

LES ADHÉSIFS DE CINQUIÈME GÉNÉRATION

Revue de littérature

INTRODUCTION

En ce début du XXI^{ème} siècle, l'adhésion est partout. En dentisterie, le matériau collé utilisé le plus souvent est le composite. Le défaut majeur des composites photopolymérisables est la contraction de polymérisation, formant un espace, particulièrement concentré au niveau de l'interface dentinaire. Cette force de contraction génère généralement 7 Mpa de stress (9,34). Mais cette valeur varie en fonction de la forme de la cavité. En effet, quand la contraction de polymérisation se fait dans une seule direction (le composite ne touchant qu'une surface dentaire), le stress généré au niveau de l'interface dent-restauration est évalué à 2-3 Mpa. Par contre, quand les forces de contraction s'exercent dans les trois dimensions de l'espace, le stress est de l'ordre de 20 Mpa dans le cas où 2/3 de la surface totale du composite est en contact avec la structure dentinaire. (10)

Une force d'adhésion de 17-20 Mpa a été définie comme étant la valeur critique nécessaire pour compenser la force de contraction du composite (6). Si la contraction est plus importante que la force d'adhésion, cela peut mener à l'apparition d'une percolation avec passage de bactéries, de fluide, de molécules entre les parois cavitaires et le matériau de reconstruction.

~~La survie à long terme de l'obturation est ainsi compromise. De plus, les micro-déhiscences à l'origine de la percolation peuvent créer des changements pathologiques au sein de la pulpe des dents reconstruites en composite et être, par exemple, à l'origine de sensibilités.~~ (6,33)

C'est dans le but de remédier à ce problème que de nombreuses recherches ont été réalisées : les adhésifs de quatrième génération sont nés et à l'heure actuelle, l'efficacité de la plupart de ces produits n'est plus mise en doute.

Dorénavant, les recherches vont dans le sens d'une simplification des protocoles de collage multiséquentiels (caractéristiques des adhésifs de quatrième génération) et d'un gain de temps, tout en conservant un niveau d'adhésion excellent et une percolation acceptable. C'est ainsi que se sont développés les adhésifs de cinquième génération. Leur utilisation ne nécessite plus que une ou deux étapes : etching + primer/bonding ou condyprimer + bonding ou les trois en un. Mais ces adhésifs sont-ils aussi efficaces que leurs prédécesseurs ? Sont-ils capables d'assurer une reconstruction hermétique ?

Tentons de répondre à ces questions et de mettre en évidence les conseils pratiques d'utilisation de ces produits afin d'optimiser la réalisation des reconstructions collées.

I. RAPPELS

l'*adhésion* peut être définie comme étant l'union d'une surface à une autre avec laquelle elle est en contact intime.

• Caractéristiques de l'adhésion.

Le critère le plus important de l'adhésion de deux matériaux est qu'ils soient en contact suffisamment proche et intime. Lorsque deux matériaux qui doivent être collés ne présentent pas d'affinité particulière l'un pour l'autre, des promoteurs d'adhésion doivent être utilisés.

Ces substances peuvent, soit réagir avec les deux matériaux de façon à établir leur adhésion, soit être utilisés comme "primaires" car ils modifient la surface d'un substrat pour permettre le mouillage de l'adhésif. Ces promoteurs sont surtout essentiels pour le collage de la dentine.

POUR QU'UN COLLAGE SOIT EFFICACE, IL DOIT Y AVOIR CONTACT INTIME ENTRE LE SUBSTRAT ET L'ADHESIF.

Pour y parvenir, les différents partenaires doivent être parfaitement préparés l'un pour l'autre :

- conditionnement de surface pour générer une rugosité
- mouillabilité appropriée de l'adhésif (viscosité et tension de surface)
- absence de toute contamination du substrat dentaire

• Adhésions amélaire et dentinaire.

De très nombreuses études ont démontré que l'émail, soumis à un etching puis enduit d'adhésif, fournirait un bien meilleur collage, une plus grande herméticité par rapport à l'adhésion obtenue par la même technique utilisée sur de la dentine.

Liaison amélaire.

La liaison amélaire est une liaison essentiellement mécanique grâce à des microrétentions par micro-reliefs et anfractuosités. Celle-ci n'est possible qu'après application d'une solution acide qui va entraîner :

- une perte de substance en surface : dissolution émail superficiel sur 8 à 10 μm ;
- la création d'anfractuosités par dissolution partielle des prismes d'émail sur 15 à 125 μm (ces deux premiers facteurs dépendent essentiellement du pH, de la concentration, de la viscosité de l'acide et du temps d'application) ;
- une augmentation de surface ;
- une augmentation de l'énergie libre de surface.

Pour que l'adhésion à l'émail soit optimale, celui-ci :

- doit être bien débarrassé de tout acide, de précipités et sels minéraux en solution par un rinçage abondant à l'eau ;
- doit être débarrassé de toute humidité,
- ne doit pas être contaminé par la salive ou même la vapeur d'eau.

En pratique, il existe deux types de traitement de l'émail (et de la dentine) par de l'acide,

1. Total etch= acide phosphorique 10% avec un traitement simultané de l'émail et de la dentine. Ce protocole d'utilisation nécessiterait une durée d'application plus importante au niveau de l'émail.

2. Acide phosphorique à 37% = mordantage avec application moins importante au niveau de la dentine. Cette concentration fournit une très bonne dissolution du calcium et une bonne profondeur d'etching (34).

En ce qui concerne le temps d'application de l'etching, des études ont montré (au microscope électronique) que 15 secondes d'application étaient suffisantes pour obtenir un bon etching (34).

Les dernières générations d'adhésifs peuvent se présenter sous la forme d'agents auto-mordants qui agissent au travers de la couche de boue dentinaire et dans la dentine sous-jacente sur +/- 1 μm . On obtient ainsi une bonne adhérence à la dentine mais le mordantage au niveau de l'émail est minime (30).

Liaison dentinaire.

La dentine parcourue par ses tubuli (+/- 30.000 / mm^2) est une structure poreuse qui devrait être propice à la formation d'une liaison mécanique avec la résine. Or la résine n'y adhère pas.

Ce phénomène trouve deux explications.

1. Présence de *boue dentinaire* appelée aussi enduit résiduel de fraisage (1 à 7 μm) et constituée d'hydroxyapatite et de collagène modifié. Les adhésifs actuels recourent à son élimination totale ou à sa dissolution en la laissant en place.

2. *Hydrophilie* de la surface dentinaire.

L'hydrophilie de la dentine est double par sa composition et par son fluide dentinaire situé dans les tubuli. Elle ne permet donc que l'adhésion des substances solubles dans l'eau. Or les résines adhésives sont hydrophobes. Cette adhésion nécessite donc un traitement préalable de la dentine, par les apprêts des adhésifs dentinaires.

	DENTINE	EMAIL
Minéraux	45 vol%	86vol%
Protéines (collagène)	30vol%	2vol%
Eau	25vol%	12vol%

Nous venons de souligner l'importance d'un traitement préalable de la dentine par les apprêts dentinaires mais, en réalité, la situation est plus complexe. C'est ainsi qu'en fonction du système adhésif utilisé, on doit enlever ou laisser la boue dentinaire. La technique pour éliminer cette couche est un mordantage par de l'acide (souvent combiné au traitement de l'émail). Celui-ci entraîne simultanément la création d'une couche de dentine déminéralisée.

De même, le traitement de la couche dentinaire décalcifiée varie aussi, avant l'application du primer, en fonction de l'adhésif employé. Deux grandes techniques s'opposent : soit le fabricant recommande de sécher légèrement la surface dentinaire mordancée, soit il recommande de la laisser plus humide (= eau en excès après le rinçage de l'etching), afin que le solvant de l'adhésif pénètre plus facilement la couche de dentine et "déplace" lui-même l'eau. Dans les deux cas, on a une déshydratation du collagène exposé par etching.

DÉSHYDRATATION DU COLLAGÈNE DE LA DENTINE EXPOSÉE PAR UN MORDANCAGE	
Avant l'application d'adhésif, séchage par jet d'air	Assèchement de la dentine par application de solvants contenus dans l'adhésif.
Perte d'eau rapide au niveau des espaces interfibrillaires du collagène exposé Collapsus des fibres de collagène	Adhésif appliqué sur une surface dentinaire mordancée, légèrement humide et la dentine est asséchée par le solvant contenu dans celui-ci (ex les adhésifs "one-bottle" de cinquième génération).
REEXPANSION possible des fibres de collagène Collabées par l'utilisation de primer à base d'eau. (ex : Scotchbond Multipurpose)	Remplacement progressif de l'eau par le solvant au niveau des espaces interfibrillaires de la matrice dentinaire décalcifiée. Moins de contraction de la matrice dentinaire décalcifiée.

D'après ces résultats, on peut conclure que la déshydratation par les solvants est préférable mais l'application de primer à base d'eau permet d'obtenir une adhésion acceptable sur dentine sèche. D'ailleurs l'application d'un tel primer sur une dentine humide est à éviter (2,25,36). On voit aussi que la présence d'humidité apparaît cruciale pour prévenir le collapsus des fibres de collagène de la matrice décalcifiée (22,36).

Remarque importante : nous devons garder à l'esprit qu'il y a une limite au taux d'humidité dentinaire nécessaire pour conserver une couche de collagène déminéralisée stable. S'il y a trop d'eau, il y aura une dissolution des composants, la phase hydrophile de l'adhésif va se séparer de la face hydrophobe et on aura une polymérisation incomplète de l'adhésif (36). La même remarque peut être faite pour l'assèchement de la dentine : si elle est trop sèche, le collapsus des fibres de collagène sera tel qu'on aura une perte de la perméabilité et la pénétration du primer hydrophile ne se fera pas bien.

En conclusion, il faut adapter le traitement dentinaire en fonction du système adhésif utilisé : dentine **séchée** (mais pas trop) avec primer à base d'eau (comme celui du Scotchbond multipurpose) et dentine **humide** (et non mouillée) avec primer à base d'**acétone et/ou éthanol** (comme certains adhésifs "one-bottle").

• **Primer et bonding.**

Le primer est caractérisé par une phase hydrophile qui a une affinité pour la dentine et par une phase hydrophobe (méthacrylate) qui a une affinité pour la résine. Cette substance joue plusieurs rôles :

- mouille et pénètre le réseau de collagène,
- soutient ce réseau de collagène,
- augmente l'énergie libre de surface,
- augmente la mouillabilité par la résine.

Le bonding est une résine non chargée. Elle pénètre la couche de dentine traitée au primer, copolymérise avec celui-ci pour former une couche entrelacée de collagène et de résine = couche hybride.

• **Couche hybride.**

Celle-ci fut décrite et nommée pour la première fois en 1982 par Nakabayashi. Après observations au microscope, il décrit que l'adhésion à la dentine est caractérisée par l'interaction du collagène avec la résine adhésive. Il suggère alors que la force d'adhésion peut être affectée par la dénaturation du collagène (16).

Depuis, de nombreuses recherches ont été effectuées, notamment au microscope. Celui-ci permet de mettre en évidence une zone superficielle de dentine déminéralisée renforcée par la résine entrelacée entre les fibrilles de collagène (16) et en dessous, de longues brides de résine qui sont insérées dans les tubuli dentinaires. Cependant, ces brides fournissent peu ou pas de rétention à moins qu'elles ne soient fermement collées au mur des tubuli. De plus, ces brides sont plus grandes in vitro qu'in vivo car dans cette dernière situation, l'infiltration de résine est arrêtée par les fluides dentinaires. On a donc cherché à augmenter l'adhésion en augmentant l'épaisseur du réseau de collagène mais, on s'est rendu compte que, si l'épaisseur était plus grande, on n'augmentait pas la force d'adhésion (16).

Pour Gwinnett cette trame de collagène est un obstacle à la pénétration de la résine dans les tubuli dentinaires. Il a ainsi démontré en 1984 que la dissolution du collagène de la dentine déminéralisée n'a aucun effet réducteur sur l'adhérence dentinaire (29).

En 1996, il montre que la couche hybride n'apporte pas de contribution quantitative directe à l'adhésion (15,16). En effet, pour lui, ce sont essentiellement les brides de résine situées au niveau des tubuli et des ramifications tubulaires qui assurent un bon collage.

Ces tests montrent, par exemple, que si on enlève le réseau de collagène exposé par l'etching (grâce à une collagénase), les résistances aux forces de cisaillement in vitro sont

identiques. Il semblerait donc que l'efficacité du collage à la dentine puisse être obtenue sans la présence du réseau de collagène. Donc, selon Gwinnett, la couche hybride ne contribue pas à la résistance du collage et une surface dentinaire propre et poreuse constitue le substrat idéal (28).

II. CLASSEMENT DES DIFFERENTES GÉNÉRATIONS D'ADHÉSIFS.

• Classement des adhésifs en fonction des générations.

Génération d'adhésifs	Formule	Boue dentinaire	Types de substance	Exemples
Première génération	M-R-X	On la laisse en place inchangée	Adhésifs par chélation	Gluma (Kulzer)
Deuxième génération	M-R-X	On la laisse en place inchangée	Esters halophosphorés	Bondlite (Kerr)
Troisième génération	Gluma+HEMA+ Glutaraldéhyde	Modifiée ou éliminée	HEMA	Scotchbond 2 Syntac (Ivoclar) XR Bond (Kerr)
Quatrième génération		Modifiée ou éliminée		Scotchbond multipurpose (3M)
Cinquième génération		Dissoute	etching +primer	Clearfil Liner Bond 2
		Éliminée	Primer + bonding	Scotchbond 1 (single bond) Optibond solo Syntac Sc
		Dissoute	Primer+bond+etch	Prompt L pop Etch & Prime 3.0

(M=méthacrylate ; X= groupe réagissant avec la dentine ; R= groupe intermédiaire)

• **Classement des systèmes adhésifs actuellement commercialisés en fonction de leur protocole d'utilisation.**

	Conditionnement de l'émail	Conditionnement de la dentine	Application d'un primaire dentinaire	Adhésif Adhésives	Substances
	1	2	3	4	Gluma
Adhésifs conditionneurs de dentine	1	2		3 4	Syntac classic
					Denthesive II
	1	2		3	Solobond
Mordançage total, systèmes multi-flacons	1		2	3	Optibond FL Scotchbond Multipurpose Solibond
Mordançage total, application multi-couches	1		2+3		Prime & Bond. 2.1 Syntac SC
Mordançage total, application mono-couche, système mono-flacon.	1		2		Optibond Solo Prime & Bond. NT Scotchbond 1
					Solobond M Syntac Sprint
Systèmes automordançants	1	1+2		2	Clearfil Linerbond 2V Etch & Prime, 3.0
Systèmes adhésifs + compomères	-	-	1+2		P&B2.1 /Dy-ract AP
	-	-	1		P&B NT/Dy-ract AP
		1			Prompt L Pop Rasant F2000

III. COMPARAISON DE L'EFFICACITÉ DES ADHÉSIFS DE 5^{ème} GENERATION ET DES ADHÉSIFS A ETAPES MULTIPLES

Les adhésifs de cinquième génération sont de deux types : soit ce sont des substances "one-bottle", soit ce sont des adhésifs auto-mordançants ; tous ces systèmes étant conçus pour diminuer le temps de travail du praticien.

Dans les systèmes "one-bottle", le primer et l'adhésif sont combinés dans une seule bouteille. Une étape préalable de mordantage de l'émail et de la dentine est toujours nécessaire.

Les agents auto-mordançants sont appliqués directement dans la cavité sans étape préalable de mordantage. En théorie, les monomères acides s'infiltreront entre les fibres de collagène au fur et à mesure qu'ils décalcifient les composants inorganiques. La partie acide est neutralisée progressivement par le relargage des ions calcium et phosphate durant la déminéralisation (6,22,36). La boue dentinaire est dissoute mais laissée en place.

• Les adhésifs "one-bottle".

Nous n'envisageons ici que les adhésifs les plus couramment utilisés à l'heure actuelle.

ADHÉSIFS	COMPOSITION
Scotchbond 1 (single bond)	Bis-GMA, HEMA, diméthacrylate, copolymère acide polyalkénoïde, eau, éthanol.
Prime & Bond NT	UDMA, PENTA, résine R5-62-1, T-résine, D-résinebutyl hydroxytoluène, camphorquinone 4-éthyl diméthyl aminobenzoate, hydroxyfluoride cetylamine, micro-charge, acétone.
One-Step	Bis-GMA, HEMA, BPDM, acétone.
Prime & Bond 2.1	Résines diméthacrylates, PENTA, cetylamine, hydrofluoride, acétone.
Syntac Sc	Diméthacrylate, acide polyacrylique modifié, acide maléique, composé fluoride, eau.
Scotchbond Multipurpose	Primer : HEMA, copolymère polyalkénoïde, eau. Adhésif : Bis-GMA, HEMA.

- *Efficacité comparable avec les adhésifs de quatrième génération.*

En 1998, Cardoso P.E., Braga R.R. et Carvilho M.R. (5) ont soumis trente molaires humaines extraites à différents tests de traction et de cisaillements.

Produits testés: Scotchbond 1 (single bond), Scotchbond Multipurpose et Etch & Prime 3.0.

Le Scotchbond 1 fournit dans cette étude des résultats comparables voire supérieurs au Scotchbond Multipurpose, peut-être parce que le premier a une viscosité moins importante que le second. Cependant, dans cette étude, les résultats fournis par le Scotchbond Multipurpose sont faibles par rapport à d'autres études et l'auteur ne l'explique pas. De plus, comme nous allons le voir, l'auteur démontre le contraire l'année suivante.

En 1998, **Watanabe L.G., Marshall G.W., Bedford D.T. et Marshall S.J.** (37) testent 48 molaires humaines (test de résistance aux forces de cisaillement) et trouvent des résultats forts semblables.

En 1999, **Pilo R. et Ben-Amar A.** (26) ont étudié la percolation des restaurations en composite réalisées sur 48 molaires extraites et soumises à une charge occlusale (10 Kg pendant 0.5 sec, 500x) et à un thermocyclage (5°C-55°C).

Produits testés: Optibond FL (3 étapes), All Bond 2 (3 étapes), Scotchbond Multipurpose (3 étapes), Solobond, One-Step, Scotchbond 1 (Single Bond). Ils ont montré qu'on obtient la même efficacité avec les adhésifs "one-bottle" qu'avec les adhésifs à étapes multiples. On n'a pas de différences significatives entre les deux générations.

Si on a, dans cette étude, une même efficacité entre les adhésifs "one-bottle" et les adhésifs à étapes multiples (Scotchbond Multipurpose), l'auteur conseille quand-même de sélectionner l'adhésif en fonction de la surface exposée (émail ou dentine) pour obtenir les résultats optimaux. Certains adhésifs sont meilleurs au niveau dentinaire (ex: One-Step) et d'autres sont plus efficaces au niveau amélaire (ex: Scotchbond Multipurpose et Scotchbond 1). Or, en pratique, il est très souvent peu envisageable d'utiliser un adhésif différent pour l'émail et pour la dentine.

- Les adhésifs de cinquième génération sont moins efficaces que les adhésifs à étapes multiples.

L'adhésif de quatrième génération le plus souvent pris comme adhésif contrôle dans ce type d'étude est le Scotchbond Multipurpose. En 1994, **Chappell et Eick** (7) mettaient déjà en évidence sa supériorité par rapport aux autres systèmes adhésifs à étapes multiples. Au cours de cette étude, ils ont soumis 112 dents de sagesse extraites à des forces de cisaillement au sein de l'Instron Testing Machine jusqu'à fracture des restaurations.

Produits testés: All Bond 2 (3 étapes), Syntac classic (3 étapes sans etching), Prisma Universal Bond 3 (3 étapes sans application d'acide), Scotchbond Multipurpose (3 étapes), Tenure Solution (3 étapes), Adhesive by Choice (3 étapes).

Le test a de nouveau été réalisé avec les mêmes produits provenant de la même boîte 8 mois plus tard car tous les résultats obtenus étaient nettement supérieurs à ceux publiés par les autres auteurs. Au deuxième test, les résultats étaient plus faibles mais cela pourrait être dû à une détérioration des produits avec le temps. Cependant, avec le Scotchbond Multipurpose, on obtient des résultats équivalents au deuxième test, ce qui signifierait que sa dégradation dans le temps est faible et que les conditions de conservation du produit influencent peu ses résultats, contrairement aux adhésifs "one-bottle".

Les adhésifs les moins performants dans cette étude sont le All Bond 2 et le Syntac clas-

sic dont les valeurs de résistance aux forces de cisaillement restent faibles (+/- 15 Mpa) par rapport au Scotchbond Multipurpose (25 Mpa).

Le Scotchbond Multipurpose fournit les meilleurs résultats et, en plus, il est plus stable dans le temps.

En 1998, **Abdalla et Davidson** (2) rapportent que le Scotchbond Multipurpose a une force d'adhésion (testé par l'Instron: résistance aux forces de cisaillement) nettement supérieure aux adhésifs de cinquième génération (120 dents humaines).

Produits testés: Scotchbond Multipurpose, One-Step, Prime & Bond 2.1, Scotchbond 1, Syntac Sc.

Le Prime & Bond 2.1 et le One-Step sont les deux meilleurs adhésifs one-bottle appliqués sur dentine humide. Par contre, le Syntac Sc donne de meilleurs résultats sur dentine sèche. On peut expliquer cela par le fait que cette substance contient de l'eau comme solvant et que son application sur une dentine humide entraîne une dissolution des différents composants et une diminution de l'efficacité de l'adhésion (Sy: d. sèche = 10,6/ d. humide = 5,4).

Le Scotchbond 1 donne aussi de meilleurs résultats sur dentine séchée par jet d'air (Sc 1: d. sèche = 11,5 -d. humide = 8,9). La différence entre les deux situations est moins prononcée qu'avec le Syntac car le Sc 1 contient de l'eau mais aussi de l'éthanol. Cependant, ces forces d'adhésion sont inférieures à celles du Scotchbond Multipurpose: Sc 1 / ScMP = 11,5/ 17,5 (Mpa).

On peut voir aussi que le Scotchbond Multipurpose est un peu influencé par l'état de surface dentinaire mais les valeurs d'adhésion sont plus qu'acceptables dans les deux cas 17,5 +/- 3,8 Mpa pour dentine sèche ; 20,3 +/- 4,9 Mpa pour dentine humide.

En 1999, **Cardoso, Placido, Francci et Perdigo** (6) ont démontré que le Scotchbond 1 fournissait des résultats très instables du point de vue de la percolation à l'interface dentine-restauration (observation microscopique après thermocyclage).

En 1999, **Frankenberg, Kramer et Petschelt** (12) ont comparé la fatigue des forces d'adhésion après thermocyclage des systèmes adhésifs modernes (150 cavités). Produits testés: Syntac classic (3 étapes self-etching) testé avec ou sans mordantage supplémentaire, Scotchbond Multipurpose, Prime & Bond 2.1. Tous les systèmes à étapes multiples résistent mieux au thermocyclage. Tous les adhésifs "one-bottle" sont moins résistants à la fatigue d'environ 50% avec ou sans adjonction d'etching.

- Conclusion

De très nombreuses études sur les adhésifs de cinquième génération sont réalisées depuis plusieurs années, mais toutes ces données ne permettent pas de mettre en évidence UN adhésif "one-bottle" dont l'efficacité in vitro serait constante et reproductible. La compa-

raison des résultats est difficile voire impossible vu le grand nombre de méthodes utilisées, percolation, thermocyclage, forces occlusales et forces de cisaillement (Instron ou autre). Exception : le Syntac SC, dans chaque étude, donne des résultats médiocres. Cependant, la grande majorité de ces recherches mettent en évidence la grande efficacité et la constance des résultats fournis par le Scotchbond Multipurpose. En ce qui concerne le Scotchbond 1, soit les études mettent en évidence un bon pouvoir d'adhésion (3,5,26,37), soit c'est le contraire. Ces résultats contradictoires in vitro et difficilement comparables permettent simplement de conclure que son utilisation in vivo doit rester prudente.

• **Les adhésifs auto-mordants.**

Les primers "self-etching" effectuent simultanément deux fonctions : conditionnement et apprêt de la dentine et de l'émail. Le conditionneur n'est pas rincé. Ces adhésifs ne nécessitent pas non plus de mordantage préalable à l'acide phosphorique. On élimine donc les étapes préalables de rinçage et de séchage. On diminue ainsi les risques de conserver une dentine trop humide ou trop sèche car l'état de surface dentinaire (qui doit être adapté au système adhésif) est très difficile à standardiser dans les conditions cliniques (6). Ces adhésifs auto-mordants permettent d'éviter ces étapes mais leur efficacité est-elle suffisante pour compenser la force de contraction des composites ?

Adhésifs	Composition
Etch & Prime 3.0	Tétra- méthacryloxyéthylpyrophosphate, HEMA, initiateurs, stabilisateurs, éthanol, eau distillée.
Prompt L Pop	Liquide A = ester phosphorique de méthacrylate, initiateur, stabilisateur. Liquide B = eau, complexe fluoré, stabilisateur.
Clearfil Liner Bond 2	Condyprimer = phényl P (méthacryloxyéthyl phénylhydrogène phosphate) (= partie acide), HEMA, (-NSMA (chélation avec le calcium ?), éthanol et eau. Bonding = bis-GMA, HEMA, 10 MDP (méthacryloxydécyldihydrogène phosphate), micro-charge.

- **Efficacité comparable aux autres adhésifs.**

Ces adhésifs sont modernes et seuls des résultats in vitro sont disponibles. De plus, les études réalisées jusqu'à présent mettent principalement en évidence les grandes faiblesses de ces adhésifs.

- Efficacité plus faible des adhésifs auto-mordançants.

En 1999, **Cardoso, Placido, Francci et Perdigao** (6) ont testé un adhésif auto-mordançant par rapport à des adhésifs "one bottle" sur 50 dents humaines reconstruites avec du composite et soumises à un thermocyclage (5°C-55°C ; 700 cycles).

Produits testés : Scotchbond 1, PQ 1, Prime & Bond NT et Etch & Prime 3.0 (appliqué une fois polymérisé 10 secondes).

Ils ont étudié la percolation au niveau des bords marginaux et ont observé que tous les adhésifs "one-bottle" fournissaient d'assez bons résultats mais qu'aucun n'élimine totalement le phénomène de percolation. Par contre, les résultats fournis par l'Etch & Prime 3.0 sont très décevants. On n'a pas de parfaite intégrité marginale même au niveau de l'émail. Ce serait essentiellement dû au fait que ce système contient des acides faibles qui ne produisent pas de changements de structures suffisants notamment au niveau de l'émail que pour favoriser une bonne adhésion. Comme les résultats de cette substance in vitro sont pauvres, on peut s'attendre à un comportement médiocre du produit in vivo.

En 1999, **Blunck et Roulet** (4) montrent que les adhésifs auto-mordançants donnent de biens meilleurs résultats en association avec des restaurations compomères. Certains de ces adhésifs comme le Prompt L Pop ont d'ailleurs été synthétisés dans ce but précis.

En 1999, **Fritz et Finger** (13) testent des produits aux protocoles différents et pour le Etch & Prime, ils ont essayé plusieurs techniques en faisant varier le temps de polymérisation et en appliquant une ou deux couches.

Produits testés : Clearfil Liner Bond 2 (2 étapes auto-mordançant), Gluma One Bond (2 étapes, one-bottle) et Etch & Prime 3.0 (une seule étape auto-mordançant).

Ils ont pris 140 dents humaines et les échantillons étaient soit soumis à des forces de cisaillement soit observés au microscope au niveau des bords marginaux.

Ils en ont conclu que les variations de temps de polymérisation n'amélioreraient pas les performances de l'Etch & Prime 3.0.

Mais, les pauvres performances de l'Etch & Prime 3.0 peuvent être améliorées en respectant quelques recommandations strictes, décrites en partie par le fabricant :

- appliquer une couche
- photopolymériser 10 sec
- appliquer une deuxième couche
- léger séchage par jet d'air
- photopolymériser 10 sec

Deux couches valent mieux qu'une car il semblerait que la polymérisation de l'HEMA soit inhibée par l'oxygène. On aurait alors formation d'un fin film de polymère avec un bas degré de polymérisation en surface de la première couche. Celui-ci pourrait achever sa polymérisation suite à l'application de la deuxième couche. Cette technique améliore nettement la force d'adhésion à l'émail (de +/- 30%) qui devient semblable à celle du Clearfil Liner Bond et du Gluma One Bond (+/- 27 Mpa). Par contre, elle n'a pas d'influence signi-

ficative sur la force d'adhésion à la dentine qui reste médiocre : 10-11 Mpa, c'est-à-dire environ 51% des valeurs des deux autres adhésifs dont les résultats sont fort semblables.

Malgré ces forces d'adhésion, l'Etch & Prime donne de gros problèmes de percolation dans tous les cas : aucune dent sans percolation et la profondeur maximale des percolations de 5µm. Ce serait dû au fait que la phase résineuse ne fait pas partie d'une étape séparée et sa présence dans un tel système ne serait pas idéale pour former un bon joint.

Au point de vue de la percolation le Clearfil Liner Bond 2 donne aussi de pauvres résultats : une seule dent sur dix n'a montré aucune percolation. Par contre, le Gluma One Bond, adhésif "one-bottle" couplé à un mordantage montre un résultat de 7/10.

- Adhésifs auto-mordançants : conclusion.

Ils restent très décevants au point de vue de l'adhésion et de la percolation. On peut donc penser que leur comportement dans le cadre des restaurations composites in vivo serait médiocre.

IV. En pratique.

Enumérons quelques conseils pratiques d'utilisation de ces adhésifs de cinquième génération destinés à assurer une adhésion optimale.

- La contamination.

En 1998, **Fritz, Finger et Stean** (14) ont montré que les forces d'adhésion des anciennes générations de bonding appliqué sur l'émail traité à l'acide et contaminé par la salive sont significativement diminuées et une nouvelle étape de mordantage est la seule manière d'obtenir une adhésion efficace dans cette situation. Avec les adhésifs "one-bottle", les effets néfastes de la contamination salivaire de l'émail et de la dentine traités à l'acide sont grandement diminués pourvu que le dentiste s'en rende compte et rince ou éponge la salive.

Le séchage par jet d'air après contamination salivaire est à proscrire dans tous les cas car il semblerait que ce séchage entraîne la formation d'une croûte imperméable de protéines salivaires qui diminuerait le contact intime nécessaire entre les surfaces dentaires et le monomère.

Les adhésifs de cinquième génération sont moins sensibles à la contamination salivaire, essentiellement parce qu'ils nécessitent souvent une technique d'adhésion humide (absorption des excès par tamponnement) mais on doit quand-même à tout prix éviter cette contamination salivaire pour optimiser les résultats. Toute contamination salivaire survenant pendant ou après l'application de l'adhésif diminue l'adhésion de manière catastrophique dans tous les cas.

De même, en 1998, **Abdalla et Davidson** (2) montre qu'une contamination salivaire après mordançage n'a pas d'influence significative sur la force d'adhésion du Scotchbond 1, One- Step et du Prime & Bond 2.1. Ils expliquent ce phénomène par le fait que la salive contamine une dentine humide. Cet état de surface empêcherait les protéines salivaires de pénétrer dans les tubuli, ce qui les obstrueraient. De plus, l'eau de la salive pourrait favoriser la diffusion des adhésifs à base d'acétone.

Par contre, ils montrent que toute contamination sanguine est néfaste pour l'adhésion (diminution de la force d'adhésion de 30 à 70%), à quelque moment qu'elle survienne. Il faut recommencer tout le processus de collage. Les effets du sang sont différents de ceux de la salive car sa teneur en protéines est plus élevée et le film que ces protéines peuvent former au niveau de la surface dentaire serait plus important et donc plus imperméable.

En conclusion

- Une contamination salivaire sur une surface dentinaire mordancée a peu d'influence sur le collage si on utilise un adhésif "one-bottle" contenant de l'acétone ou de l'éthanol.
- Dans tous les autres cas de contamination salivaire, recommencer tout le processus de collage.
- Proscrire les jets d'air pour éliminer la salive.
- Recommencer tout le processus de collage en cas de contamination sanguine.

• La conservation des produits et la manipulation.

Les adhésifs "one-bottle" contiennent des solvants qui permettent de promouvoir une meilleure mouillabilité (notamment au niveau du réseau de collagène dentinaire) donc une meilleure adhésion. Les solvants utilisés sont soit organiques (acétone-éthanol), soit inorganiques (eau) ou encore une combinaison des deux pour un résultat optimum. Ces solvants jouent un rôle actif dans l'adhésion. Par exemple, l'acétone et l'éthanol sont des substances qui ont la capacité de déplacer les molécules d'eau des canaux interfibrillaires où la résine (dissoute dans le solvant) s'infiltrer pour former une relation physique avec le tissu dentinaire. L'infiltration de la résine adhésive est facilitée par ces solvants (2,36).

Cette caractéristique va jouer un rôle important au niveau de la manipulation des produits avec des conséquences non négligeables sur l'adhésion. En effet, ces substances nécessitent des conditions particulières de conservation et de manipulation car les solvants peuvent s'évaporer très rapidement.

C'est ainsi que **Chappell et Eick** (7) ont, par hasard, montré que le temps et les conditions de conservation pouvaient influencer les capacités d'adhésion de certains adhésifs, contrairement au Scotchbond Multipurpose.

En 1999, **Perdigao, Swift et Lopes** (25) simulent des ouvertures répétées (pendant une minute 2x/jour pendant 3 semaines sauf le week-end) de flacons d'adhésifs et comparent les résultats fournis par ceux-ci avant et après la simulation.

Produits testés: One-step (acétone), Optibond Solo (éthanol), Scotchbond 1 (éthanol + eau), Syntac Sc (eau).

Les adhésifs "one-bottle" contenant de l'eau sont moins bons que ceux qui contiennent de l'éthanol ou de l'acétone.

Cependant, les adhésifs à base d'acétone sont nettement moins efficaces après ces trois semaines. Leur utilisation régulière diminue la quantité de solvant et donc la réactivité de l'adhésif vis-à-vis de la dentine humide.

En 2000, **Abate, Rodriguez et Macchi** (1) ont testé l'évaporation des adhésifs contenant des solvants.

Produits testés: Prime & Bond 2.1 (acétone), Scotchbond 1 (éthanol et eau), Syntac Sc (eau), Syntac Sprint (acétone et eau), Optibond solo (éthanol), PermaQuick Primer (éthanol), Prima Bond 97' (acétone), Scotchbond Multipurpose (eau).

Ils ont observé une évaporation similaire pour les produits contenant les mêmes solvants. Cependant, la vitesse d'évaporation est différente en fonction des différents produits. Le plus grand pourcentage de masse perdue est pour les produits à base d'acétone.

Ceux qui s'évaporent le moins sont ceux à base d'eau.

Les produits contenant un solvant organique + eau subissent le même phénomène mais de manière moins importante.

Ils sont quand même plus stables.

De plus, l'observation directe des échantillons a montré des changements physiques évidents durant la conservation. Deux phases de viscosités différentes ont pu être mises en évidence dans les adhésifs "one-bottle" après 24 heures et seulement après trois heures pour l'Optibond Solo. Cette observation a une conséquence pratique évidente: toujours secouer les bouteilles d'adhésifs avant leur utilisation sinon on appliquera d'abord tout le solvant puis la phase résineuse seule avec des effets désastreux sur l'adhésion.

Le rôle joué par les solvants dans l'efficacité des systèmes d'adhésion est bien reconnu. Il est donc accepté que leur présence est nécessaire et dans un taux optimum. Donc une quelconque perte de solvant au niveau de l'adhésif durant la conservation des produits peut mener à des différences cliniques significatives au point de vue de l'adhésion.

En conséquence :

- bien fermer la bouteille d'adhésif
- conditions de conservation : réfrigérateur ou température ambiante
- bien secouer les bouteilles d'adhésif avant de les utiliser (1,23)
- respecter les conditions d'utilisation décrites par le fabricant.

V. Conclusion.

Ce que nous devons essentiellement retenir, c'est que le meilleur adhésif à l'heure actuelle reste le Scotchbond Multipurpose. C'est lui qui fournit la force d'adhésion la plus constante, qui a le comportement le plus stable dans le temps et qui est le moins sensible aux conditions de conservation. Mais si on désire, en pratique courante gagner du temps pendant la réalisation du collage, on peut utiliser certains adhésifs "one-bottle", les adhésifs auto-mordançants restant trop médiocres dans le cadre de reconstructions en composite. Mais c'est seulement en respectant ces quelques règles simples que l'on pourra obtenir la meilleure adhésion possible :

- bien secouer la bouteille avant chaque usage
- ne pas préparer les doses à l'avance
- connaître le solvant présent dans l'adhésif et effectuer le traitement dentinaire adapté :
soit séchage léger de la dentine mordancée par jet d'air et application de primers ou d'adhésifs one-bottle contenant de l'eau : **exemples :** Scotchbond Multipurpose
Scotchbond 1
Syntac Sc
soit tamponnement de l'excédent d'eau pour appliquer les substances contenant de l'acétone ou de l'éthanol sur une dentine humide : **exemples :** One-Step
Prime & Bond 2.1
Prime & Bond NT
- éviter toute contamination salivaire ou sanguine
- bien refermer la bouteille après chaque usage.

En ce qui concerne le Scotchbond 1, **Bergeron et al** ont mis en évidence que sa force d'adhésion est augmentée en mettant deux ou trois couches successives d'adhésif (3).

On voit donc que la venue sur le marché de ces nouveaux adhésifs ne doit pas mener à la conclusion qu'ils sont d'application plus facile et plus rapide. Au contraire, les instructions concernant leur utilisation ne sont souvent pas très claires alors que les protocoles doivent être suivis beaucoup plus scrupuleusement que pour les générations antérieures, moins sensibles aux différents paramètres qui interviennent dans le processus de collage.

Audrey GUEDERS

Une bibliographie de 37 articles parus dans des revues internationales sera communiquée sur simple demande.