Les évolutions les plus récentes des systèmes adhésifs sont orientées vers une simplification des protocoles de mise en œuvre. Cependant, dans le même temps, le praticien peut être désorienté par la cadence de mise à disposition de nouveaux systèmes associée à la conservation de systèmes anciens. Faire un point sur l'évolution des systèmes adhésifs actuels et leurs applications cliniques apparaît nécessaire.

1. CLASSIFICATION DES SYSTÈMES ADHÉSIFS

Une classification historique des systèmes adhésifs ne prenant pas en compte leurs principes d'action et leurs performances a été initialement proposée. Cette classification ordonnait les systèmes adhésifs en « générations ». Mais il ne semble pas évident que chaque génération représente un apport thérapeutique par rapport à celle qui la précède. Il

INTRODUCTION

As the 60th birthday of adhesive dentistry developed with the first studies of Dr Michael Buonocore, known as the pioneer of the discipline, was recently celebrated, it seems relevant and interesting to review the evolution and the efficiency of the different types of adhesive currently available on the market.

The enamel is essentially a mineralized and acellular tissue while dentin is characterized by the presence of considerable organic and aqueous phases. If the adhesion of resins to enamel has been proven, bonding to dentin generates different clinical attitudes and still remains a controversial matter.

The most recent evolutions of adhesive systems are aiming at a simplification of the procedure protocols. But at the same time, practitioners may be confused by the pace and the quantity of new systems while preserving the former systems. Therefore, reviewing the evolution of the current adhesive systems and their clinical applications seems necessary.

1. ADHESIVE SYSTEMS CLASSIFICATION

The first classification of adhesive systems did not take into account their principles of action and their performances. This classification categorized adhesive systems according to the notion of "generation". However, we cannot be sure that every generation provides a new therapeutic improvement compared with its predecessor. It was thus necessary to write a more practical classification allowing to distinguish the following

s'est donc avéré nécessaire d'avoir recours à une classification plus pratique permettant de distinguer (Degrange, 2005 ; Ozer et Blatz, 2013 ; Pashley, 2004 ; Sezinando, 2014 ; Söderholma, 2007) :

- les systèmes nécessitant un mordantage suivi d'un rinçage préalable à leur emploi (M&R) ; on distingue les M&R3 et les M&R2 en fonction du nombre d'étapes mises en œuvre ;
- les systèmes appliqués directement sur les surfaces dentaires, sans mordantage préalable (SAM) ; n retrouve dans cette classe les SAM2 et les SAM1 (Degrange, 2004, 2005 ; Oliveira Da Rosa, 2015 ; Ozer et Blatz, 2013) ;
- la dernière évolution des systèmes adhésifs, présentée sous le nom d'« adhésif universel », pour lesquels le mordantage est optionnel suivant l'utilisation en mode M&R ou SAM (Chen et coll., 2015 ; Marchesi et coll., 2014 ; Oliveira Da Rosa, 2015 ; Sezinando, 2014).

1.1. SYSTÈMES ADHÉSIFS À MORDANTAGE ET RINÇAGE PRÉALABLE (M&R)

SYSTÈMES ADHÉSIFS AVEC MORDANTAGE PRÉALABLE À TROIS ÉTAPES (M&R3)

Ces adhésifs nécessitent trois étapes de mise en œuvre :

- mordantage avec une solution ou un gel, la plupart du temps d'acide phosphorique, suivi d'un rinçage ;
- application du primaire contenant de l'eau, des monomères hydrophiles, (souvent l'hydroxyethyl méthacrylate HEMA) et des solvants organiques (alcool/acétone) (Degrange, 2005) ;
- application de la résine adhésive, habituellement non chargée contenant principalement des monomères hydrophobes : Bis-GMA, TEDGMA ou UDMA hydrophiles comme l'HEMA (Alex 2015 ; Degrange, 2005, 2010 ; Guastalla et coll., 2005 ; Nakabayashi et Takarada 1992 ; Owens et Johnson, 2007 ; Ozer et Blatz, 2013 ; Sezinando, 2014 ; Van Dijken, 1999).

SYSTÈMES ADHÉSIFS AVEC MORDANTAGE PRÉALABLE À DEUX ÉTAPES (M&R2)

La simplification de ces systèmes a consisté à associer dans un même flacon, les éléments du primaire et ceux de la résine adhésive, et réduit ainsi à deux le nombre d'étapes (Alex, 2015 ; Chuang et coll., 2006 ; Degrange, 2005, 2010 ; Ozer et Blatz, 2013 ; Sezinando, 2014).

1.2. SYSTÈMES ADHÉSIFS AUTOMORDANTANTS (SAM)

Les systèmes adhésifs automordantants (SAM) contiennent tous de l'eau, nécessaire pour activer le potentiel acide des monomères hydrophiles qu'ils renferment (Alex, 2015 ; Degrange, 2004). On trouve également dans leur composition des solvants, des monomères hydrophobes, des amorceurs de polymérisation, des agents stabilisateurs et, parfois, des charges (Degrange, 2004). Ils répondent au même principe d'action que les adhésifs nécessitant un mordantage préalable : ils réalisent une couche hybride (Degrange, 2004, 2007, 2010 ; Owens et Johnson, 2007 ; Van Meerbreek et coll., 2005).

SYSTÈMES ADHÉSIFS AUTOMORDANTANTS À DEUX ÉTAPES (SAM2)

Pour ces systèmes, un primaire acide est appliqué dans un premier temps. Il déminéralise et infiltre simultanément les tissus dentaires calcifiés. Après évaporation de l'eau qu'il contient, par séchage, il est recouvert d'une résine adhésive, souvent chargée, dont la plupart des composants sont

categories (Degrange, 2005 ; Ozer and Blatz, 2013 ; Pashley, 2004 ; Sezinando, 2014 ; Söderholma 2007):

– Systems requiring etching followed by rinsing before their use: "ER" adhesives (for "etch-and-rinse" adhesive systems). There are ER3 and ER2 according to the number of steps in the procedure.

– Adhesive systems directly applied on dental surfaces, with no preliminary etching: "SE" adhesives (self-etch adhesive systems). In this category, we can find SEA2 and SEA1 (Degrange, 2005 ; Degrange, 2004 ; Oliveira Da Rosa 2015 ; Ozer and Blatz, 2013).

– The last evolution in the adhesive systems is called "universal adhesives": etching is optional whether it is used in ER or in SE mode (Chen et al., 2015 ; Marchesi et al., 2014 ; Oliveira Da Rosa 2015 ; Sezinando, 2014).

1.1. ADHESIVE SYSTEMS WITH PRELIMINARY ETCH AND RINSE (ERA: ETCH-AND-RINSE ADHESIVES)

THREE-STEP ETCH-AND-RINSE ADHESIVE SYSTEMS "ERA3"

These adhesives require a three-step procedure:

1. Etching with a phosphoric acid (in most cases) solution or gel followed by rinsing.
2. Application of a primer containing water, hydrophilic monomers, (generally hydroxyethylmethacrylate - HEMA) and organic solvents (alcohol/acetone) (Degrange, 2005).
3. Application of the usually unfilled adhesive resin containing mostly hydrophobic monomers: "Bis-GMA, TEDGMA or UDMA", hydrophilic like HEMA (Alex 2015 ; Degrange, 2005 ; Degrange, 2010 ; Guastalla et al., 2005 ; Nakabayashi and Takarada, 1992 ; Owens and Johnson, 2007 ; Ozer and Blatz, 2013 ; Sezinando, 2014 ; Van Dijken, 1999).

TWO-STEP ETCH-AND-RINSE ADHESIVE SYSTEMS "ERA2"

The simplification of these systems has consisted in associating in the same bottle the components of a primer and the components of an adhesive resin in order to complete the procedure in two stages instead of 3 (Alex 2015 ; Chuang et al., 2006 ; Degrange, 2005 ; Degrange, 2010 ; Ozer and Blatz, 2013 ; Sezinando, 2014).

1.2. SELF-ETCH ADHESIVE SYSTEMS "SEA"

All self-etch adhesive systems contain water. Water is necessary to activate the acid potential of the hydrophilic monomers (Alex 2015 ; Degrange, 2004). This kind of adhesives also contains solvents, hydrophobic monomers, polymerization initiators, stabilizing agents and sometimes fillers (Degrange, 2004). Their principles of action is the same as adhesives requiring preliminary etching: they form a hybrid layer (Degrange, 2007 ; Degrange, 2010 ; Degrange, 2004 ; Owens and Johnson, 2007 ; Van Meerbreek et al., 2005).

TWO-STEP SELF-ETCH ADHESIVE SYSTEMS "SEA2"

With these systems, an acid primer is first applied. It simultaneously demineralizes and infiltrates the calcified dental tissues. After the water contained in the primer has evaporated by drying, it is coated with an adhesive, often filled resin, mostly made of hydrophobic components (Alex 2015 ; Apap, 2007 ; De Munck et al., 2003 ; Degrange, 2007 ; Degrange, 2005 ; Degrange,

hydrophobes (Alex, 2015 ; Apap, 2007 ; De Munck et coll., 2003 ; Degrange, 2004, 2005, 2007, 2010 ; Ozer et Blatz, 2013 ; Paradella, 2007 ; Sezinando, 2014 ; Van Meerbreek et coll., 2005).

SYSTÈMES ADHÉSIFS AUTOMORDANÇANTS À UNE ÉTAPE (SAM1)

Un seul produit joue le rôle de mordançage, primaire et adhésif. Cette simplification extrême avait pour but de limiter les erreurs pratiques. Une incorporation de charges est possible (microcharges de verre, nanoparticules) permettant la répartition des contraintes (Alex 2015 ; Apap 2007 ; De Munck et coll., 2003 ; Degrange, 2004, 2005, 2010 ; Oliveira Da Rosa, 2015 ; Ozer et Blatz, 2013 ; Paradella, 2007 ; Sezinando, 2014 ; Van Meerbeek et coll., 2005).

1.3. SYSTÈMES ADHÉSIFS UNIVERSELS

Ces systèmes ne doivent pas être confondus avec les systèmes adhésifs automordançants, dits « tout en un », correspondant à la septième génération, même s'ils ont la même composition chimique (Luque-Martinez et coll., 2014), car ils présentent beaucoup plus d'indications que ces derniers, tout en utilisant un seul flacon de solution :

- ce sont des systèmes polyvalents : en fonction des situations cliniques, ils peuvent s'utiliser comme des M&R ou des SAM ;
- ils sont indiqués pour les obturations directes et indirectes ;
- ils sont compatibles avec les résines photopolymérisables ou autopolymérisables (chémo-polymérisable) et les résines fluides à prise duale (chimique et photonique) ;

Selon certains fabricants, ces systèmes adhésifs adhèrent aux résines composites, aux métaux précieux et non précieux (Alex, 2015), à la zircone (Alex, 2015 ; Amaral et coll., 2014 ; Chen et coll., 2015) et aux céramiques à base de silice. Des études cliniques font défaut (Alex, 2015 ; Chen et coll., 2015). Ils sont moins sensibles à la technique d'utilisation (Alex, 2015 ; Sezinando, 2014). Cependant, si ces systèmes représentent la tentative des fabricants d'élaboration d'un produit polyvalent dans la conception, de fait ils ne représentent pas la meilleure efficacité dans toutes les situations cliniques (Chen et coll., 2015).

2010; Degrange, 2004; Ozer and Blatz, 2013; Paradella, 2007; Sezinando, 2014; Van Meerbreek et al., 2005).

ONE-STEP SELF-ETCH ADHESIVE SYSTEMS "SEA1"

A single product is used as etching agent, primer and adhesive. This extreme simplification was supposed to limit the number of practical errors. Fillers can be incorporated (glass microfillers, nano-particles), allowing a proper distribution of constraints (Alex 2015; Apap, 2007; De Munck et al., 2003; Degrange, 2005; Degrange, 2010; Degrange, 2004; Oliveira Da Rosa 2015; Ozer and Blatz, 2013; Paradella, 2007; Sezinando, 2014; Van Meerbreek et al., 2005).

1.3. UNIVERSAL ADHESIVE SYSTEMS

These systems should not be mistaken with so-called "all-in-one" self-etch adhesives referring to the 7th generation, even if they do have the same chemical composition (Luque-Martinez et al., 2014), because they have many more indications than the latter, while using a single bottle of solution: - they are multi-purpose systems; according to clinical situations, they can be used as ERA or SEA.

- They are indicated for direct and indirect obturations.
- They are compatible with photopolymerizable or self-polymerizable (chemo-polymerizable) resins and dual-cure fluid resins (chemical and photonic).

- According to manufacturers, this type of adhesive systems can adhere to composite resins, to precious and non-precious metals (Alex 2015), to zirconium (Alex 2015; Amaral et al., 2014; Chen et al., 2015) as well as to silica-based ceramics. Clinical trials still need to be conducted (Alex 2015; Chen et al., 2015). These systems are less sensitive to technical factors (Alex 2015; Sezinando, 2014). However, if these systems reflect the manufacturers' attempt to create a multi-purpose product in the design, they have not proven to be the most efficient in all clinical situations (Chen et al., 2015).

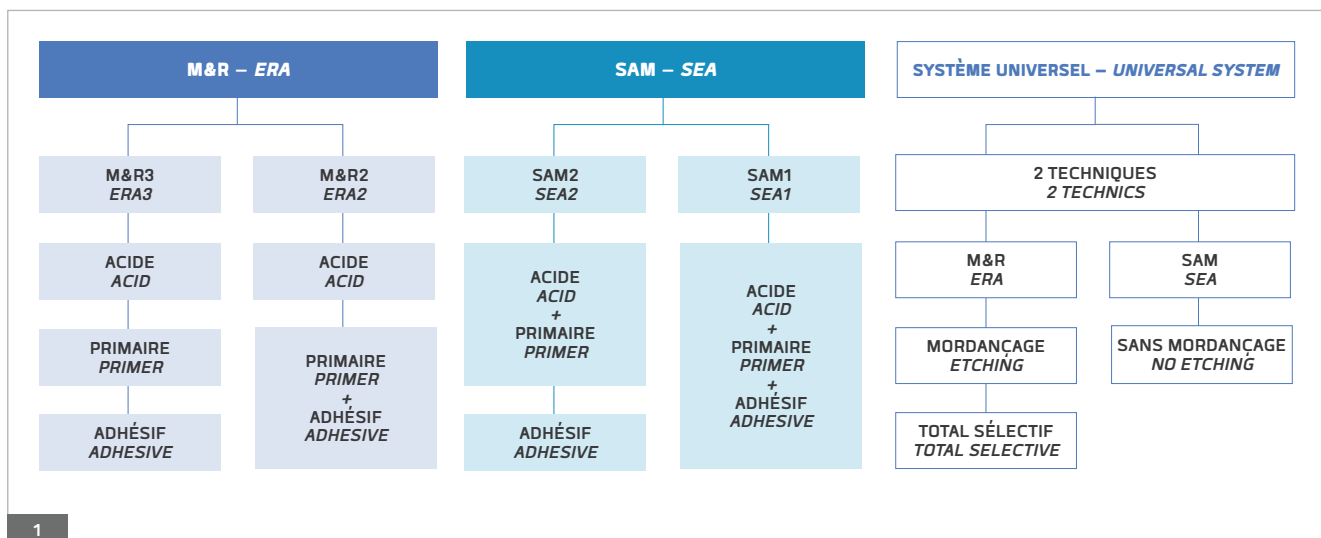


Fig. 1. Stratégies des systèmes adhésifs.

Fig. 1. Adhesive systems strategies.

2. EFFICACITÉ DES SYSTÈMES ADHÉSIFS

2.1. INFLUENCE DE L'ACIDITÉ DES AGENTS DE MORDANCAGE

Au niveau de l'émail, l'adhésion est liée au pH de la solution de mordancage. La plupart des études montrent que l'adhésion à l'émail préparé, obtenue avec les SAM, s'avère réduite par rapport à celle obtenue par l'acide phosphorique (Degrange, 2005).

Aujourd'hui, la force de liaison à l'émail des SAM à caractère acide fort, dont le pH est inférieur ou égal à 1, est proche de celle des M&R. Cette force de liaison reste supérieure à celle des SAM moyennement forts dont le pH est d'environ 1,5, alors que les SAM d'acidité faible dont le pH est d'environ 2 assurent la plus faible force de liaison car ils n'agissent que superficiellement avec l'émail (Van Meerbeek et coll., 2003).

Au niveau de la dentine, l'amplitude de l'attaque dépend du pH et de la force de l'acide employé. Pour un gel d'acide phosphorique à 35-40 %, il est conseillé de ne pas prolonger le temps de contact au-delà de 15 secondes. Pour les SAM, on pourrait penser *a priori* que la couche hybride qu'ils forment est complète puisque les monomères acides polymérisables atteignent nécessairement le front de déminéralisation. En fait, ce n'est pas totalement le cas, puisqu'une étude a montré que la déminéralisation dentinaire provoquée par un SAM1 à caractère acide fort pouvait se prolonger au-delà de leur polymérisation (Degrange, 2005).

Les SAM « forts » sont souvent documentés avec des valeurs de force de liaison plutôt basses (Yang et coll., 2005). Les SAM de faible acidité forment une couche hybride de petite épaisseur comparée à celle formée par les SAM forts et les M&R. Les SAM moyennement forts forment une double couche hybride, une supérieure complètement déminéralisée et une à la base partiellement déminéralisée (Yang et coll., 2005).

2.2. INFLUENCE DE L'OPÉRATEUR

L'expérience clinique joue un rôle important dans les procédures de collage : les plus faibles micro-infiltrations ont été trouvées pour les experts, ce qui souligne l'importance de l'expérience clinique. L'adhésion à la dentine est plus sensible à la technique de manipulation que l'adhésion à l'émail (Degrange, 2005 ; Gueders et Geerts, 2011 ; Margvelashvili et coll., 2010 ; Peutzfeldt et Asmussen, 2002 ; Reis et coll., 2007 ; Van Meerbeek et coll., 2010). La réussite dans la procédure d'application du système adhésif est conditionnée par le respect du mode d'emploi.

A. AGITATION AVANT UTILISATION. Les différentes phases des SAM ont tendance à se séparer naturellement lors du stockage. Cela se produit moins facilement avec les présentations unidoses (Apap, 2007 ; Degrange et Lapostolle, 2007).

B. MORDANCAGE. L'application du gel d'acide phosphorique à 30-40 % se fera d'abord sur la périphérie amélaire, puis sur la dentine (Besnaut et Colon, 2000).

C. MAÎTRISE DU DEGRÉ D'HUMIDITÉ DE LA DENTINE. Certains adhésifs type M&R2 nécessitent d'être déposés sur une dentine humide. Plusieurs techniques ont été proposées à cet effet :

– séchage progressif et doux à l'aide des seringues air/eau en se rapprochant délicatement de la préparation ;

2. EFFICIENCY OF THE VARIOUS ADHESIVE SYSTEMS

2.1. INFLUENCE OF THE ETCHING AGENTS ACIDITY
Concerning enamel, adhesion depends on the etching solution pH. Most of the studies show that adhesion to enamel prepared with a SEA is lower than when enamel is prepared with phosphoric acid (Degrange, 2005).

Nowadays, the bond strength to enamel provided by a SEA with high acidity level, the pH of which is lower or equal to 1, is close to the bond strength of an ERA. This bond strength remains higher than the bond strength of an averagely strong SEA with a pH of about 1.5, whereas SEA with a low acidity level and a pH of about 2 provide the lowest bond strength because their action on enamel remains superficial (Van Meerbeek et al., 2003). As far as dentin is concerned, the attack amplitude depends on the pH and the strength of the acid. For a 35-40% phosphoric acid gel, it is recommended not to leave it longer than 15 seconds.

As for SEA, we could a priori think that the hybrid layer they form is complete since polymerizable acid monomers necessarily reach the demineralization area. In fact, it is not always true: a study has shown that dentin demineralization caused by a SEA1 with high acidity could go on after the polymerization process (Degrange, 2005).

"Strong" self-etch adhesive systems have often been documented with rather low values of bond strength (Yang et al., 2005). SEA with low acidity form a hybrid layer which is rather thin compared with the one formed by strong SEA and by ERA. Moderately strong SE adhesives form a double hybrid layer : a totally demineralized upper layer and a partially demineralized base (Yang et al., 2005).

2.2. OPERATOR'S ROLE

Clinical experience plays an important role in bonding procedures: microinfiltrations were the smallest when experienced practitioners were at work and this observation underlines the importance of clinical experience. Adhesion to dentin is more sensitive to manipulation technique than adhesion to enamel (Degrange, 2005; Gueders and Geerts, 2011; Margvelashvili et al., 2010; Peutzfeldt and Asmussen, 2002; Reis et al., 2007; Van Meerbeek et al., 2010). Following the instructions for use results in a proper and thus successful application of the adhesive system.

1. SHAKE BEFORE USE. The various phases of SEA tend to part naturally during storage. It is less frequent with the single-dose bottles (Apap, 2007; Degrange and Lapostolle, 2007).

2. ETCHING. The 30-40% phosphoric acid gel will be first applied on the enamel periphery and then on dentin (Besnaut and Colon, 2000).

3. CONTROLLING DENTIN HUMIDITY LEVEL. Some types of adhesives such as ER2 need to be applied on humid dentin.

Several techniques can be used to reach this purpose.
– Progressive and soft drying with air/water syringes while slowly moving closer to the preparation.

- élimination des excès par simple aspiration avec la canule salivaire ;
- méthode de tamponnement :
 - séchage de la préparation modérément à l'air comprimé ;
 - imprégnation d'eau à l'aide d'un pellet de coton ou d'une microbrossette, selon la dimension de la préparation ;
 - essorage du pellet ou de la microbrossette sur un papier absorbant sec ;
 - enduction de l'applicateur humide sur la préparation : il absorbera l'eau en excès et humidifiera les zones trop sèches (De Munck et coll., 2003 ; Degrange et Lapostolle, 2007 ; Iwami et coll., 1998 ; Jacobsen et Siiderholm, 1995).

Il faut faire attention à la zone cervicale d'une cavité proximale pour laquelle il n'existe pas de voie d'échappement pour l'eau en excès et pour laquelle le contrôle visuel est parfois difficile (Besnault et Colon, 2000).

La maîtrise du degré d'humidité de la dentine est également conditionnée par l'utilisation d'un champ opératoire qui permet de maîtriser le contrôle visuel de la cavité et l'accès. Par ailleurs, ce champ prévient aussi la contamination par les fluides buccaux, garantissant ainsi un collage optimal (Terry, 2005 ; Weisrock et Brouillet, 2008).

D. PÉNÉTRATION DE L'ADHÉSIF. L'application de l'adhésif doit se faire avec une pression suffisante pour aider la pénétration du produit dans la dentine. L'emploi de microbrossettes est préférable à celui des pinceaux trop souples (Apap, 2007 ; Degrange et Lapostolle, 2007).

E. SÉCHAGE DE L'ADHÉSIF. Cette partie de la séquence est la plus critique, surtout pour les SAM, afin de permettre l'évaporation de l'eau et des solvants et de faciliter l'infiltration de la résine au niveau des microporosités créées par le mordantage. L'élimination correcte de l'eau et des solvants permet une meilleure qualité de polymérisation par la réduction de la distance entre les monomères (Luque-Martinez et coll., 2014). Il est important de suivre strictement la procédure préconisée par les fabricants. Les temps de séchage peuvent varier d'un système à l'autre. À ce stade, la dentine traitée doit être uniformément satinée. S'il persiste des zones mates, il faut appliquer à nouveau une couche d'adhésif (Apap, 2007 ; Degrange, 2007).

F. POLYMÉRISATION. L'adhésif doit toujours, et dans toutes les situations, être polymérisé avant la mise en place de la résine composite. Un temps d'irradiation augmenté par rapport à celui recommandé n'est pas préjudiciable à la bonne réalisation d'une couche hybride (Apap, 2007 ; Degrange et Lapostolle, 2007 ; Paradella, 2007). Des études ont montré qu'une polymérisation insuffisante des systèmes adhésifs peut réduire la force d'adhésion et augmenter le risque d'apparition de sensibilités postopératoires et de caries récurrentes (Strassler et Price, 2014 ; Wambier et coll., 2014).

2.3. SYSTÈMES ADHÉSIFS ET SENSIBILITÉS POSTOPÉRATOIRES

En général, les sensibilités postopératoires sont mineures et réversibles. Cependant, certaines, plus prononcées, peuvent imposer la dépose de la restauration. Sans que cela représente un échec, les sensibilités majeures peuvent matérialiser un défaut d'étanchéité ou une indication de restauration inadaptée (Baratier et Ritter, 2001 ; Perdigao, 2010 ; Toledano, 2006).

- Using a saliva cannula to eliminate the excess.
- Packing technique:
 - Dry moderately the preparation with compressed air.
 - Impregnate with water using a cotton pellet or a microbrush, according to the preparation size.
 - Wring out the pellet or the microbrush on a dry absorbing paper.

• Rub the preparation with the humid applicator. It will absorb excess water and moisten dry zones (De Munck et al., 2003; Degrange and Lapostolle, 2007; Iwami et al., 1998; Jacobsen and Siiderholm, 1995).

Special attention must be paid to the cervical zone of a proximal cavity in which excess water cannot escape and visual control may be difficult (Besnault and Colon, 2000).

The dentin humidity level can also be controlled with an operative field which allows to check visually the cavity and its access. Moreover, this field also prevents the contamination by oral fluids, providing thus optimal bonding (Terry 2005; Weisrock and Brouillet, 2008).

4. ADHESIVE PENETRATION. the adhesive must be applied with sufficient pressure to help its penetration in the dentin. It is recommended to use microbrush applicators rather than brushes with too flexible bristles (Apap, 2007; Degrange and Lapostolle, 2007).

5. DRYING THE ADHESIVE. this part of the process is the most challenging, particularly with SEA, since it must allow the evaporation of water and solvents and facilitate the infiltration of the resin in the microporosities created by etching. Indeed, a proper elimination of water and solvents allows a better quality of polymerization by reducing the distance between monomers (Luque-Martinez et al., 2014). It is important to scrupulously follow the procedure recommended by manufacturers. The times of drying may vary according to systems. At this stage, the treated dentin must have an even, satin-smooth aspect. If there are still matte zones, it is necessary to apply another layer of adhesive (Apap, 2007; Degrange, 2007).

6. POLYMERIZATION. the adhesive must always, and in all situations, be polymerized before the composite resin is placed. An irradiation time longer than the one recommended cannot hinder the proper formation of a hybrid layer (Apap, 2007; Degrange and Lapostolle, 2007; Paradella, 2007). Studies have shown that a defective polymerization of the adhesive systems can reduce bond strength and increase the risk of appearance of post-operative sensitivity and recurring caries (Strassler and Price, 2014; Wambier et al., 2014).

2.3. ADHESIVE SYSTEMS AND POSTOPERATIVE SENSITIVITY

Post-operative sensitivities are generally minor and reversible. In some cases however, restorations may need to be removed due to severe sensitivities. Although they do not necessarily represent a failure, major sensitivities can highlight a defective sealing or the indication of an unsuitable restoration (Baratier and Ritter, 2001; Perdigao, 2010; Toledano, 2006).

M&R. Il est bien établi que les boues dentinaires réduisent de manière conséquente plus de 80 % de la perméabilité dentinaire. Leur élimination augmente par conséquent le risque d'apparition des sensibilités dentino-pulpaires.

Ce risque est plus élevé avec les M&R2 car, avec un séchage insuffisant, l'eau résiduelle va créer des défauts à l'interface ; à l'inverse, un séchage excessif peut induire un collapsus du réseau collagénique, ce qui pourra entraîner des sensibilités postopératoires (Degrange, 2004, 2005, 2007, 2010).

SAM. Les boues dentinaires ne sont pas éliminées. Elles sont modifiées et stabilisées. L'imprégnation par les systèmes adhésifs automordançants va optimiser l'obturation des tubules, d'où peu de sensibilités postopératoires (Apap, 2007 ; Degrange, 2005, 2007 ; Marchesi et coll., 2014 ; Peumans et coll., 2005 ; Sezinando, 2014).

Les SAM sont plutôt indiqués dans les situations présentant un risque d'apparition de sensibilités postopératoires :

- dentine jeune caractérisée par des cavités volumineuses juxtapulpaires et de grand diamètre tubulaire ;
- cavité profonde caractérisée par une densité et un diamètre des tubuli dentinaires importants, ainsi que le volume et le flux du liquide dentinaire (Degrange, 2007, 2010 ; Mjör et Nordahl, 1996 ; Paradella, 2007 ; Perdigao et coll., 2010 ; Peumans et coll., 2005 ; Toledano, 2006 ; Unemori et coll., 2001 ; Yoshikawa et coll., 1999) ;
- par la rapidité de mise en œuvre, ils peuvent éventuellement convenir dans les situations cliniques où le risque de contamination par le sang ou la salive est présent (Apap, 2007 ; Degrange, 2007, 2010 ; Kermanshah et coll., 2010).

SYSTÈMES ADHÉSIFS UNIVERSELS. Le mordantage sélectif de l'émail avant l'application d'un adhésif universel doux sur émail et dentine semble se présenter comme la meilleure stratégie en vue d'optimiser la liaison et, indirectement, de réduire le risque d'apparition de sensibilités postopératoires (Oliveira et coll., 2015).

2.4. ADHÉSION DES SYSTÈMES ADHÉSIFS AUX TISSUS DENTAIRE

Les qualités d'adhésion doivent être immédiates et durables afin d'éviter les colorations marginales, les caries récurrentes, les sensibilités, voire la perte de la restauration (Degrange, 2005).

3. FORCE DE LIAISON DES M&R

Au niveau de l'émail, les M&R assurent la meilleure liaison (Ozer et Blatz, 2013 ; Sezinando, 2014 ; Van Meerbeek et coll., 2003) ; ils sont les plus indiqués au niveau des secteurs antérieurs compte tenu d'une aire de contact avec l'émail assez conséquente (Degrange, 2004, 2005, 2007, 2010 ; Van Duken, 1999).

Au niveau de la dentine, les systèmes adhésifs M&R à trois étapes présentent toujours une meilleure force de liaison à la dentine par rapport à tous les autres systèmes (Sezinando, 2014 ; Van Meerbeek et coll., 2003). Ils sont par ailleurs les plus tolérants aux différences de manipulation des opérateurs (Degrange, 2005).

ER: it is well-known that smear layers considerably reduce more than 80% of the dentin permeability. As a consequence, eliminating them significantly increases the risk of appearance of dentin-pulp sensitivities.

This risk is higher with ER2 because with insufficient drying, residual water will create defects in the interface; on the contrary, an excessive drying can damage the collagen network, thus generating post-operative sensitivity (Degrange, 2007; Degrange, 2005; Degrange, 2010; Degrange, 2004).

SEA: smear layers are not eliminated. They are modified and stabilized. The impregnation with self-etch adhesive systems will optimize the obturation of dentinal tubules, which results in very few cases of post-operative sensitivity (Apap, 2007; Degrange, 2007; Degrange, 2005; Marchesi et al., 2014; Peumans et al., 2005; Sezinando, 2014).

SEA are rather indicated in situations presenting a risk of post-operative sensitivities:

- *Young dentin characterized by voluminous juxtapulpal cavities and large tubular diameters.*
- *Deep cavity characterized by considerable density and diameters of dentin tubules, as well as a significant dentinal fluid volume and flow (Degrange, 2007; Degrange, 2010; Mjör and Nordahl, 1996; Paradella, 2007; Perdigao et al., 2010; Peumans et al., 2005; Toledano, 2006; Unemori et al., 2001; Yoshikawa et al., 1999).*
- *Due to the quick procedure, they may be suitable for clinical situations where there is a contamination risk via blood or saliva (Apap, 2007; Degrange, 2007; Degrange, 2010; Kermanshah et al., 2010).*

UNIVERSAL ADHESIVE SYSTEMS: selective etching of enamel before the application of a soft universal adhesive on enamel and dentin seems the best strategy to optimize bond strength and indirectly reduce the risk of appearance of post-operative sensitivities (Oliveira et al., 2015).

2.4. ADHESION OF THE VARIOUS ADHESIVE SYSTEMS TO DENTAL TISSUES

The efficiency of adhesion must be immediate and sustainable to avoid marginal stains, recurring caries, sensitivity, and even the loss of the restoration (Degrange, 2005).

3. ER BOND STRENGTH

ER adhesive systems provide the best bond strength on enamel (Ozer and Blatz, 2013; Sezinando, 2014; Van Meerbeek et al., 2003). They are the most indicated in anterior sectors considering the rather large contact zone with enamel (Degrange, 2007; Degrange, 2005; Degrange, 2010; Degrange, 2004; Van Duken 1999).

As for the dentin, the three-step ER adhesive systems still provide a better bond strength to the dentin compared with all other systems (Sezinando, 2014; Van Meerbeek et al., 2003). Moreover, they are the most compliant with the differences of manipulation according to operators (Degrange, 2005).

Ils sont indiqués en présence d'une dentine sclérotique, résultat d'une altération physiologique ou pathologique de la dentine saine (Taf et Pashley, 2004), où le collage est difficile compte tenu :

- de la réduction de l'épaisseur de la couche hybride ;
- de la réduction en nombre et en longueur des brides résineuses *resin tags* ;
- des modifications structurelles du treillis collagénique.

Les M&R3 sont des systèmes de choix, car la dissociation des trois étapes assure à chacun des composants un temps d'action suffisant (Florescu et coll., 2015 ; Guders et coll., 2004 ; Hedge, 2011 ; Karakaya et coll., 2008 ; Koubi et coll., 2008 ; Kwong et coll., 2002 ; Perdigao, 2010 ; Peumans et coll., 2005)

Au niveau de la dentine affectée, les M&R donnent les meilleurs résultats (Ceballos et coll. 2003 ; Ozer et Blatz, 2013 ; Perdigao, 2010).

4. FORCE DE LIAISON DES SAM

Au niveau de l'émail, les SAM adhèrent moins bien que les M&R parce qu'ils forment des reliefs moins rétentifs. Ainsi, l'intégrité des marges d'émail est moins bonne qu'avec les M&R (Apap, 2007 ; Degrange, 2005, 2007).

Pour assurer une liaison sans faille, la quasi-totalité des publications recommandent de mordancer les bords d'émail à l'acide phosphorique (Apap, 2007 ; Degrange, 2005 ; Koubi et coll., 2008 ; Ozer et Blatz, 2013 ; Sezinando, 2014 ; Van Meerbeek et coll., 2003 ; Wagner et coll., 2014).

Au niveau de la dentine, l'adhésion est souvent très bonne avec les auto-mordançants, mais les SAM1 sont moins performants que les SAM2 (Ozer et Blatz, 2013), et les deux sont majoritairement moins performants que ceux avec mordantage (Chuang et coll., 2006).

Le court temps d'application recommandé par le fabricant peut ne pas être suffisant pour permettre au mécanisme de liaison chimique d'avoir lieu pour les SAM à une étape, l'application de deux couches peut conduire à l'augmentation de la force de liaison initiale (Ozer et Blatz, 2013 ; Swathi et coll., 2014).

Les SAM sont indiqués à chaque fois que le risque de contamination de la préparation par les fluides buccaux est élevé (Apap, 2007 ; Degrange, 2007, 2010 ; Kermanshah et coll., 2010), et plutôt au niveau des dents postérieures qui présentent une surface dentinaire préparée importante (Apap, 2007 ; Degrange, 2005, 2007).

5. FORCE DE LIAISON DES SYSTÈMES UNIVERSELS

Au niveau de l'émail, la valeur d'adhésion des adhésifs universels est modérée, ce qui nécessite un mordantage préalable sélectif de l'émail dans le cas où l'on souhaite une adhésion à l'émail importante (Oliveira et coll., 2015 ; Wagner et coll., 2014).

Au niveau de la dentine, une étape de mordantage préalable permet d'augmenter la longueur des brides résineuses sans améliorer la force de liaison à la dentine (Oliveira et coll., 2015 ; Wagner et coll., 2014) ; sauf pour les adhésifs universels faiblement acides, des études ont démontré une amélioration de l'adhésion à la dentine après une étape de mordantage préalable (Oliveira et coll., 2015). Ainsi, quand le mordantage sélectif de l'émail s'avère difficile en fonction de la topographie cavitaire, le mordantage préalable de la dentine ne risque pas d'entraver la qualité de l'adhésion (Wagner et coll., 2014).

They are indicated in the presence of sclerotic dentin, resulting from a physiological or pathological alteration of healthy dentin (Taf and Pashley, 2004), when bonding is difficult due to:

- A reduced thickness of the hybrid layer.*
- The reduction of resin tags in number and in length.*
- The structural modifications of the collagen lattice.*

The ER3 are the systems of choice: the dissociation of the three steps provides an adequate time of reaction to each component (Florescu et al., 2015; Guders et al., 2004; Hedge, 2011; Karakaya et al., 2008; Koubi et al., 2008; Kwong et al., 2002; Perdigao, 2010; Peumans et al., 2005) As for the affected dentin, ER adhesives give better results (Ceballos et al., 2003; Ozer and Blatz, 2013; Perdigao, 2010).

4. SE BOND STRENGTH

Self-etch adhesives are less effective than etch-and-rinse adhesives on enamel because they create less retentive surfaces. The integrity of the enamel margins is thus less satisfactory than with ER adhesives (Apap, 2007; Degrange, 2007; Degrange, 2005).

In order to provide a reliable bond strength, almost all publications recommend to etch the enamel edges with phosphoric acid (Apap, 2007; Degrange, 2005; Koubi et al., 2008; Ozer and Blatz, 2013; Sezinando, 2014; Van Meerbeek et al., 2003; Wagner et al., 2014).

On dentin, bonding is often very good with SE adhesives, although SEA1 are less successful than SEA2 (Ozer and Blatz, 2013), and both are globally less successful than those requiring preliminary etching (Chuang et al., 2006). The short application time recommended by the manufacturer may not be sufficient to trigger the chemical bonding mechanism in one-step SE adhesives; applying two layers may increase the initial bond strength (Ozer and Blatz, 2013; Swathi et al., 2014).

SE adhesives are always indicated when the contamination risk of the preparation by oral fluids is high (Apap, 2007; Degrange, 2007; Degrange, 2010; Kermanshah et al., 2010), and preferably on posterior teeth presenting a large surface of prepared dentin (Apap, 2007; Degrange, 2007; Degrange, 2005).

5. BOND STRENGTH OF UNIVERSAL SYSTEMS

On enamel, the bonding value of universal adhesives is moderate; a selective preliminary etching of enamel is thus required whenever we need a strong adhesion to enamel (Oliveira et al., 2015; Wagner et al., 2014).

As far as dentin is concerned, preliminary etching allows to increase the length of resin tags but does not improve the bond strength to dentin (Oliveira et al., 2015; Wagner et al., 2014) - except for universal adhesives with low acidity; studies have shown improved adhesion to dentin after a stage of preliminary etching (Oliveira et al., 2015). So, when the selective etching of enamel turns out to be difficult due to the cavity topography, the preliminary etching of dentin will not impair the quality of adhesion (Wagner et al., 2014).

TABLEAU 1 – TABLE 1
 Proposition d'indication des systèmes adhésifs
Proposal of indications for the various adhesive systems

SITUATION CLINIQUE – <i>CLINICAL SITUATION</i>	SYSTÈME ADHÉSIF RECOMMANDÉ – <i>RECOMMENDED ADHESIVE SYSTEM</i>
Présence d'émail – <i>Presence of enamel</i>	M&R/Système adhésif universel avec mordançage préalable – <i>ER/Universal adhesive system with preliminary etching</i>
Dentine sclérotique – <i>Sclerotic dentin</i>	M&R3 – <i>ER3</i>
Dentine cariée – <i>Cariou dentin</i>	M&R/Système adhésif universel avec mordançage préalable – <i>ER/Universal adhesive system with preliminary etching</i>
Restaurations antérieures – <i>Anterior restorations</i>	M&R/Système adhésif universel avec mordançage préalable – <i>ER/Universal adhesive system with preliminary etching</i>
Restaurations postérieures – <i>Posterior restorations</i>	SAM/Système adhésif universel sans mordançage préalable – <i>SEA/Universal adhesive system with no preliminary etching</i>
Risque de contamination par le sang ou la salive – <i>Contamination risk via blood or saliva</i>	SAM/Système adhésif universel sans mordançage préalable – <i>SEA/Universal adhesive system with no preliminary etching</i>
Risque de sensibilités postopératoires (cavités profondes, dentine jeune) – <i>Risk of postoperative sensitivity (deep cavities, young dentin)</i>	SAM/Système adhésif universel sans mordançage préalable – <i>SEA/Universal adhesive system with no preliminary etching</i>
Lésions cervicales non carieuses – <i>Non-cariou cervical lesions</i>	M&R3 – <i>ER3</i>
Lésions cervicales carieuses – <i>Cariou cervical lesions</i>	SAM/Système adhésif universel sans mordançage préalable – <i>SEA/Universal adhesive system with no preliminary etching</i>

CONCLUSION

Les systèmes à mordançage et rinçage préalables (M&R) et les systèmes adhésifs automordançants (SAM) sont assez complémentaires puisque les inconvénients des uns correspondent aux avantages des autres.

Les cliniciens attendent une évolution des systèmes adhésifs vers une simplification et une plus grande sécurité dans le geste clinique. Si on admet que les systèmes universels progressent, on peut arguer que leur développement n'est pas encore fini ; ils répondront probablement à terme à toutes les situations cliniques mais le futur verra sans doute l'essor de résines composites auto-adhésives fiables et ne nécessitant aucun traitement de surface.

CONCLUSION

Adhesive systems requiring preliminary etching and rinsing (ER) and self-etch adhesive systems (SE) are rather complementary since the drawbacks of one category match the advantages of the other category. Clinicians are still expecting an evolution of the adhesive systems towards a simplification and a greater safety in the clinical procedure. Universal systems have certainly been improved over the years but their development is not finished yet; with time, they will probably provide a solution to all clinical situations, although reliable self-adhesive composite resins requiring no surface treatment will also be thriving in the future.

Traduction : Marie Chabin

BIBLIOGRAPHIE

- ALEX G. – Universal Adhesives: The Next Evolution in Adhesive Dentistry?. *Compend. Contin. Educ. Dent.*, 2015; 36: 15-26.
- AMARAL M., BELLI R., CESAR P.F., VALANDRO L. F., PETSCHLIT A., LOHBAUER U. – The potential of novel primers and universal adhesives to bond to zirconia. *J. Dent.*, 2014; 42: 90-98.
- APAP M. – Adhésifs auto-mordants un bon plan?. *Inform Dent.*, 2007; 43: 2804-2816.
- BARATIERI L.N., RITTER A.V. – Four-year clinical evaluation of posterior resin-based composite restorations placed using the total-etch technique. *J. Esthet. Restor. Dent.*, 2001; 13: 50-57.
- BESNAULT C., COLON P. – Dentisterie restauratrice. L'adhésion aux tissus dentaires. *Rev. Odontostomatol.*, 2000; 29: 209-216.
- CEBALLOS L., CAMMEJO D.G., FUENTES M.V., OSORIO R., TOLEDANO M., CARVALHO R.M., PASHLEY D.H. – Micro-tensile bond strength of total-etch and self-etching adhesives to caries-affected dentin. *J. Dent.*, 2003; 31: 469-477.
- CHEN C., NIU L.N., XIE H., ZHANG Z.Y., ZHOU L.Q., K. JIAO, CHEN J.H., PASHLEY D.H., TAY F.R. – Bonding of universal adhesives to dentine – Old wine in new bottles?. *J. Dent.*, 2015; 43: 525-536.
- CHUANG S.F., CHANG C.H., YAMAN P., CHANG L.T. – Influence of enamel wetness on resin composite restorations using various dentine bonding agents : Part I-effects on marginal quality and enamel microcrack formation. *J. Dent.*, 2006; 34: 343-351.
- DE MUNCK J., VAN MEERBEEK B., YOSHIDA Y., INOUE S., VARGAS M., SUZUKI K., LAMBRECHTS P., VANHERLE G. – Four-year Water Degradation of Total-etch Adhesives Bonded to Dentin. *J. Dent. Res.*, 2003; 82: 136-140.
- DEGRANGE M. – Les adhésifs qui requièrent un mordantage préalable sont-ils obsolètes?. *L'inf. dent.*, 2007; 4: 119-124.
- DEGRANGE M. – Les systèmes adhésifs amélo-dentaires. *Réal. clin.*, 2005; 16: 327-348.
- DEGRANGE M. – Réflexions sur 20 années de dentisterie adhésive. *L'inf. dent.*, 2010; 29: 14-20.
- DEGRANGE M. – Systèmes adhésifs auto-mordants. Une mode ou la voie du futur?. *L'inf. dent.*, 2004; 86: 917-925.
- DEGRANGE M., LAPOSTOLLE B. – L'expérience des Batailles des adhésifs bien connaître son adhésif – mieux l'employer. *L'inf. dent.*, 2007; 4: 113-117.
- FLORESCU A., EFREM I.C., HAIDOU C., HERTZOG R., BICLESANU F.C. – Microscopy comparative evaluation of the SE systems adhesion to normal and sclerotic dentin. *Rom. J. Morphol. Embryol.*, 2015; 56: 1051-1056.
- GUASTALLA O., VIENNOT S., ALLARD Y. – Collages en odontologie. *EMC-Odontologie.*, 2005; 1: 193-201.
- GUDERS A., GEERTS S., CHARPENTIER J. – Propositions d'améliorations de l'étanchéité des restaurations composites. *L'inf. Dent.*, 2004; 12: 725-732.
- GUEDERS A., GEERTS S. – Relationship between operator skill and in vitro microleakage of different adhesive systems in class V restorations. *Int. Sch. Res. Net. Dent.*, 2011: 1-7.
- HEDGE J. – Sclerotic dentin: Clinical implications in restorative dentistry. *E-J Dent.*, 2011; 1: 5-6.
- IWAMI Y., YAMANOTO H., KAWAI K., EBISU S. – Effect of enamel and dentin surface wetness on shear bond strength of composites. *J. Prosth. Dent.*, 1998; 80: 20-26.
- JACOBSEN T., SIIDERHOLM K.J. – Some effects of water on dentin bonding. *Dent. Mat.*, 1995; 11: 132-136.
- KARAKAYA S., UNLU N., SAY E. C., OZER F., SOYMAN M., TAGAMI J. – Bond strengths of three different dentin adhesive systems to sclerotic dentin. *Dent. Mater. J.*, 2008; 27: 471-479.
- KERMANSHAH H., GHARBRAEI SH., BITARAF T. – Effect of salivary contamination during different bonding stages on shear dentin bond strength of one-step self-etch and total etch adhesive. *J. Dent. The. Univ. Med. Sci.*, 2010; 7: 132-138.
- KOUBI S.A., BROUILLET J.L., FAUCHER A., KOUBI G., TASSERY H. – Nouveaux concepts en dentisterie esthétique. *EMC médecine buccale.*, 2008; 23-250-A-12.
- KOUBI S.A., TASSERY H., BUKIET F. – Lésions cervicales. Des problématiques cliniques au traitement. *EMC médecine buccale.*, 2008; 28-646-C-10.
- KWONG S.M., CHEUNG G.S.P., KEI L.H., ITTHAGARUN A., SMALES R.J., TAY F.R., PASHLEY D.H. – Micro-tensile bond strengths to sclerotic dentin using a self-etching and a total-etching technique. *Dent. Mater.*, 2002; 18: 359-369.
- LUQUE-MARTINEZ I.V., PERDIGÃO J., MUÑOZ M. A., SEZINANDO A., REIS A., LOGUERCIO A.D. – Effects of solvent evaporation time on immediate adhesive properties of universal adhesives to dentin. *Dent. Mater.*, 2014; 30: 1126-1135.
- MARCHESI G., FRASSETTO A., MAZZONI A., APOLONIO F., DIOLOSA M., CADENARO M., DI LENARDA R., PASHLEY H., TAY F., BRESCHI L. – Adhesive performance of a multi-mode adhesive system: 1-Year in vitro study. *J. Dent.*, 2014; 42: 603-612.
- MARGVELASHVILI M., GORACCI C., BELOICA M., PAPANICHINI F., FERRARI M. – In vitro evaluation of bonding effectiveness to dentin of all-in-one adhesives. *J. Dent.*, 2010; 38: 106-112.
- MJÖR I.A., NORDAHL I. – The density and branching of dentinal tubules in human teeth. *Arch. Oral. Biol.*, 1996; 41: 401-412.
- NAKABAYASHI N., TAKARADA K. – Effect of HEMA on bonding to dentin. *Dent. Mater.*, 1992; 8: 125-130.
- OLIVEIRA DA ROSA W.L., PIVA E., SILVA A.F. – Bond strength of universal adhesives: A systematic review and meta-analysis. *J. Dent.*, 2015; 43: 765-776.
- OWENS B.M., JOHNSON W.W. – Effect of Single Step Adhesives on the Marginal Permeability of Class V Resin Composites. *Oper. Dent.*, 2007; 32: 67-72.
- OZER F., BLATZ M. B. – Self-etch and etch-and-rinse adhesive systems in clinical dentistry. *Compend. Contin. Educ. Dent.*, 2013; 34: 12-14.
- PARADELLA T.C. – Current adhesive systems in dentistry – what is being said and researched. *Odontol. clin.-cient.*, 2007; 6: 293-298.
- PASHLEY D.H. – The evolution of dentin bonding from no-etch to total-etch to self-etch. *Adhes. Tech. Sol.*, 2004; 1: 1-6.
- PERDIGAO J. – Dentin bonding-Variables related to the clinical situation and the substrate treatment. *Dent. Mater.*, 2010; 26: 2, e24-e37.
- PERDIGAO J., GERALDELI S., HODGES J.S. – Total-etch versus self-etch adhesive. Effect on post-operative sensitivity. *J. Am. Dent. Assoc.*, 2003; 134: 1621-1629.
- PEUMANS M., DE MUNCK J., VAN LANDUYT K., LAMBRECHTS P., VAN MEERBEEK B. – Three-year clinical effectiveness of a two-step self-etch adhesive in cervical lesions. *Euro. J. Oral. Sci.*, 2005; 113: 512-518.
- PEUMANS M., KANUMILLI P., DE MUNCK J., VAN LANDUYT K., LAMBRECHTS P., VAN MEERBEEK B. – Clinical effectiveness of contemporary adhesives : A systematic review of current clinical trials. *Dent. Mater.*, 2005; 21: 864-881.
- PEUTZFELDT A., ASMUSSEN E. – Adhesive systems : effect on bond strength of incorrect use. *J. Adhesive. Dent.*, 2002; 4: 233-242.
- REIS A., GRANDE R.H.M., OLIVEIRA G.M.S., LOPES G.C., LOGUERCIO A.D. – A 2-year evaluation of moisture on microtensile bond strength and nanoleakage. *Dent. Mater.*, 2007; 23: 862-870.
- SEZINANDO A. – Looking for the ideal adhesive – A review. *Rev. Port. Estomatol. Med. Dent. Cir. Maxillofac.*, 2014; 55: 194-206.
- SÖDERHOLMA K.M. – Dental Adhesives.. How it All Started and Later Evolved. *J. Adhes. Dent.*, 2007; 9: 227-230.
- STRASSLER H.E., PRICE R.B. – Understanding Light Curing. Part 1: Delivering Predictable and Successful Restorations. *Dent. Today.*, 2014; 33: 114, 116, 118.
- SWATHI A., JAYAPRAKASHTH., CHANDRASEKHAR V. – Effect of single and multiple consecutive applications of all-in-one adhesive on tensile bond strength to dentin. *J. Interdiscip. Dentistry.*, 2014; 4: 81-85.
- TAY F. R., PASHLEY D. H. – Resin bonding to cervical sclerotic dentin: a review. *J. Dent.*, 2004; 32: 173-196.
- TERRY D. A. – An essential component to adhesive dentistry : the rubber dam. *Pract. Proced. Aesthet. Dent.*, 2005; 17: 106, 108.
- TOLEDANO C. – Composites postérieurs : comment éviter les sensibilités postopératoires. *Clinic.*, 2006; 27: 1-11.
- UNEMORI M., MATSUYA Y., AKASHI A., GOTO Y., AKAMINE A. – Composite resin restoration and postoperative sensitivity : clinical follow-up in an undergraduate program. *J. Dent.*, 2001; 29: 7-13.
- VAN DIJKEN J.W.V. – Systèmes Adhésifs Amélo-Dentaires à plusieurs étapes et systèmes simplifiés. *Réal. Clin.*, 1999; 10: 199-222.
- VAN MEERBEEK B., DE MUNCK J., YOSHIDA Y., INOUE S., VARGAS M., VIJAY P., VAN LANDUYT K., LAMBRECHTS P., VANHERLE G. – Buonocore memorial lecture : Adhesion to enamel and dentin: current status and future challenges. *Oper. Dent.*, 2003; 28: 215-235.
- VAN MEERBEEK B., PEUMANS M., POITEVIN A., MINE A., VAN ENDE A., NEVES A., DE MUNCK J. – Relationship between bond-strength tests and clinical Outcomes. *Dent. Mater.*, 2010; 26: e100-e121.
- VAN MEERBEEK B., VAN LANDUYT K., DE MUNCK J. – Technique-Sensitivity of Contemporary Adhesives. *Dent. Mater. J.*, 2005; 24: 1-13.
- WAGNER A., WENDLER M., PETSCHLIT A., BELLI R., LOHBAUER U. – Bonding performance of universal adhesives in different etching modes. *J. dent.*, 2014; 42: 800-807.
- WAMBIER L., MALAQUIAS T., WAMBIER DS, PATZLAFF RT, BAUER J., LOGUERCIO AD, REIS A. – Effects of prolonged light exposure times on water sorption, solubility and cross-linking density of simplified etch-and-rinse adhesives. *J. Adhes. Dent.*, 2014; 16: 229-234.
- WEISROCK G., BROUILLET J.L. – Le champs opératoire évidemment. *Inform dent.*, 2008; 42: 2525-2529.
- YANG B., ADELUNG R., LUDWIG K., BOBMANN K., PASHLEY D.H., KERNA M. – Effect of structural change of collagen fibrils on the durability of dentin bonding. *Biomater.*, 2005; 26: 5021-5031.
- YOSHIKAWA T., SANO H., BURROW M.F., TAGAMI J., PASHLEY D.H. – Effects of Dentin Depth and Cavity Configuration on Bond Strength. *J. Dent. Res.*, 1999; 78: 898-905.