

Réussir 2.0

RÉUSSIR TOUS VOS COLLAGES EN SACHANT COMMENT ET POURQUOI « ÇA MARCHE ! »

Jacques Dejou

Jean Richelme

Gauthier Weisrock

André-Jean Faucher

Jean-Christophe Paris

Parce-que le bonheur ne vient jamais seul,
invitez-vous aussi à la fabrique du sourire

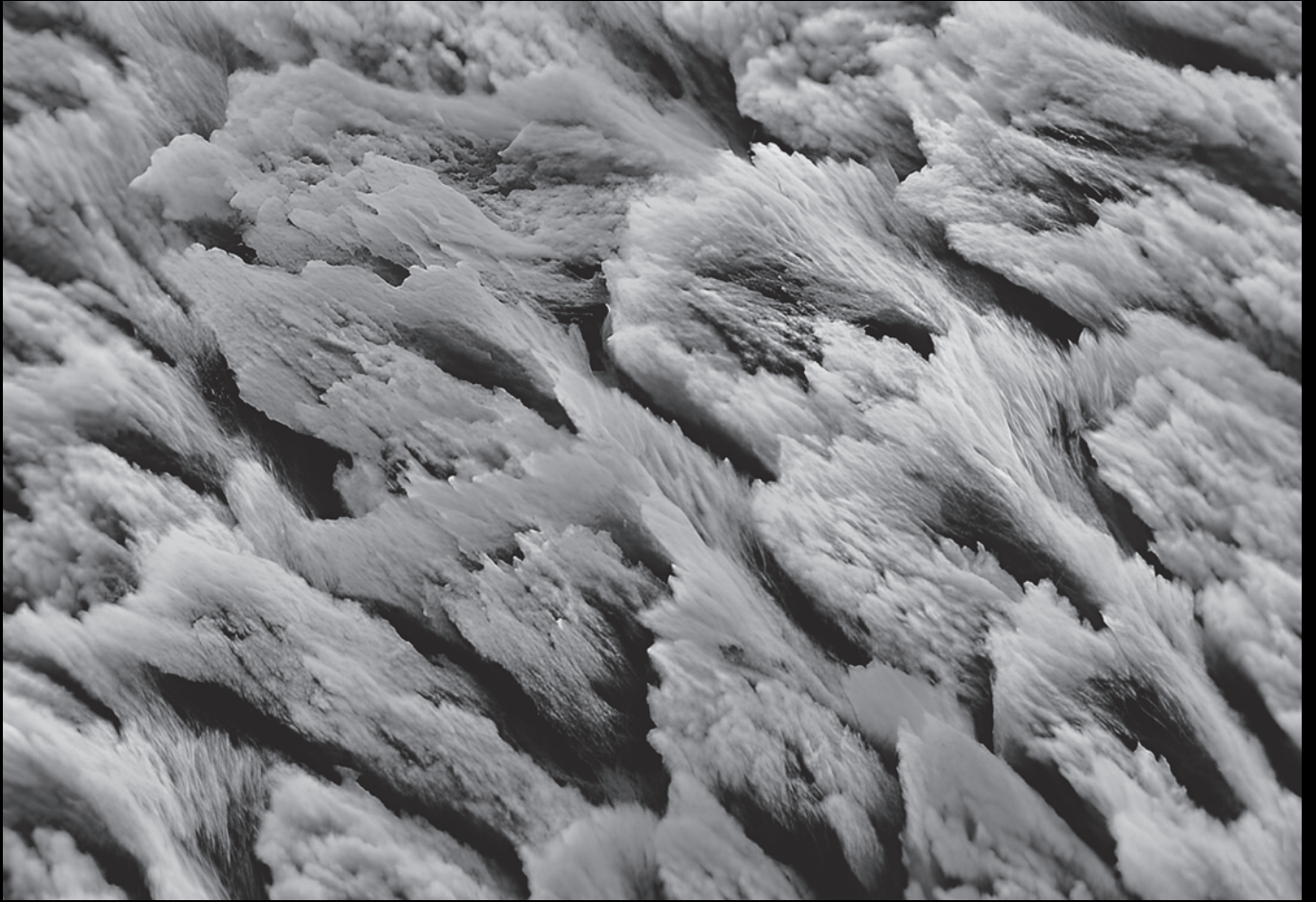


 **QUINTESSENCE PUBLISHING**

Berlin | Chicago | Tokyo
Barcelona | London | Milan | Mexico City | Paris | Prague | Seoul | Warsaw
Beijing | Istanbul | Sao Paulo | Zagreb



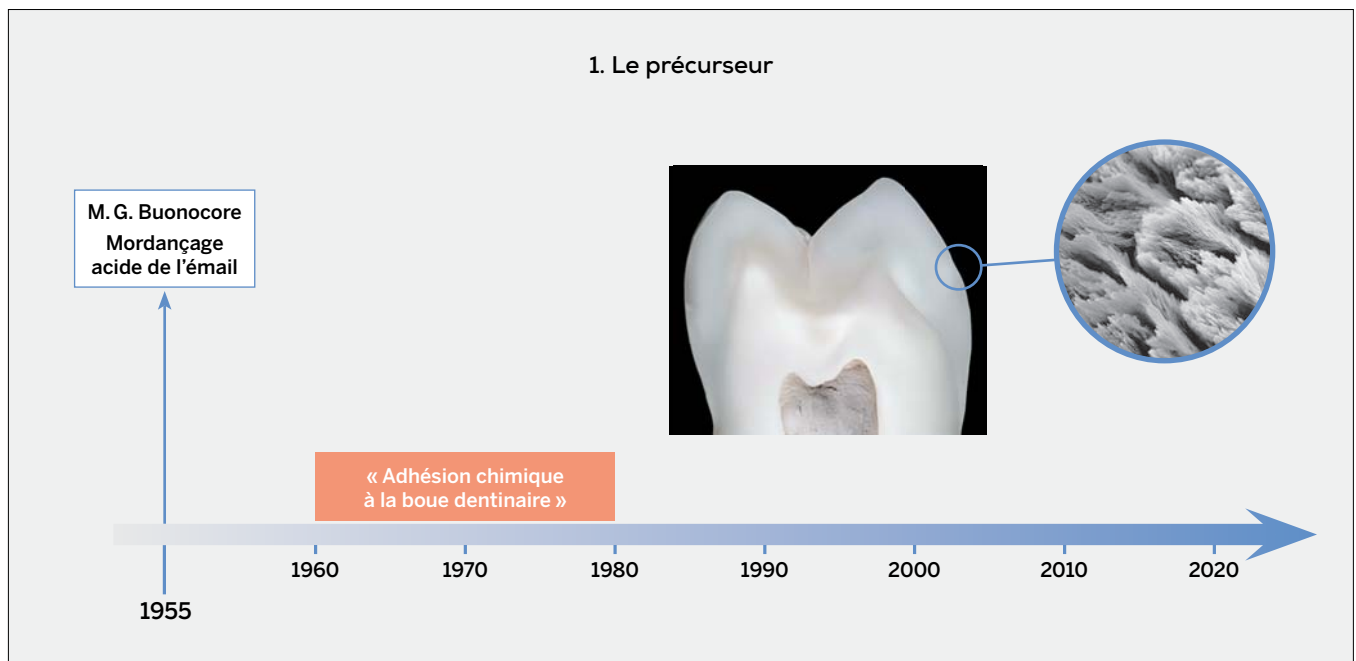
L'adhésion en odontologie : soixante-dix ans d'évolution



L'adhésion en odontologie : soixante-dix ans d'évolution

Tout a commencé en 1955, lorsque M.G. Buonocore¹ a proposé de mordancer l'émail avec un acide fort, l'acide phosphorique (H_3PO_4) à 37 % pendant 30 secondes. Cela fait donc environ soixante-dix ans (Fig. 1-1).

L'émail, tissu hyperminéralisé et sec, est dissous partiellement en surface, ce qui crée des anfractuosités pouvant, après rinçage et séchage, être infiltrées aisément par une résine hydrophobe.



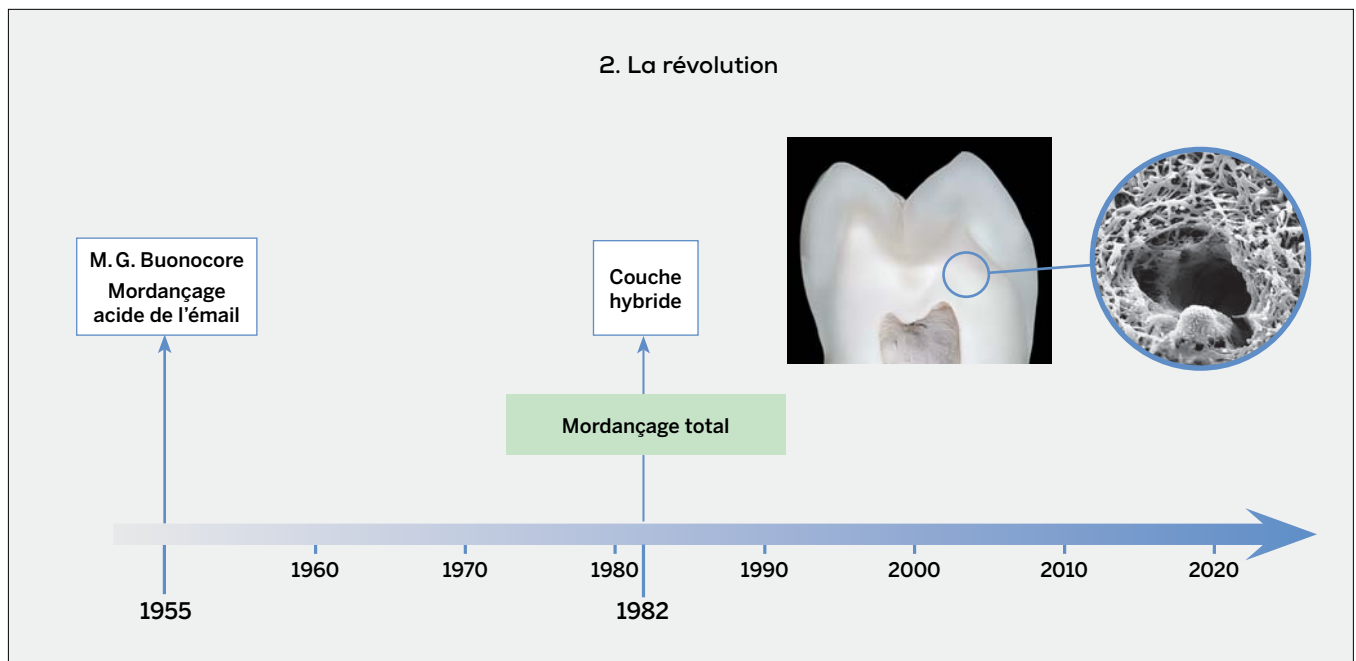
1-1 Apparition et développement de la dentisterie adhésive.

Jusqu'au début des années 1980, le mordantage à la dentine a été considéré comme une hérésie : trop dangereux pour la pulpe !

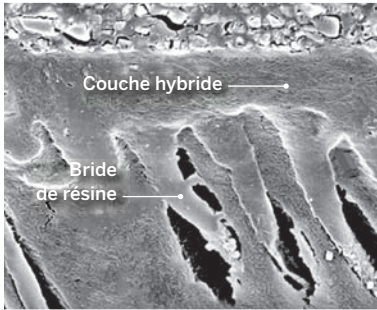
Et pendant toutes ces années, on a pensé qu'on pouvait adhérer chimiquement à la dentine alors qu'en fait, on essayait de coller sur une boue dentinaire contaminée, très instable et bien trop humide pour nos résines « adhésives » hydrophobes^{2,3}.

Ce n'est qu'en 1982 qu'un chercheur japonais, N. Nakabayashi⁴, a révolutionné les anciennes conceptions de l'adhésion à la dentine, basées sur le respect de la boue dentinaire et l'adhésion chimique au substrat, en proposant (Fig. 1-2) :

- de mordancer avec l'acide phosphorique la surface dentinaire pour dissoudre la boue dentinaire et déminéraliser la dentine sous-jacente. Le réseau des fibres de collagène, qui constituent aussi la dentine et qui ne sont pas dissoutes par l'acide, crée ainsi des anfractuosités.
- d'infiltrer ensuite une résine fluide dans les porosités créées pour obtenir une zone ou couche hybride.



1-2 Apparition et développement de la dentisterie adhésive.



1-3 Adhésion à la dentine.
La couche hybride
(d'après Van Meerbeek et coll).

On l'appelle hybride parce que cette couche qui permet l'adhésion est composée de deux polymères :

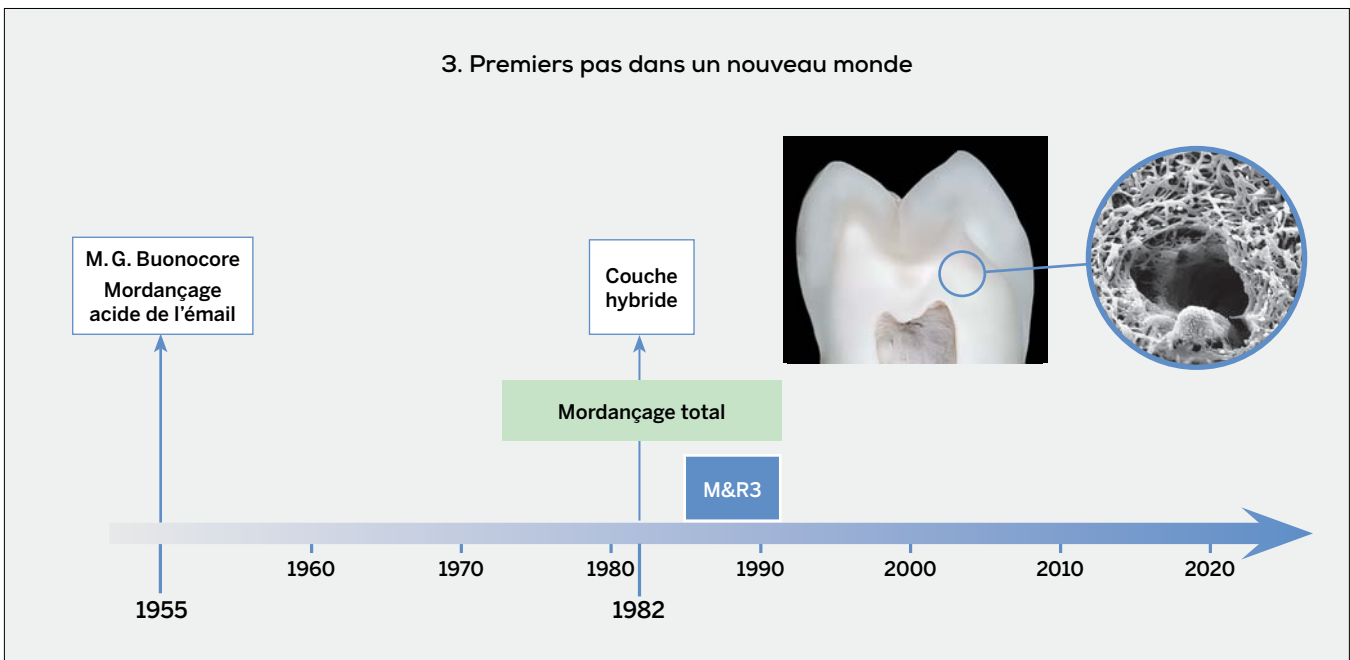
- un polymère biologique : les fibres de collagène libérées après la déminéralisation de la dentine ;
- un polymère synthétique : la résine infiltrée dans ce réseau de fibres de collagène.

La dentine ne doit être mordancée que 15 secondes parce qu'au-delà, la zone déminéralisée, trop profonde, ne peut être complètement infiltrée par l'adhésif.

Les fibres de collagène ainsi privées de leur protection minérale seraient alors dégradées par l'eau (d'origine pulpaire par exemple), avec pour conséquence des risques biologiques pulpaire et l'échec de la procédure adhésive.

Sur cette image en microscopie électronique à balayage (MEB) (**Fig. 1-3**) on peut voir aussi la formation de brides de résine (*tags* en anglais), dans les entrées des tubules dentinaires. Ces brides ne semblent pas jouer un rôle déterminant dans l'adhésion à la dentine.

Avec la couche hybride, l'adhésion à la dentine est surtout de nature micromécanique. Les premiers systèmes adhésifs conçus selon ce concept ont été ceux que nous appelons aujourd'hui les adhésifs de type M&R3 pour mordantage et rinçage en trois étapes (**Fig. 1-4 et 1-5**) :



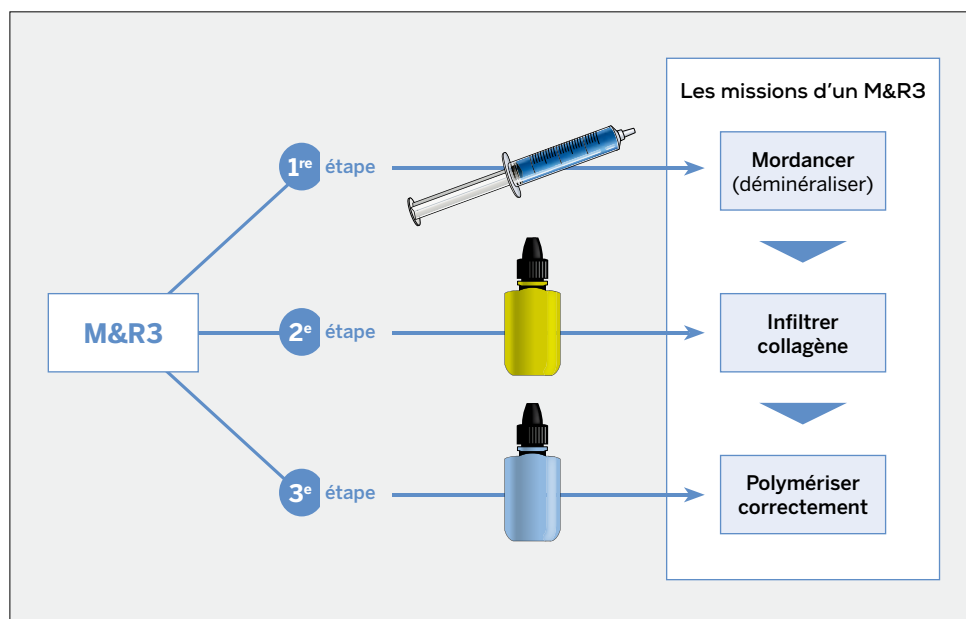
1-4 Apparition et développement de la dentisterie adhésive.

1. **Première étape** : mordantage à l'acide phosphorique pendant 15 secondes ; puis rinçage, au moins 15 secondes (mais plutôt 30 secondes) ; suivi d'un séchage modéré (la notion de « séchage modéré » sera précisée plus loin).
2. **Deuxième étape** : application du primaire hydrophile, puis séchage (pour éliminer le solvant et l'eau résiduelle).
3. **Troisième étape** : application de la résine adhésive hydrophobe, puis photopolymérisation.

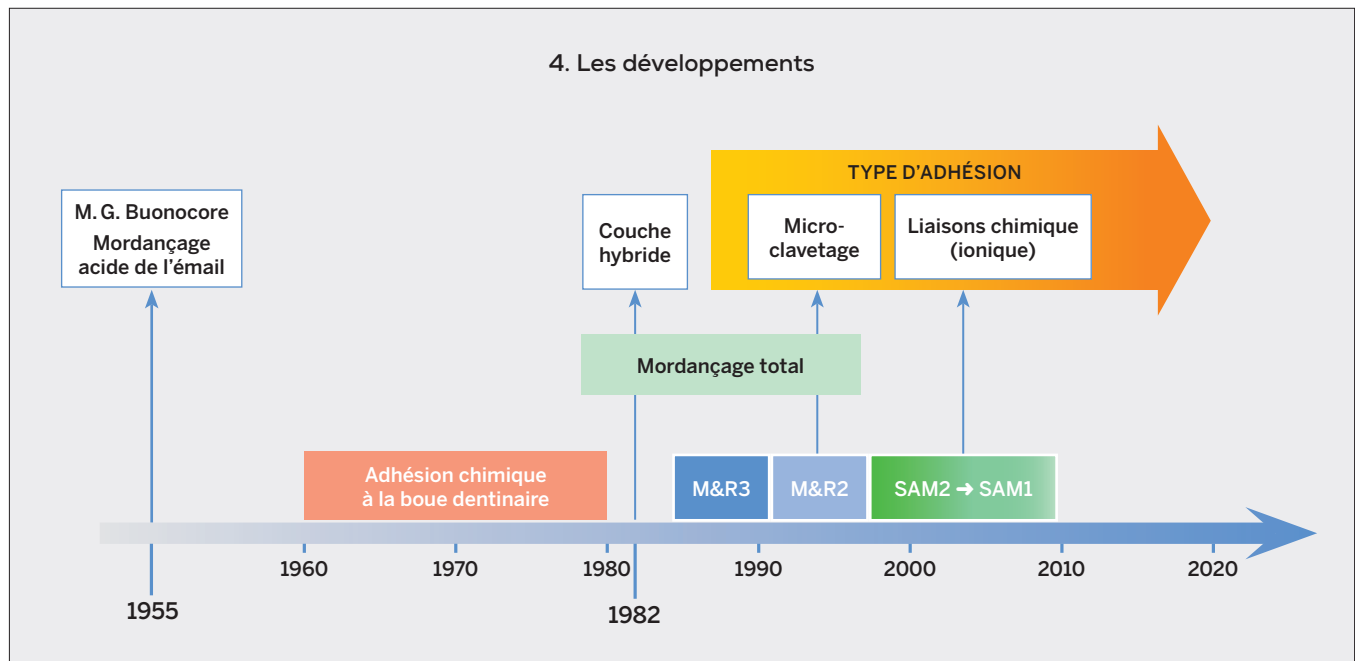
La plupart des grands fabricants de biomatériaux dentaires proposent toujours dans leur gamme des systèmes M&R3.

Depuis Nakabayashi, les évolutions ont conduit³ :

- à la réduction dans un premier temps du nombre d'étapes et de matériaux mis en œuvre ; on est passé de trois à deux puis un ;
- à la diminution ensuite de l'usage d'acide phosphorique au profit de monomères acides avec les adhésifs auto-mordants.



1-5 Les trois étapes de mise en œuvre des adhésifs M&R3.

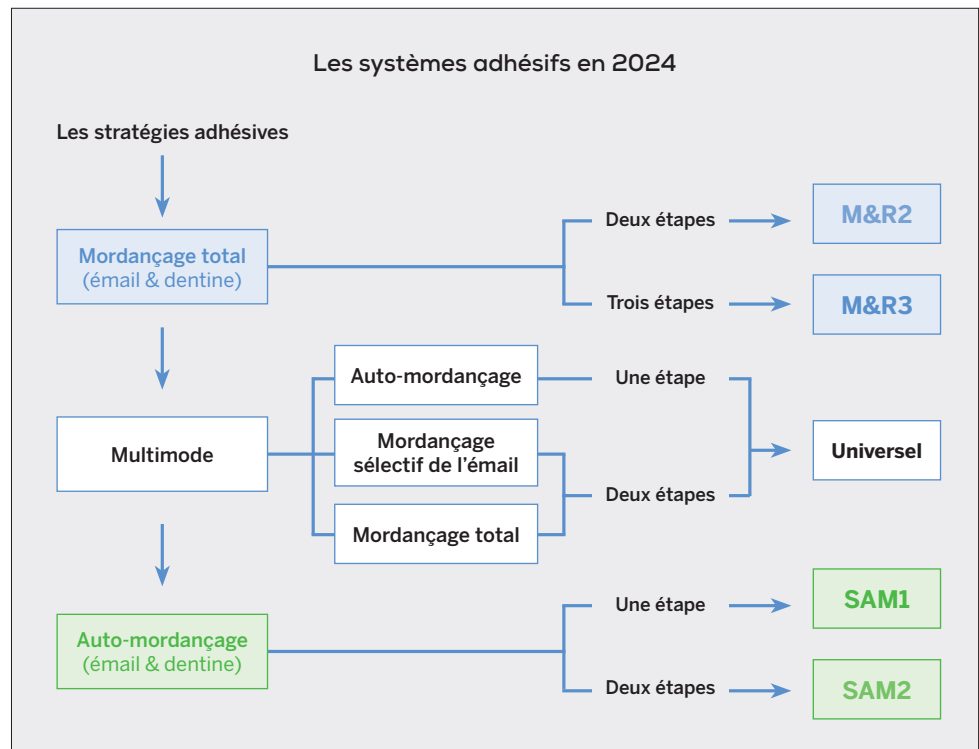


1-6 Apparition et développement de la dentisterie adhésive.

On a donc aujourd'hui (Fig. 1-6 et 1-7) :

- des adhésifs avec mordançage acide total en trois étapes de mise en œuvre (M&R3) ou deux étapes de mise en œuvre (M&R2 pour mordançage et rinçage en deux étapes) ;
- des adhésifs auto-mordant en deux étapes de mise en œuvre (SAM2 pour système auto-mordant en deux étapes) ou une étape de mise en œuvre (SAM1 pour système auto-mordant en une étape) ;
- et enfin, les derniers apparus sur le marché, des adhésifs dits universels ou encore multimodes parce qu'ils peuvent être mis en œuvre avec ou sans mordançage acide de la dentine.

1-7 Les trois familles de systèmes adhésifs et leurs effectifs sur le marché.



Les conséquences de ces évolutions

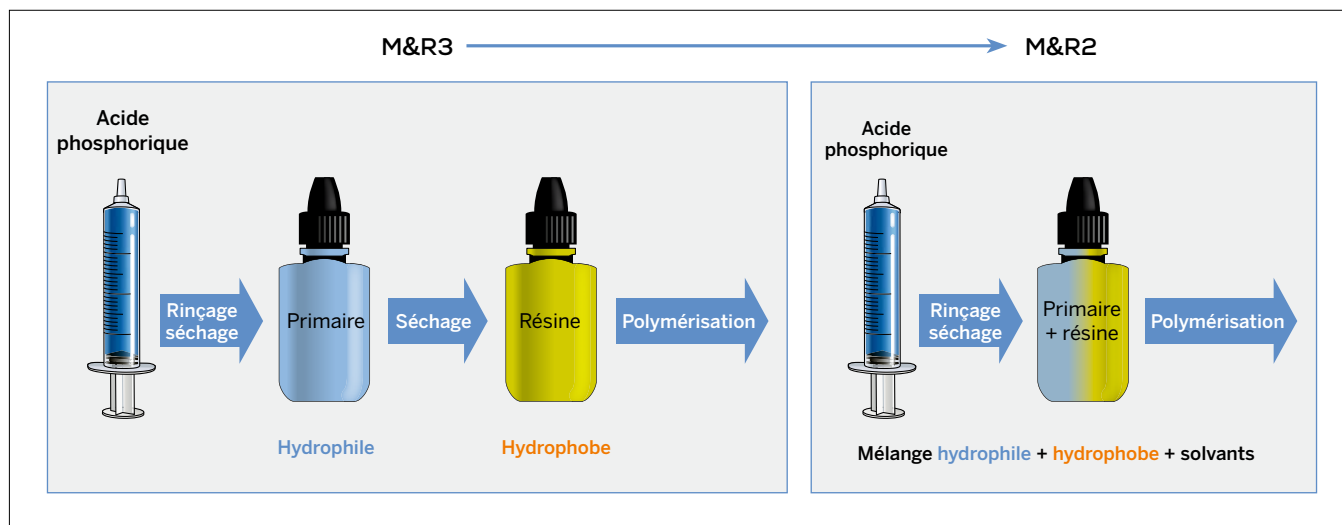
Ces évolutions successives des systèmes adhésifs ont-elles contribué à les rendre plus efficaces et plus faciles à mettre en œuvre² ?

La première idée de simplification a consisté à modifier les adhésifs avec prémordançage acide en trois étapes (M&R3) en supprimant l'étape intermédiaire du primaire (*primer*) et en proposant une deuxième étape qui remplit les fonctions de primaire et de résine adhésive (*bonding*).

Pourquoi ce choix ?

Pour réduire le temps de mise en œuvre en facilitant l'infiltration de la résine entre les fibres de collagène ?

Pour tenter de proposer des matériaux plus simples à utiliser et donc, peut-être, plus tolérants ?



1-8 Les M&R2 : plus de primaire hydrophile et de « bonding » hydrophobe, mais un seul flacon, mélange de monomères hydrophiles et hydrophobes dans un solvant à base d'éthanol, d'éthanol + eau ou d'acétone.

En fait, avec les M&R3, la deuxième étape pouvait être une étape de rattrapage après un surséchage, le primaire hydrophile pouvait réhydrater une dentine trop déshydratée, ce qui n'est plus le cas avec les M&R2 (Fig. 1-8).

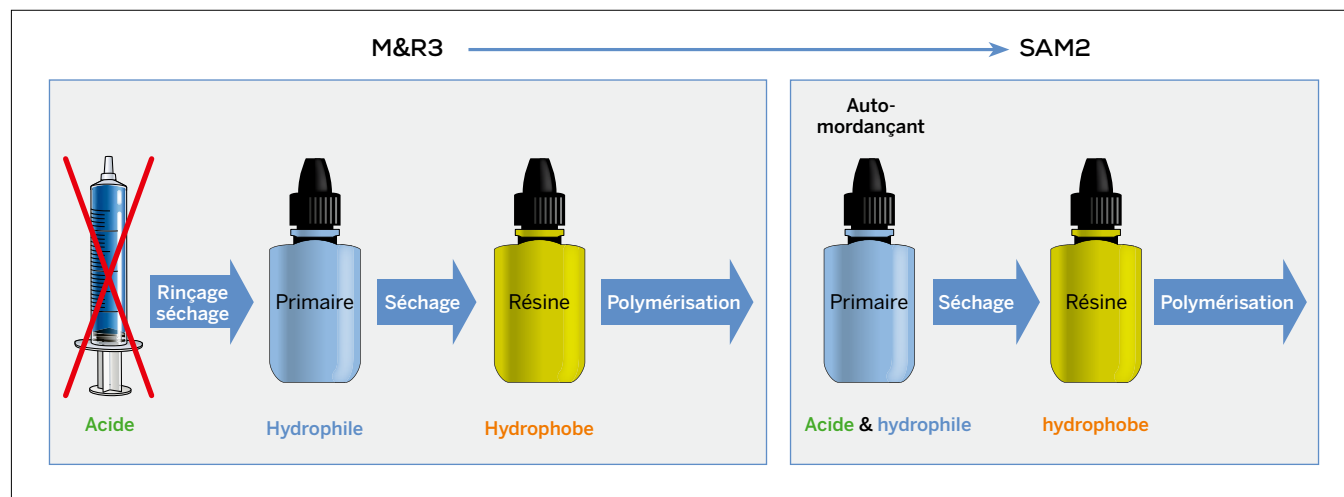
De plus, la présence de monomères hydrophiles dans la composition de ces nouveaux matériaux favoriserait la formation d'une couche d'adhésif perméable. Ce qui n'est pas une qualité pour un adhésif.

Les adhésifs avec mordantage et rinçage en deux étapes (M&R2) ne sont pas plus simples à mettre en œuvre, ni plus tolérants, ni plus efficaces que les M&R3.

La deuxième évolution significative a été la mise sur le marché d'adhésifs auto-mordants (d'abord en deux étapes cliniques) (Fig. 1-9).

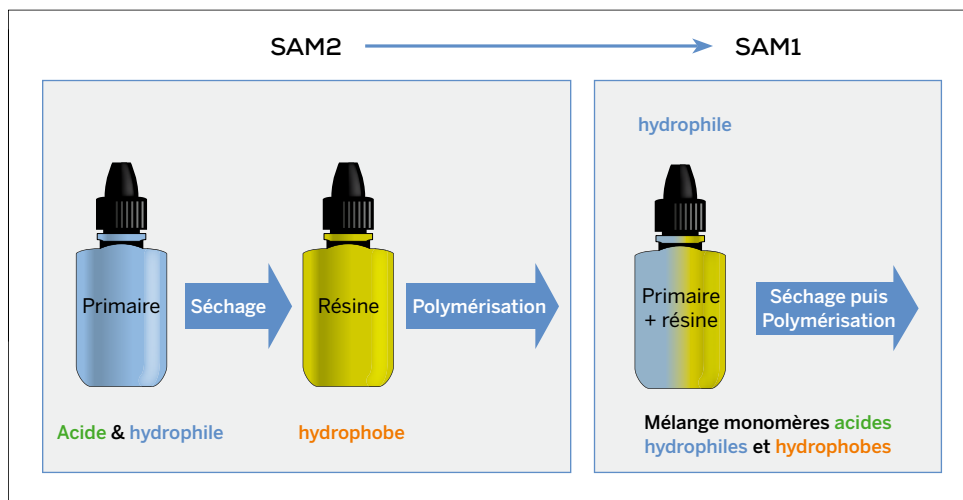
Avec ces adhésifs, la dentine n'est plus mordancée avec de l'acide phosphorique, mais par un primaire (*primer*) auto-mordant (*self-etching primer*) et donc acide. L'objectif de la première étape est triple :

- déminéraliser la dentine avec des monomères acides hydrophiles (avec des groupements carboxyliques ou phosphates) en solution ;
- imprégner cette dentine déminéralisée (et la boue dentinaire partiellement éliminée) avec des monomères hydrophiles, pour créer une couche hybride, certes plus fine qu'avec les M&R, mais réelle ;
- créer des liaisons chimiques entre les monomères acides et les ions calcium de la dentine.



1-9 Les SAM2 : plus d'acide phosphorique, mais des primaires acides.

1-10 De SAM2 à SAM1 : simplification ultime ? La couche d'adhésif SAM1 est perméable.



Dans la deuxième étape, le second flacon (le *bonding*) est à base de monomères hydrophobes et cette précision a son importance, nous le verrons plus loin.

La marche vers la simplification à tout prix n'ayant pas cessé, les fabricants ont rapidement proposé des matériaux en une seule étape, les SAM1 (Fig. 1-10) :

- le flacon unique contient des monomères acides en solution aqueuse et d'autres monomères hydrophiles et hydrophobes ;
- l'utilisation obligatoire d'eau dans la composition de ces matériaux implique son élimination soigneuse afin d'obtenir une bonne polymérisation. De plus, les monomères hydrophiles favorisent la perméabilité de la couche adhésive.

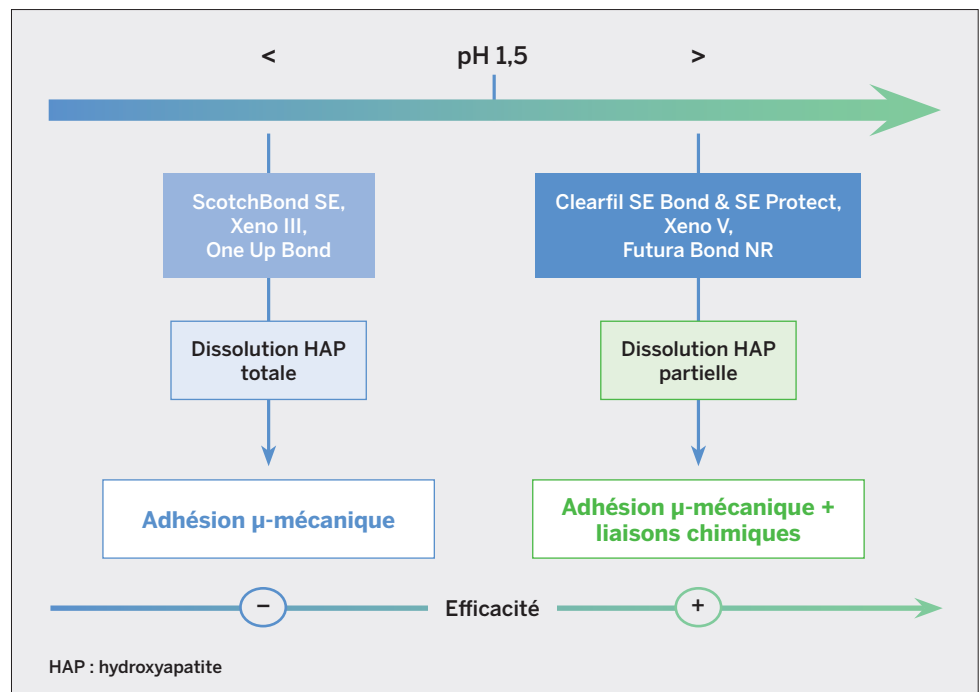
On reviendra plus loin sur ce sujet, mais on peut d'ores et déjà affirmer que la réduction du nombre d'étapes ne s'est pas traduite par une amélioration des performances des adhésifs auto-mordants⁵.

Les performances des adhésifs auto-mordants

Certains systèmes adhésifs auto-mordants présentent des pH très acides ($< 1,5$) et d'autres systèmes ont des pH moins acides ($\geq 1,5$) (Fig. 1-11).

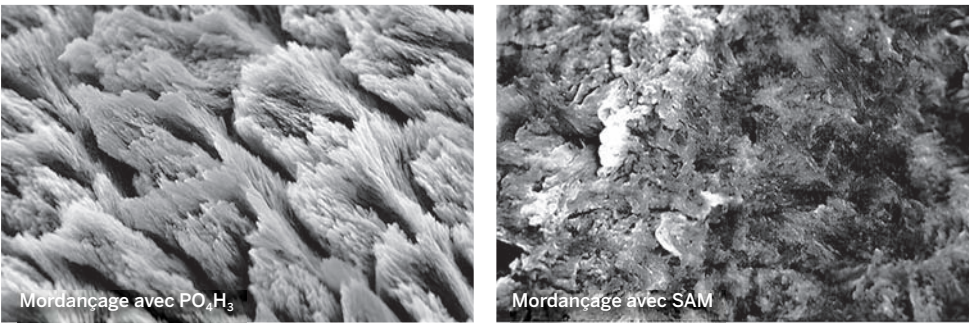
Ces différences de pH induisent des différences notables de modes d'action :

- lorsque le pH est très bas (très acide), la dissolution de l'hydroxyapatite dentinaire (HAP) au sein de la zone traitée est totale. L'adhésion obtenue est donc uniquement de type μ -mécanique ;
- lorsque le pH est moins acide, la dissolution de l'HAP n'est pas totale et il a été montré qu'alors, deux modes d'adhésion coexistaient : μ -mécanique et chimique avec établissement de liaisons chimiques entre certains monomères et l'HAP.



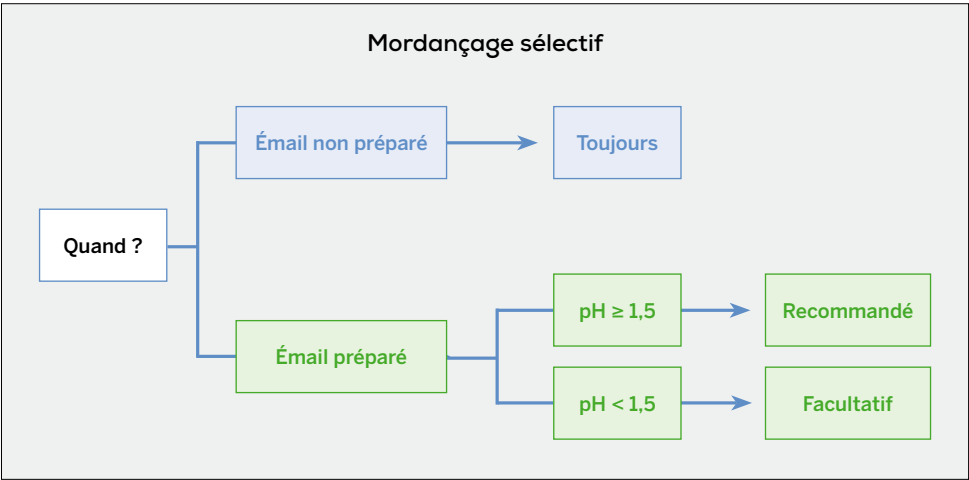
1-11 Influence du pH des adhésifs auto-mordants sur leur mécanisme d'adhésion.

1-12a Action des adhésifs auto-mordancants sur l'émail et conséquences sur la stratégie adhésive.



Les adhésifs auto-mordancants sont-ils efficaces sur l'émail ?
La topographie d'un émail traité avec les systèmes auto-mordancants n'est manifestement pas identique à celle obtenue après application de l'acide phosphorique (Fig. 1-12 a).
Est-ce que cela influence l'adhésion à l'émail ? (Fig. 1-12 b)
La réponse n'est pas simple, puisqu'on sait que ces adhésifs peuvent interagir et donc se lier chimiquement avec HAP de l'émail.
Il est cependant préconisé de mordancer systématiquement avec de l'acide phosphorique un émail « non préparé », afin d'éliminer la couche la plus superficielle, dont la structure cristalline moins bien organisée ne permet pas la formation d'une rugosité efficace pour une adhésion μ -mécanique.
De plus, si le pH de l'adhésif mis en œuvre est supérieur à 1,5, il est aussi conseillé de mordancer sélectivement l'émail⁵.
Retenons que dans la plupart des situations, il est fortement recommandé de mordancer sélectivement l'émail lorsqu'on utilise des adhésifs auto-mordancants à $\text{pH} \geq 1,5$.

1-12b Les recommandations concernant le mordancage sélectif de l'émail avec les adhésifs auto-mordancants.



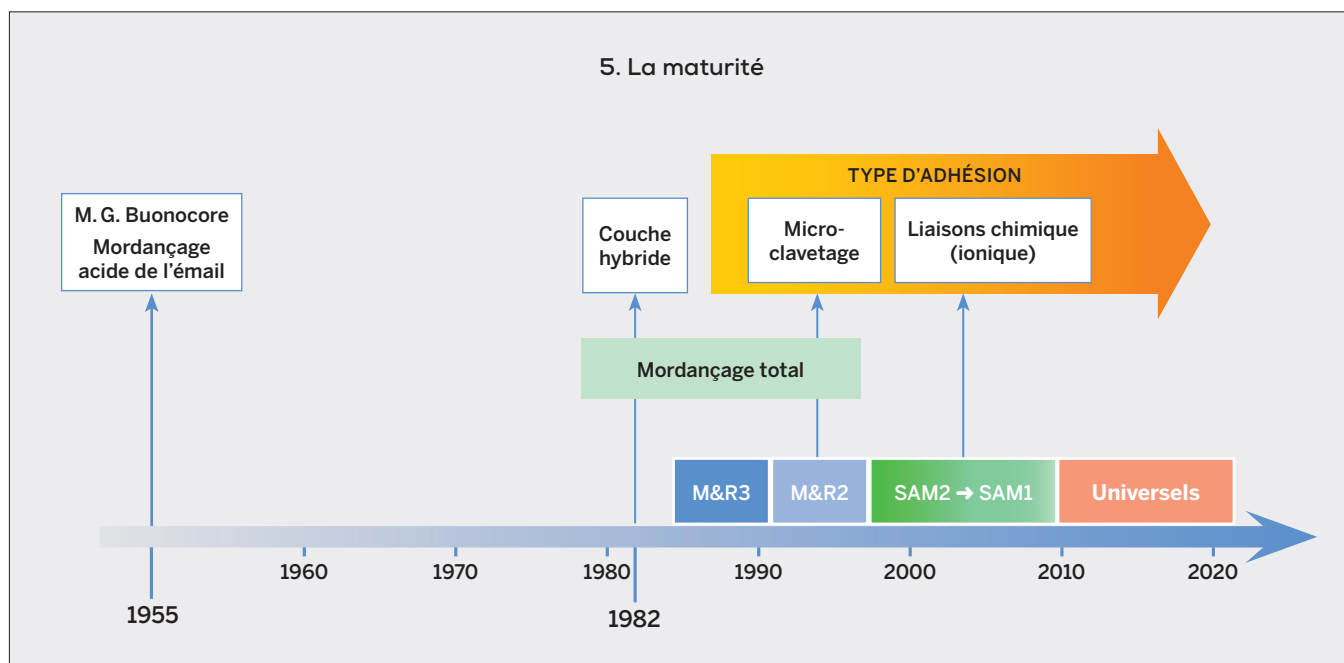
Les adhésifs dits universels ou multimodes

L'évolution des adhésifs auto-mordançants a abouti aujourd'hui aux adhésifs dits universels ou multimodes (Fig. 1-13 et 1-14).

On les appelle multimodes car ils peuvent être utilisés :

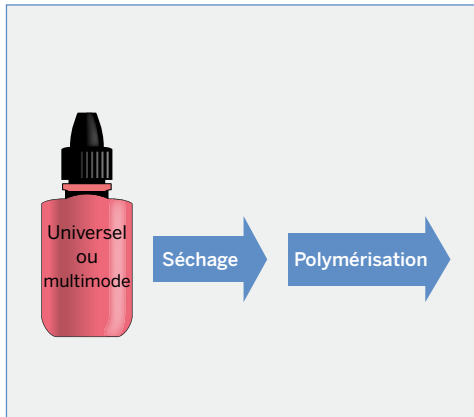
- comme des adhésifs SAM1 sans mordançage sélectif de l'émail ;
- comme des adhésifs SAM1 avec mordançage sélectif de l'émail ;
- après mordançage total (émail + dentine) qui est le mode spécifique de ces adhésifs universels. Dans ce dernier mode, sa mise en œuvre s'apparente à celle des M&R2.

Un prochain chapitre sera consacré à cette dernière génération actuellement en plein développement.

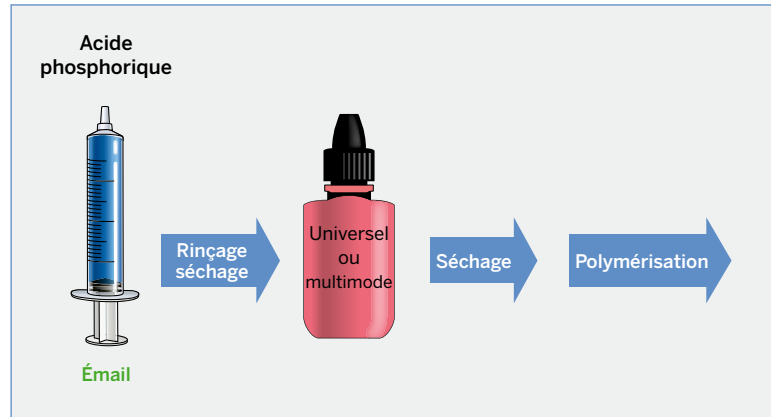


1-13 Apparition et développement de la dentisterie adhésive.

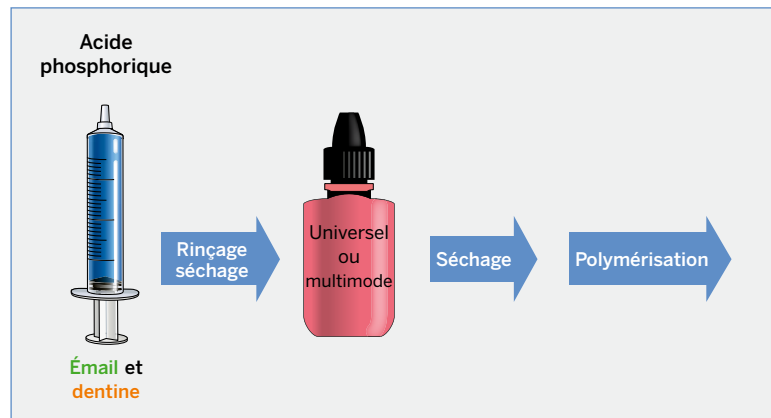
Comme un SAM1



Comme un SAM1 avec mordantage sélectif de l'émail



Comme un M&R2 avec mordantage total



1-14 Les trois possibilités de mise en œuvre des adhésifs multimodes dits « universels ».

Ce qu'il faut retenir...

Il y a aujourd'hui trois familles de systèmes adhésifs :

- Mordançage total et rinçage (M&R) en trois étapes cliniques ou deux étapes cliniques
- Systèmes auto-mordançants (SAM) en deux étapes ou une étape
- Multimodes (ou universels) qui pourraient être mis en œuvre avec ou sans mordançage total ou sélectif

Les évolutions constituent-elles des améliorations ?

Pas toutes !

1. Les M&R2 ne sont pas plus simples à mettre en œuvre, ni plus tolérants, ni plus efficaces que les M&R3
2. Les SAM1 ne sont pas plus simples à mettre en œuvre que les SAM2 (évaporation du solvant plus délicate, polymérisation plus difficile, couche d'adhésif plus perméable)
3. Les SAM avec un $\text{pH} \geq 1,5$ nécessitent un mordançage sélectif de l'émail

Si vous souhaitez aller plus loin dans l'exploration de ces quarante années de développement des systèmes adhésifs, nous vous recommandons l'excellent article de synthèse publié par l'équipe de Bart Van Meerbeek dans le *Journal of adhesive dentistry* en 2020³.