



HAL
open science

Le fluorure diamine d'argent : effets sur l'adhérence des matériaux de restauration directe

Aurore Vivier

► **To cite this version:**

Aurore Vivier. Le fluorure diamine d'argent : effets sur l'adhérence des matériaux de restauration directe. Médecine humaine et pathologie. 2022. dumas-04119473

HAL Id: dumas-04119473

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-04119473v1>

Submitted on 6 Jun 2023

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

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



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

THESE

**POUR OBTENIR LE DIPLOME D'ETAT
DE DOCTEUR EN CHIRURGIE DENTAIRE**

Présentée et publiquement soutenue devant

Aix-Marseille Université
(Président : Monsieur le Professeur Éric BERTON)

Faculté des Sciences Médicales et Paramédicales
(Doyen : Monsieur le Professeur Georges LEONETTI)

Ecole de Médecine Dentaire
(Directeur : Monsieur le Professeur Bruno FOTI)

***Le fluorure diamine d'argent : effets sur l'adhérence des
matériaux de restauration directe***

Présentée par

**VIVIER Aurore
Marie Denise**

Née le 27/09/1996

A Marseille

Thèse soutenue le **Vendredi 9 décembre 2022**

Devant le jury composé de

Président : Professeur RASKIN Anne

Assesseurs : Docteur JACQUOT Bruno

Docteur CAMOIN Ariane

Docteur REYNAL Florence

THESE

**POUR OBTENIR LE DIPLOME D'ETAT
DE DOCTEUR EN CHIRURGIE DENTAIRE**

Présentée et publiquement soutenue devant

Aix-Marseille Université
(Président : Monsieur le Professeur Éric BERTON)

Faculté des Sciences Médicales et Paramédicales
(Doyen : Monsieur le Professeur Georges LEONETTI)

Ecole de Médecine Dentaire
(Directeur : Monsieur le Professeur Bruno FOTI)

***Le fluorure diamine d'argent : effets sur l'adhérence des
matériaux de restauration directe***

Présentée par

**VIVIER Aurore
Marie Denise**

Née le 27/09/1996

A Marseille

Thèse soutenue le **Vendredi 9 décembre 2022**

Devant le jury composé de

Président : Professeur RASKIN Anne

Assesseurs : Docteur JACQUOT Bruno

Docteur CAMOIN Ariane

Docteur REYNAL Florence

ADMINISTRATION

Doyens Honoraires	Professeur	Raymond SANGIUOLO†
	Professeur	Henry ZATTARA
	Professeur	André SALVADORI
	Professeur	Jacques DEJOU
Directeur	Professeur	Bruno FOTI
Directeurs adjoints	Professeur	Michel RUQUET
	Professeur	Anne RASKIN
Chargés de missions		
Formation Initiale	Professeur	Michel RUQUET
Recherche	Professeur	Anne RASKIN
Formation Continue	Professeur	Frédéric BUKIET
Relations Internationales	Professeur	Hervé TASSERY
Internat et Diplômes d'études spécialisées	Professeur	Virginie MONNET-CORTI
Affaires générales	Docteur	Patrick TAVITIAN
Responsable Administrative	Madame	Katia LEONI

PROMOTIONS :

2019 Raymond SANGIUOLO
2020 Gaston BERGER
2021 Joseph MIGOZZI
2022 Jérôme GALLION

LISTE DES ENSEIGNANTS

PROFESSEURS DES UNIVERSITÉS – PRATICIENS HOSPITALIERS DES CSERD

BUKIET Frédéric (58-01)
FOTI Bruno (58-02)
LE GALL Michel (56-01)
MONNET-CORTI Virginie (57-01)
RASKIN Anne (58-01)
RUQUET Michel (58-01)
TARDIEU Corinne (56-01)
TARDIVO Delphine (56-02)
TASSERY Hervé (58-01)
TERRER Elodie (58-01)

PROFESSEUR DES UNIVERSITÉS

ABOUT Imad (65)

PROFESSEURS ÉMÉRITES

DEJOU Jacques (58-01)
HUE Olivier (58-01)

MAITRES DE CONFERENCES DES UNIVERSITÉS – PRATICIENS HOSPITALIERS DES CSERD

ABOUDHARAM Gérard (58-01)	LAN Romain (56-02)
ANTEZACK Angeline (57-01)	LAURENT Michel (58-01)
BELLONI Didier (57-01)	MAILLE Gérald (58-01)
BOHAR Jacques (56-01)	MENSE Chloé (58-01)
CAMOIN Ariane (56-01)	PHILIP-ALLIEZ Camille (56-01)
CAMPANA Fabrice (57-01)	POMMEL Ludovic (58-01)
CATHERINE Jean-Hugues (57-01)	PRECKEL Bernard- Éric (58-01)
GAUBERT Jacques (56-01)	RÉ Jean-Philippe (58-01)
GIRAUD Thomas (58-01)	ROCHE-POGGI Phillipe (57-01)
GIRAUDEAU Anne (58-01)	SILVESTRI Frédéric (58-01)
GUIVARC'H Maud (58-01)	STEPHAN Grégory (58-01)
JACQUOT Bruno (58-01)	TAVITIAN Patrick (58-01)
LABORDE Gilles (58-01)	TOSELLO Alain (58-01)

MAITRES DE CONFÉRENCES DES UNIVERSITÉS ASSOCIÉS

BALLESTER Benoît (58-01)

BLANCHET Isabelle (58-01)

CASAZZA Estelle (58-01)

CHEFS DE CLINIQUE DES UNIVERSITÉS - ASSISTANTS DES HÔPITAUX

ARNIER Canelle (56-01)

BOREL Guillaume (56-02)

BAUDINET Thomas (58-01)

BRINCAT Arthur (57-01)

BROS Agnès (56-01)

CHIARINI Thomas (58-01)

DUPRAT Florence (56-01)

FAURE-BRAC Mathias (57-01)

FERRE Enzo (58-01)

FOUQUES Agathe (56-01)

HAMMOUTENE Stéphane (57-01)

LAFONT Jacinthe (57-01)

LAURENT Camille (58-01)

LIOTARD Alicia (58-01)

MADENIAN Pauline (58-01)

MANSUY Charlotte (58-01)

MARTIN William (56-01)

ONGHENA Tom (56-01)

PASCHEL Laura (58-01)

PILLIOL Virginie (58-01)

PRINCE Fanny (57-01)

RAYNAUD Camille (58-01)

REYNAL Florence (56-01)

ROMAO Vincent (57-01)

ROUSCOFF Eva (57-01)

SADOWSKI Camille (57-01)

TERRER Jérémy (56-01)

VIEILLARD Pierre (56-01)

CHEF DE CLINIQUE DES UNIVERSITÉS ASSOCIÉ

BROTONS Adèle (56-01)

Intitulés des sections CNU :

56^{ème} section : Développement, croissance et prévention

56-01 Odontologie pédiatrique et orthopédie dento-faciale

56-02 : Prévention – Epidémiologie – Economie de la santé – Odontologie légale

57^{ème} section : Chirurgie orale, Parodontologie, Biologie Orale

57-01 : Chirurgie orale – Parodontologie – Biologie orale

58^{ème} section : Réhabilitation orale

58-01 : Dentisterie restauratrice – Endodontie – Prothèses – Fonction-Dysfonction – Imagerie – Biomatériaux

L'auteur s'engage à respecter les droits des tiers, et notamment les droits de propriété intellectuelle. Dans l'hypothèse où la thèse comporterait des éléments protégés par un droit quelconque, l'auteur doit solliciter les autorisations nécessaires à leur utilisation, leur reproduction et leur représentation auprès du ou des titulaires des droits. L'auteur est responsable du contenu de sa thèse. Il garantit l'Université contre tout recours. Elle ne pourra en aucun cas être tenue responsable de l'atteinte aux droits d'un tiers

Remerciements...

A la présidente du jury, Madame le Professeur Anne RASKIN,

Je tiens à vous remercier de me faire l'honneur de présider ce jury de thèse. Je porte un très grand respect pour votre dévouement auprès des patients et des étudiants ainsi que pour votre implication au sein du service d'odontologie hospitalière dans lequel j'ai apprécié travailler. Veuillez recevoir par cet ouvrage la marque de mon profond respect.

A mon directeur de thèse, Monsieur le Docteur Bruno JACQUOT,

Je vous remercie d'avoir accepté de diriger cette thèse. Votre patience, disponibilité et implication m'ont permis de mener à bien ce projet. M'ayant accordé votre confiance au travers de ce travail, j'espère qu'il sera à la hauteur de vos espérances. Je vous remercie également pour la rigueur professionnelle et la bienveillance dont vous faites preuve lors des vacations d'odontologie conservatrice. Veuillez recevoir l'expression de ma plus haute estime.

A Madame le Docteur Ariane CAMOIN,

Je vous remercie sincèrement d'avoir accepté de faire partie des membres de ce jury. Merci pour vos conseils, votre gentillesse et la qualité de votre enseignement lors des vacations d'odontologie pédiatrique. Je vous exprime ma reconnaissance et gratitude pour votre disponibilité.

A Madame le Docteur Florence REYNAL,

C'est un plaisir de vous compter parmi les membres de ce jury. Je vous remercie de porter un intérêt à ce travail ainsi que pour votre disponibilité.

Je dédie cette thèse...

À mon fils, qui est ma plus grande fierté, ma source de bonheur dans laquelle je puise mon énergie. Aucun mot ne pourra jamais exprimer l'amour incommensurable que je te porte.

À l'homme de ma vie, qui est à la fois mon meilleur ami, mon confident, mon conseiller, ma force, mon pilier, mon époux et le meilleur des papas. Tu es sans aucun doute ma raison d'exister. Je te remercie chaque jour de m'avoir choisie telle que je suis pour faire le chemin à tes côtés, puisse notre route être la plus longue possible. Merci pour ton écoute, soutien et encouragement tout au long de mon cursus. Tu as rendu ces années d'études bien plus riches et plus belles que prévues. Je t'aime.

À mes parents, merci pour votre amour inconditionnel et votre soutien sans faille. Vous avez toujours cru en moi et je vous en remercie. Sans vous je n'en serais pas là où j'en suis aujourd'hui. J'admire les parents que vous êtes, le sens de la famille et les valeurs que vous m'avez transmises. J'espère ne pas vous avoir donné trop de cheveux blancs jusqu'à ma soutenance. Vous n'avez plus de soucis à vous faire pour moi, prenez soin de vous, c'est à mon tour d'être là pour vous. Je vous aime tellement.

À mon frère et à ma sœur, mon enfance n'aurait pas eu la même saveur sans vous à mes côtés, sûrement moins pimentée. Merci de m'avoir supportée malgré mes mauvais talents de magicienne et mes piètres talents de danseuse comme en attestent certaines vidéos. Puisse nous garder cette si belle complicité au fil des années. Je vous souhaite le bonheur et la réussite dans tout ce que vous entreprendrez.

À mes quatre grands-parents, que j'ai le bonheur d'avoir toujours auprès de moi à chaque étape importante de ma vie, j'ai conscience qu'il s'agit là d'une chance formidable. J'espère que vous êtes fiers de votre petite-fille. En tout cas moi, je suis fière d'avoir une famille comme la nôtre et je vous remercie car c'est grâce à vous et ce que vous avez bâti. Je vous porte dans mon cœur.

SOMMAIRE

Introduction.....	1
I. <u>Fluorure diamine d'argent : données actuelles de la science</u>	2
A) Historique, composition et formes commerciales.....	2
B) Propriétés biochimiques du SDF.....	3
C) Applications du SDF dans la gestion de la lésion carieuse.....	6
1) <u>Prévention des lésions carieuses primaires</u>	6
2) <u>Arrêt des lésions carieuses dentinaires</u>	6
2.1) Efficacité	6
2.2) Recommandations	7
2.3) Technique SMART	9
2.4) Protocole d'utilisation du SDF	11
3) <u>Agent de pré-traitement dentinaire et prévention des lésions carieuses secondaires</u>	11
II. <u>Effets du SDF sur l'adhérence : revue systématique de la littérature et méta-analyse</u>	14
A) Objectifs	14
B) Stratégie de recherche	14
C) Résultats	15
D) Analyse des résultats	16
1) <u>Ciments verres ionomères</u>	18
2) <u>Systèmes adhésifs</u>	24
E) Discussion	31
Conclusion.....	33

Introduction

La pandémie de Covid-19 et les recommandations émises par le Conseil national de l'ordre des chirurgiens-dentistes concernant la limitation des procédures générant des aérosols (1) a remis en évidence l'intérêt du fluorure diamine d'argent dans notre arsenal thérapeutique. En effet, dans ce contexte, le SDF (Silver Diamine Fluorure) apparaît comme une alternative thérapeutique intéressante à la prise en charge conventionnelle de la lésion carieuse cavitaire car son utilisation peut s'inscrire dans une démarche ART (Atraumatic Restorative Treatment) peu génératrice d'aérosols (2) : il peut être appliqué, combiné ou non à un curetage manuel atraumatique et non invasif de la dentine infectée pour provoquer l'arrêt des lésions carieuses dentinaires avant reconstitution de la surface dentaire. Cette technique, appelée protocole SMART (Silver Modified Atraumatic Restorative Treatment) est décrite dans la littérature depuis 2012(3,4) .

Cependant, il s'agit d'un usage « hors préconisation » car en France le SDF ne dispose d'une AMM que pour le traitement de l'hypersensibilité dentinaire et non pour le traitement des lésions carieuses. Il offre pourtant une approche prometteuse chez les patients non coopérants, principalement pour le traitement des caries de la petite enfance, ou bien encore pour le traitement des caries radiculaires chez les personnes âgées (5).

Le SDF est un agent cariostatique reconnu pour ses propriétés bactéricides, par sa haute concentration en argent, et pour son potentiel de reminéralisation, par sa haute concentration en fluor (6,7). Son application sur la dentine préalablement à un traitement de restauration directe a donc été suggérée dans le but de prévenir les lésions carieuses secondaires (8,9).

Des études in vitro ont démontré que les restaurations effectuées sur une dentine pré-traitée au SDF ont une meilleure résistance au développement de nouvelles lésions quand elles sont soumises au test cariogénique (10–12). Or il a été également démontré qu'une couche de phosphate d'argent se forme sur la surface dentinaire (13) avec des particules d'argent obstruant totalement ou partiellement les tubulis dentinaires (14).

Il semble donc pertinent de s'interroger si une telle application ne risquerait pas de nuire à l'adhésion des matériaux de restauration.

L'application préalable de fluorure diamine d'argent sur la dentine influence-t-elle la force d'adhérence des ciments verres ionomères et des systèmes adhésifs ?

L'objectif de cette thèse est d'analyser à partir d'une revue systématique de la littérature les effets du SDF sur l'adhérence des matériaux de restaurations directes à savoir les ciments verres ionomères et les systèmes adhésifs des résines composites, afin de s'assurer que son utilisation hors AMM en plein essor ne compromet pas la pérennité des restaurations mises en œuvre par le chirurgien-dentiste.

Pour répondre à notre problématique nous aborderons dans une première partie les caractéristiques du SDF, ses effets physico-chimiques sur les tissus dentaires et ses applications cliniques. Puis dans une seconde partie, nous procéderons à une méta-analyse à partir d'une revue systématique de la littérature sur notre question de recherche.

I. Fluorure diamine d'argent : données actuelles de la science

A) Historique, composition et formes commerciales

Le fluorure diamine d'argent est un topique fluoré utilisé par les professionnels de santé bucco-dentaire dans le cadre d'une dentisterie conservatrice non invasive. Il figure sur la liste des médicaments essentiels de l'OMS depuis octobre 2021 (15).

Ce produit se présente sous la forme d'une solution alcaline (pH = 10) incolore dont la formule chimique est la suivante : $\text{Ag}(\text{NH}_3)_2\text{F}$

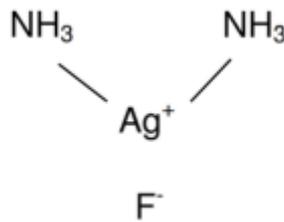


Figure 1 : Formule chimique de la molécule de fluorure diammine d'argent

La terminologie exacte est fluorure *diammine* d'argent car il contient 2 groupes ammine (NH_3),. Cependant le terme *diamine* étant communément retrouvé dans la littérature scientifique, nous l'orthographierons ainsi.

Cette association de molécules de fluor et d'argent stabilisées par de l'ammonium a été utilisée pour la première fois à l'université d'Osaka en 1969. Il est depuis commercialisé au Japon sous le nom Saforide® en tant qu'agent cariostatique.

En 2014 La Food and Drug Administration autorise l'utilisation du SDF aux Etats-Unis pour le traitement de l'hypersensibilité dentinaire. Il est présent sur le marché américain auprès du distributeur Elevate Oral Care, il s'agit de la spécialité Advantage Arrest®.

En Europe, il ne dispose d'une AMM que pour diminuer les sensibilités dentinaires. Il est commercialisé par la société SDI sous le nom de Riva Star®. Cette spécialité contient en plus de l'iodure de potassium (KI) pour limiter les colorations noires. Récemment un SDF de nouvelle génération d'efficacité équivalente au précédent a été breveté : le Riva Star Aqua®. Cette nouvelle formule sans ammoniac offre l'avantage de diminuer l'irritation des tissus mous tout en améliorant la stabilité de conservation du produit.



Riva Star Aqua® commercialisé en flacons ou capsules

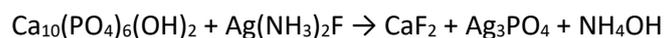
Le SDF existe sur le marché mondial à différentes concentrations. Il a été démontré que la concentration la plus efficace pour la prise en charge de l'hypersensibilité dentinaire et l'arrêt des lésions carieuses est celle à 38% de principe actif (3,16).

Le SDF à 38%, le plus communément utilisé, est une solution aqueuse dans laquelle le fluorure d'argent représente 35 à 40% et l'ammoniaque 15 à 20% du poids de la solution (17).

B) Propriétés biochimiques du SDF

Pour rappel, le processus cariogène résulte d'un déséquilibre entre la déminéralisation et la reminéralisation induit par la présence de bactéries cariogènes productrices d'acides et tolérantes aux acides.

Lorsqu'on applique le fluorure diamine d'argent sur la dent, il réagit avec l'hydroxyapatite et libère du phosphate d'argent (Ag_3PO_4) et du fluorure de calcium (CaF_2) (18):



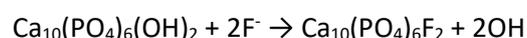
Le phosphate d'argent Ag_3PO_4 en s'oxydant est responsable de la coloration noire de la lésion carieuse inactive.

La formation de NH_4OH contribue à une alcalinisation du milieu en faisant monter le pH, cela protège les cristaux d'hydroxyapatite de la dissolution et rend l'environnement impropre au développement du biofilm bactérien(19).

Le fluorure de calcium CaF_2 , quant à lui, constitue une réserve d'ions fluorures. En effet, lors des attaques acides induites par les bactéries cariogènes, la diminution du pH intra-buccal provoque sa dissociation :



Ces ions fluorures vont alors s'intégrer à la structure cristalline de l'hydroxyapatite pour former des cristaux d'apatite fluorée :



A la différence d'autres produits fluorés qui vont essentiellement prévenir la formation de nouvelles lésions carieuses, le SDF est capable d'arrêter les lésions actives de manière efficace (20). Son action reposerait sur l'effet synergique des ions argent et fluorures libérés.

L'argent inhibe la croissance du biofilm cariogène. Il a un puissant effet antibactérien : les ions argent sont capables d'inhiber l'activité des enzymes bactériennes, de provoquer la rupture de leur paroi et d'induire la mutation de leur ADN, ce qui conduit à la mort des bactéries. Ils peuvent également être incorporés aux cristaux d'hydroxyapatite, en se substituant au ions calcium selon la formule suivante $Ca_{10-x}Ag_x(PO_4)_6(OH)_2$, et cette hydroxyapatite dopée en argent réduit l'adhésion bactérienne(21).

Le fluorure quant à lui favorise la formation minérale. Les cristaux de fluorohydroxyapatite $Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_{2-2x}F_{2x}$ formés, de solubilité réduite par rapport à l'hydroxyapatite, vont recouvrir et protéger le collagène partiellement exposé dans la lésion carieuse(22).

De plus le SDF inhibe la dégradation de la dentine organique. D'une part l'argent et le fluor inhibent tous deux l'activité des collagénases (métalloprotéinases matricielles MMP-2, MMP-8, MMP-9, cathepsines B et K) et préservent donc le collagène de sa dégradation. D'autre part le pH alcalin du SDF modifie le micro environnement autour de la lésion carieuse ce qui inactive aussi les collagénases bactériennes (20).

L'efficacité du SDF dans l'arrêt du processus carieux s'explique donc par ses propriétés antibactériennes, sa capacité à favoriser la reminéralisation et à protéger la dentine organique.

L'effet antibactérien du SDF a été démontré par Mei et coll.(23) sur 5 espèces de bactéries cariogènes (*Streptococcus mutans*, *Streptococcus sobrinus*, *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus rhamnosus* et *Actinomyces naeslundii*). Dans cette étude, des blocs de dentine humaine ont été incubés en présence de ce biofilm cariogène qui a induit des lésions carieuses dentinaires. Les échantillons ont ensuite été traités au SDF 38% pour le groupe expérimental et à l'eau pour le groupe témoin. Les échantillons ont été analysés à 7 jours, 14 jours puis 21 jours post-traitement par microscopie électronique à balayage MEB et microscopie confocale à balayage laser MCBL.

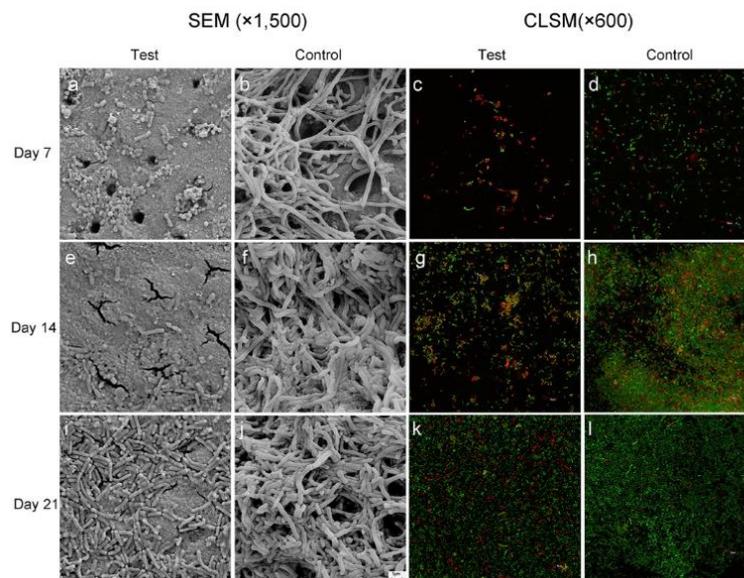


Figure 2 : images en MEB et MCBL du biofilm traité par fluorure diamine d'argent (a,c,e,g,i,k) et sans traitement (b,d,f,h,j,l) à 7,14 et 21 jours. Les bactéries vivantes sont vertes et les bactéries mortes sont rouges. Mei et coll (23)

La colonisation bactérienne est nettement inférieure sur la dentine traitée au SDF que dans le groupe témoin. De plus, les orifices tubulaires dentinaires sont plus petits et sont obstrués par le biofilm qu'au bout de 21 jours pour la dentine traitée tandis que pour la dentine non traitée les colonies sont confluentes dès le 7^{ème} jour.

Les effets du SDF sur la dentine minérale et organique ont été mis en évidence dans une autre étude de Mei et coll (24) dans laquelle ils comparent la structure physico-chimique de dents cariées traitées deux fois par an avec du SDF à des dents cariées non traitées.

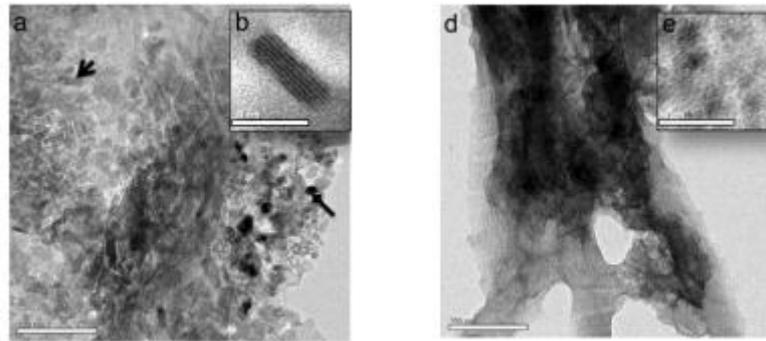


Figure 3 : images en microscopie électronique à transmission d'une lésion carieuse dentinaire traitée au SDF (a,b) et non traitée (d,e). Mei et coll (24)

On peut voir que les hydroxyapatites reminéralisées sont bien alignées dans la lésion dentinaire traitée au SDF (figure a et b) alors que lorsque celle-ci n'est pas traitée l'arrangement de la structure cristalline est plus aléatoire (figure d et e).

Ce défaut de la structure cristalline lié à la déminéralisation rend la surface dentinaire poreuse et expose de façon notable les fibres de collagène aux attaques acides (figure c et d). Alors que l'application de SDF permet de diminuer l'exposition de ces fibres de collagène et de les préserver de la dégradation (figure a et b).

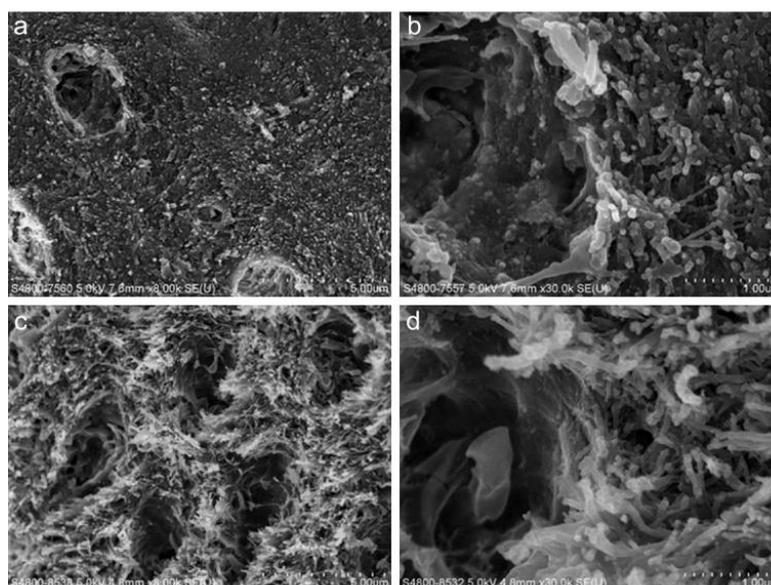


Figure 4 : images en microscopie électronique à balayage d'une lésion carieuse dentinaire arrêtée au SDF (a,b) et d'une lésion active (c,d) à différents grossissements (x8000 et x30000). Mei et coll(24)

C) Applications cliniques du SDF dans la gestion de la lésion carieuse

Le fluorure diamine d'argent est apparu initialement sur le marché pour le traitement de l'hypersensibilité dentaire du fait de sa capacité à obturer physiquement les canalicules dentinaires. En effet, nous avons vu précédemment que les ions argent peuvent précipiter dans les canalicules dentinaires et que les ions fluorure peuvent réagir avec les ions calcium libres pour former des dépôts de fluorure de calcium qui peuvent eux aussi bloquer les canalicules dentinaires (25). Toutefois en raison de ses propriétés antibactériennes, reminéralisantes et de sa faculté à préserver le collagène dentinaire son utilisation a été élargie à l'arrêt et la prévention des lésions carieuses. Son efficacité dans la gestion des caries est aujourd'hui mondialement reconnue, en particulier en odontologie pédiatrique(26,27) mais aussi en géroodontologie.

1) Prévention des lésions carieuses primaires

Par sa haute teneur en ions fluorure (44500ppm) le SDF s'avère être très efficace dans la prévention de la maladie carieuse. Lorsque le fluorure diamine d'argent est appliqué sur les surfaces dentaires, une diminution du nombre de nouvelles lésions carieuses est observée. Cela a été montré dans un essai clinique contrôlé randomisé (28) mené sur 425 enfants de 6 ans séparés en deux groupes : l'un recevant tous les 6 mois une application de SDF à 38% sur les canines et molaires temporaires ainsi que sur les premières molaires permanentes ; l'autre groupe servant de contrôle. Après 3 ans de suivi, le nombre de nouvelles lésions carieuses sur les dents temporaires était de 0,29 dans le groupe FDA contre 1,43 dans le groupe contrôle. D'autre part, le nombre de nouvelles lésions carieuses sur les dents permanentes était de 0,37 dans le groupe FDA contre 1,06 dans le groupe contrôle. On peut ainsi affirmer que la solution de fluorure diamine d'argent est efficace dans la prévention des lésions carieuses sur dents temporaires mais aussi sur les premières molaires permanentes.

De plus, il a été démontré que même s'il est appliqué uniquement sur les lésions carieuses, le SDF diminue aussi le risque de carie sur les surfaces dentaires adjacentes (29). Son action n'est donc pas limitée aux surfaces sur lesquelles il a été appliqué.

Il a été également établi qu'une application annuelle de SDF 38% est au moins aussi efficace qu'une application plus fréquente (c'est-à-dire 2 à 4 fois par an) de vernis fluoré 5% pour prévenir les lésions carieuses (30,31).

2) Arrêt des lésions carieuses dentinaires

2.1) Efficacité

L'efficacité du SDF dans l'arrêt des lésions carieuses chez les enfants a été plusieurs fois démontrée. La méta-analyse de Gao et coll publiée en 2016(32), indique que toutes les études incluses utilisant du SDF 38% ont démontré un effet statistiquement significatif dans l'arrêt des caries sur dents temporaires.

Chibinski et son équipe (27) ont reporté que le pourcentage de caries arrêtées sur 1 an après l'application de SDF est 66% plus élevé que d'autre matériaux bioactifs et 154% plus élevé que l'absence de traitement.

Contreras et son équipe ont déterminé, à partir d'une revue systématique de la littérature(6), que le SDF à des concentrations de 30% et 38% est plus efficace pour arrêter la progression des lésions

carieuses sur dents temporaires et permanentes que d'autres stratégies telles qu'une restauration temporaire en ciment verre ionomère ou l'application de vernis fluoré.

L'étude de Fung et coll.(33) démontre que le SDF à la concentration de 38% est plus efficace en application semestrielle qu'en application annuelle dans l'arrêt des lésions carieuses dentinaires sur dents temporaires.

L'efficacité du SDF a aussi été évaluée sur dents permanentes chez l'enfant (à savoir les premières molaires), dans l'étude de Braga (34), où il ressort que le SDF est plus efficace qu'un ciment verre-ionomère et que le brossage au bout 3 mois et 6 mois après l'application.

D'autre part, il existe encore peu d'études qui confirment cette efficacité chez les adultes et les personnes âgées.

Une revue systématique de la littérature publiée en 2017 (35) recense trois essais cliniques randomisés portant sur les caries radiculaires en population gériatrique mais aucun portant sur les caries coronaires. Celle-ci démontre que la fraction prévenue et le taux d'arrêt des caries radiculaires sont significativement plus élevés que le placebo.

En 2019 Seifo et coll.(36) rapportent que l'application de SDF 38% prévient la formation de caries radiculaires avec un taux de réussite de 72% plus élevé qu'un traitement placebo.

Une autre revue systématique de la littérature plus récente menée par Zhang et coll.(37) portant sur le fluor dans la prévention des caries radiculaires détermine que l'application de SDF 38% en combinaison avec une éducation à la santé bucco-dentaire s'avère être la méthode la plus efficace pour prévenir les caries radiculaires chez les adultes.

2.2) Recommandations

En 2016, une équipe (Horst et coll) de l'UCSF(38) a établi un protocole d'utilisation du SDF dans le cadre du traitement des lésions carieuses. Du fait de son utilisation simple, rapide et peu coûteuse, ils définissent cinq indications d'application de SDF :

- Patients à risque carieux élevé (xérostomie ou carie précoce de la petite enfance) ;
- Patients dont le traitement des lésions carieuses est rendu difficile par la prise en charge comportementale ou médicale ;
- Patients présentant des lésions carieuses ne pouvant pas être toutes traitées en une seule séance ;
- Patients présentant des lésions carieuses difficiles à traiter
- Patients n'ayant pas accès aux soins dentaires

L'utilisation de SDF est formellement contre-indiqué si le patient est allergique à l'argent. Les contre-indications relatives sont l'ulcération gingivale et la stomatite ainsi que la grossesse et l'allaitement si le SDF est associé à l'iodure de potassium.

En 2018, l'ADA Center for Evidence-Based Dentistry a formulé des recommandations cliniques suite à une revue systématique de la littérature avec méta-analyse en réseau (39) portant sur les traitements non restaurateurs des lésions carieuses. Ces recommandations tiennent compte des caractéristiques de la lésion carieuse (stade ICDAS et localisation) et du patient.

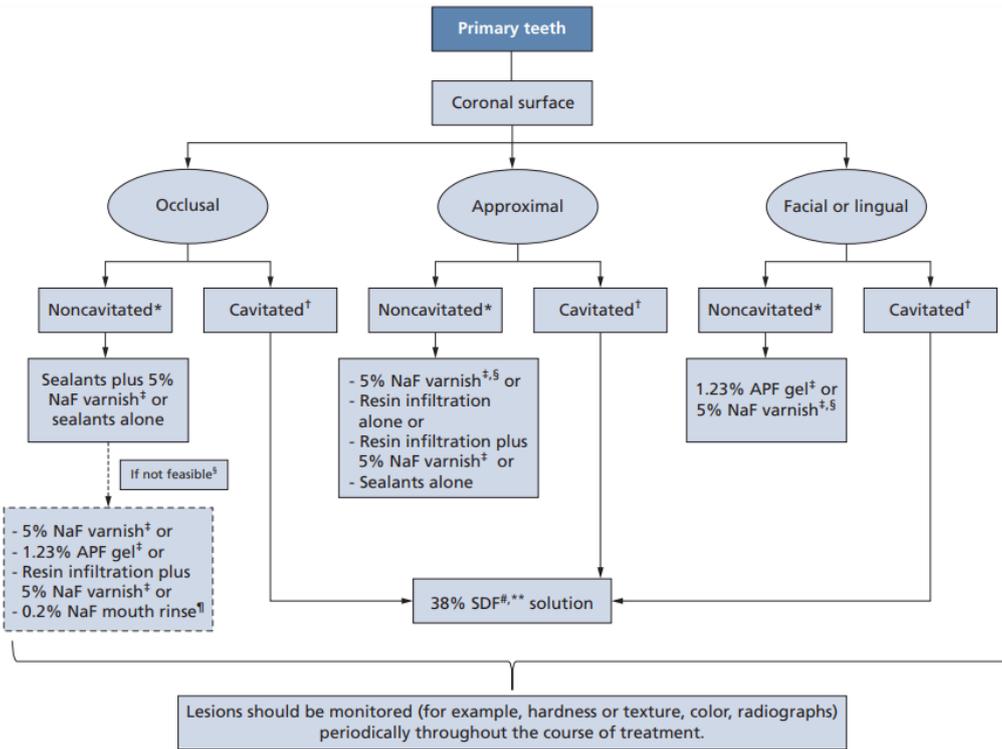


Figure 6 : Arbre décisionnel pour le traitement des lésions carieuses non cavitaires (ICDAS 1-2) et cavitaires (ICDAS 5-6) sur dents temporaires. Slayton et coll (38)

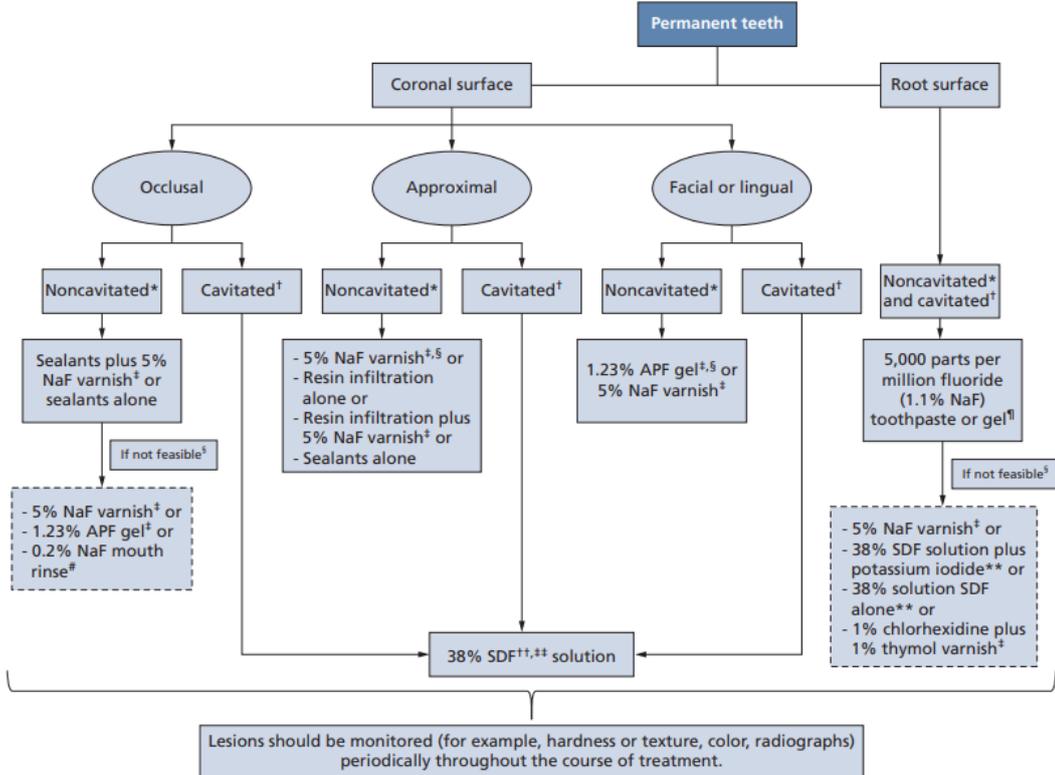


Figure 5 : Arbre décisionnel pour le traitement des lésions carieuses non cavitaires (ICDAS 1-2) et cavitaires (ICDAS 5-6) sur dents permanentes. Slayton et coll (38)

Ainsi, le groupe d'expert recommande fortement l'application semestrielle de SDF 38 % pour arrêter les lésions carieuses cavitaires avancées, définies comme étant à un stade ICDAS 5-6, sur les surfaces coronaires des dents temporaires. Il extrapole ses résultats en formulant la même recommandation pour les dents permanentes bien que le niveau de preuve soit plus faible.

Une seule étude (40) évalue l'effet du SDF sur les lésions carieuses au stade ICDAS 3 – 4. Cependant le diagnostic et l'analyse des résultats reposant uniquement sur une évaluation visuelle (non combinée à une évaluation radiographique), l'effet du SDF sur l'arrêt de la progression de ce type de lésion reste incertain. D'autres études combinant différentes méthodes de diagnostic et d'analyse des résultats sont nécessaires pour pouvoir formuler des recommandations pour le traitement par application de SDF des lésions carieuses au stade ICDAS 3-4.

Quant aux lésions carieuses cavitaires radiculaires, le groupe d'experts suggère aux cliniciens d'utiliser en priorité du dentifrice ou du gel à 5 000 ppm de fluorure (1,1 % de NaF) (au moins une fois par jour) plutôt que du SDF 38% (en application annuelle). Toutefois, pour être efficace ce traitement nécessite l'adhésion du patient et une bonne observance quotidienne or cela peut être difficile à mettre en pratique pour les patients âgés et ceux ayant des besoins spéciaux. L'application de SDF 38% pour traiter la carie radiculaire paraît être plus appropriée et est tout aussi efficace que lorsqu'il s'agit d'une lésion coronaire.

L'ADA recommande donc l'application semestrielle de SDF 38% pour arrêter la progression des lésions carieuses cavitaires coronaires et radiculaires.

D'autre part les recommandations de l'ADA tiennent compte aussi du patient : une application de SDF 38% deux fois par an pour les lésions cavitaires avancées est préconisée pour les patients dont l'accès au soin est limité, pour les patients non coopératifs et ceux chez qui l'anesthésie générale est considérée comme risquée.

Le SDF est contre-indiqué en présence de symptômes de pulpite irréversible.

2.3) Technique SMART

Le SDF offre donc une alternative thérapeutique intéressante dans certaines situations notamment chez les patients non coopérants. Cependant il ne remplace pas la thérapeutique restauratrice indispensable en présence d'une lésion dentinaire cavitaire. Cette approche non invasive constitue une solution transitoire dans la gestion de la maladie carieuse qui se doit d'être combinée à une restauration une fois la lésion dentinaire cavitaire arrêtée. Il peut s'agir d'une restauration en CVI dans le cadre d'une SMART ou d'une restauration composite si la coopération du patient est acquise au fur et à mesure des séances et que la pose d'un champ opératoire est possible.

La procédure SMART (Silver Modified Atraumatic Restorative Treatment) est décrite dans la littérature depuis une dizaine d'années mais reste pourtant mal connue et peu utilisée en France du fait que le SDF ne dispose pas d'AMM pour le traitement des lésions carieuses dentinaires (2).

Ce protocole consiste en l'application de SDF, accompagnée ou non d'un nettoyage sélectif des marges de la lésion carieuse, combinée à la réalisation d'une restauration, en ciment verre ionomère, le plus souvent ou bien en résine composite. La restauration peut être effectuée immédiatement après l'application de SDF ou bien lors d'une séance ultérieure (protocole SMART dit modifié) au

bout de 2 à 4 semaines ce qui permet de contrôler visuellement l'inactivation de la lésion et ce qui permet aussi à l'argent libre en surface de se dissiper et d'éviter de griser le matériau de restauration (41). Pour minimiser cette coloration on peut utiliser du fluorure diamine d'argent associé à l'iodure de potassium ou bien réaliser un nettoyage des marges de la cavité noircie avant la mise en place du matériau de restauration. L'autre possibilité, si la restauration est en résine composite, c'est de mettre un CVI autopolymérisable opaque (technique sandwich) en fond de cavité pour éviter le noircissement car c'est la photopolymérisation au contact de la surface traitée au SDF qui oxyde les dépôt d'argent leur donnant une teinte noire.

Voici une illustration du protocole SMART au travers de cas cliniques.



Figure 7 et 8 : Photographies intra-buccales d'une lésion arrêtée et noircie par application de SDF puis restaurée avec un ciment verre ionomère. On constate une certaine transparence sombre autour des zones marginales en l'absence de préparation des marges de la cavité. Douglas et coll (41)



Figure 9 et 10 : Photographies intra-buccales de lésions cervicales carieuses sur 14 et 15 arrêtées par application de SDF puis restaurées à la résine composite (technique sandwich avec CVI en fond de cavité). Douglas et coll (41)

2.4) Protocole d'utilisation du SDF

Voici les instructions recommandées par la société SDI qui figurent dans le guide d'application du fluorure diamine d'argent associé à l'iodure de potassium Riva Star (42) .

- Isolation et protection des tissus mous
- Nettoyage prophylactique
- En présence d'une lésion carieuse dentinaire cavitaire : débridement de la dentine molle infectée et nettoyage des marges amélares.

Toutefois il est important de noter que le curetage des tissus déminéralisés en amont de l'application de SDF n'est pas un pré-requis indispensable dans le sens où cela n'améliore pas l'interception de la lésion carieuse(43). En effet, une étude menée par Lo et coll. (44) a démontré que le pourcentage des lésions carieuses arrêtées par le SDF, qu'il soit appliqué avec ou sans curetage, n'est statistiquement pas différent. Le débridement ne fait donc pas varier l'efficacité du produit dans l'arrêt des lésions carieuses. En revanche, si la coopération du patient le permet, l'excavation est préférable pour diminuer la coloration noire et pour restaurer la dent.

- Séchage des surfaces dentaires à traiter
- Application du SDF avec microbrosse (il peut être intéressant d'utiliser des brossettes interdentaires en silicone imbibées de SDF pour accéder aux lésions interproximales (45))
- Laisser agir 60 secondes
- Retrait des excès avec un coton
- Si utilisation d'iodure de potassium , application du KI avec une autre microbrosse (en répétant cette étape 1 à 3 fois jusqu'à disparition du précipité blanc)
- Retrait des excès avec un coton

Pour les lésions traitées au SDF mais non restaurées une ré-application bi-annuelle est recommandée.(39)

On notera que pour la spécialité Advantage Arrest®, par exemple, le fabricant distingue deux protocoles différents (46): l'un pour une application de SDF seul et l'autre pour une application de SDF associée à une restauration au composite. Ce qui diffère est l'ajout d'une étape de rinçage avant le séchage de la zone traitée lorsque que la dent va être restaurée au composite. Nous verrons par la suite en quoi cette étape de rinçage avant obturation au composite est importante.

3) Agent de pré-traitement dentinaire et prévention des lésions carieuses secondaires

Le SDF 38% a été suggéré aussi comme agent de pré-traitement dentinaire avant la mise en place d'une restauration, dans le but de prévenir l'apparition de lésions carieuses secondaires(8,9).

En effet, il est communément admis que la principale raison de réfection des restaurations est l'apparition d'une nouvelle lésion carieuse au niveau de l'interface dent – matériau de restauration. Lors du débridement carieux, la limite entre la dentine infectée et affectée est difficilement détectable, elle repose sur l'appréciation visuelle et tactile du chirurgien-dentiste et la présence de bactéries viables laissées sous la restauration peut-être largement sous-estimée, c'est le scellement biologique de la dent avec une restauration étanche qui va tuer les potentielles bactéries non éliminées en les privant de leur substrat à savoir le saccharose.

C'est pourquoi, du fait de ses propriétés, notamment antibactériennes, l'application de SDF sur la dentine infectée ou affectée pour inhiber la croissance bactérienne sous la restauration paraît intéressante. En 2016, Wu et son équipe (9) ont émis l'hypothèse qu'une application de SDF 38% avant la mise en place d'une restauration en résine composite pourrait contribuer à prévenir les récurrences de carie et ont étudié les effets au niveau de l'interface de collage. De même, dans une autre étude de Kucukyilmaz et son équipe (8) publiée la même année, le pré-traitement dentinaire au SDF a été également suggéré dans le but de rendre la surface résistante au développement des bactéries cariogènes et l'impact d'une telle application sur l'adhésion a été analysé.

Cette nouvelle approche clinique du SDF a été testée et des études ont bien démontré qu'une dentine préalablement traitée au SDF confère aux restaurations une meilleure résistance aux reprises de caries et augmente ainsi leur taux de succès (10,11).

En effet, Mei et coll (10) ont testé si le conditionnement au SDF 38% de la dentine pouvait prévenir les caries secondaires. Dans cette étude des cavités ont été préparées sur des prémolaires humaines puis restaurées avec du ciment verre ionomère ou de la résine composite, avec ou sans pré-traitement au SDF. Toutes les dents ont été recouvertes d'un vernis résistant aux acides à l'exception d'une marge de 1mm autour de chaque restauration. Les échantillons ont ensuite subi un thermocyclage pour imiter le vieillissement de la restauration puis ont été incubées avec des colonies de bactéries cariogènes (*S.mutans* et *L.acidophilus*). La profondeur de la lésion externe à l'interface restauration-dent a été évaluée (figure 11).

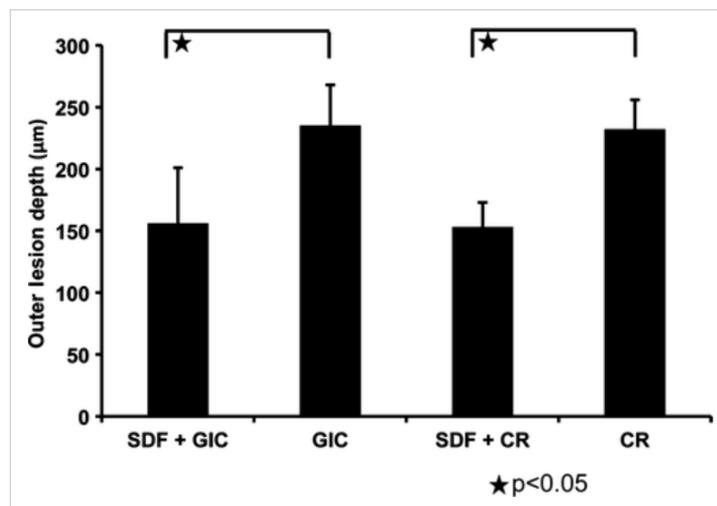


Figure 11 : Profondeur de la lésion externe des différents groupes de restauration. Mei et coll (10)

On constate que la profondeur de la lésion carieuse secondaire est moindre si un conditionnement de la dentine au SDF est réalisé avant la restauration. Toutefois les conditions de cette étude *in vitro* diffèrent des conditions *in vivo* dans lesquelles se développent les lésions carieuses et par conséquent les résultats doivent être interprétés avec prudence.

Une autre étude (11) a testé cette hypothèse selon laquelle le pré-traitement dentinaire serait efficace dans la prévention des caries secondaires. Des cavités ont été préparées sur des dents temporaires humaines puis traitées au SDF, au vernis fluoré ou à l'eau en fonction du groupe avant d'être restaurées à la résine composite. Après protection de la surface de la dent avec un vernis à l'exception des pourtours des restaurations, les échantillons ont été immergés dans une solution

acide pour mimer le processus carieux. Les lésions carieuses formées ont ensuite été analysées. Le groupe traité au SDF a montré les plus petites mesures en terme de longueur, largeur et profondeur de caries secondaires.

Ces études présument donc que le SDF peut être incorporé dans la thérapie restauratrice pour la prévention des caries secondaires.

Cependant nous avons vu précédemment qu'après application de SDF sur la dentine, il se forme une couche de phosphate d'argent en surface avec des particules d'argent qui obstruent totalement ou partiellement les canalicules dentinaires comme on peut le constater sur ces images en microscopie électronique à balayage (MEB) issues de l'étude de Knight et coll (14).

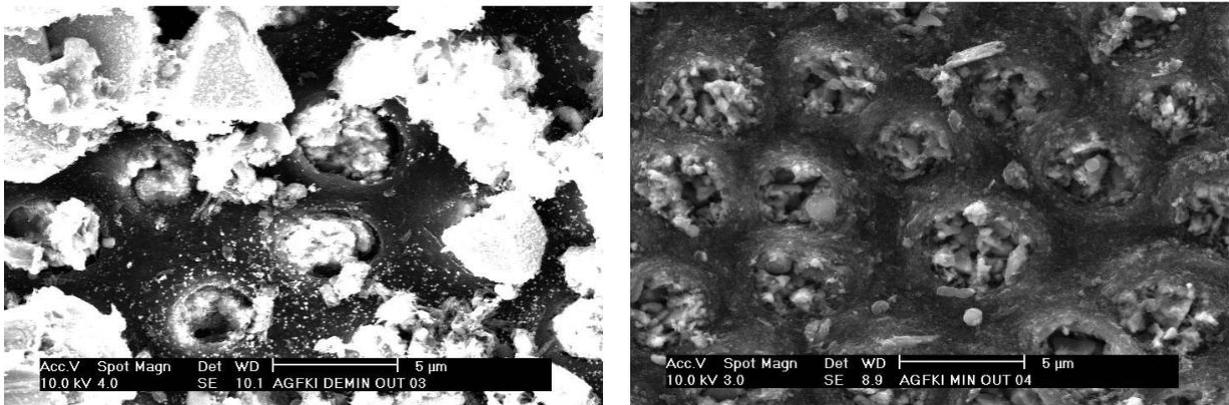


Figure 12 et 13 : Disques de dentine déminéralisée (à gauche) et non déminéralisée (à droite) traités avec SDF/KI et après 2 semaines d'exposition à *Streptococcus mutans*. Obstruction des canalicules dentinaires par les précipités et absence de biofilm formé. Knight et coll (14)

On peut voir la précipitation des produits de réaction du SDF/KI sous la forme de cristaux déposés au sein des canalicules dentinaires qu'il s'agisse d'un substrat dentinaire sain ou déminéralisé.

Par conséquent il semble judicieux de se demander si la formation de précipités d'argent en surface et dans les canalicules dentinaires ne nuit pas à l'adhérence des restaurations :

- Ciments verres ionomères : le SDF peut-il nuire aux CVI en diminuant les échanges ioniques(47) nécessaires à la réaction acido-basique du matériau et à l'adhésion à la surface dentinaire de type micromécanique et chimique ?
- Résines composites : le SDF peut-il nuire au collage des résines composites qui est basé sur une rétention micromécanique et chimique (48,49) ?

II. Effets du SDF sur l'adhérence : revue systématique de la littérature et méta-analyse

Nous reprendrons et analyserons dans cette thèse les articles inclus dans la mise à jour de la revue systématique de la littérature avec méta-analyse(50), menée par Fröhlich et son équipe et publiée en mars 2022, portant sur le sujet qui nous concerne : adhérence des ciments verre ionomères et des adhésifs à une dentine traitée préalablement au fluorure diamine d'argent. Nous compléterons cette revue systématique de la littérature en ajoutant les articles récents (publiés entre septembre 2020 et septembre 2022) qui rentrent dans les critères d'inclusion.

A) Objectifs

Objectif principal : Evaluer la qualité d'adhérence des matériaux de restauration directs sur une dentine pré-traitée au SDF.

- L'application de SDF sur une dentine saine ou cariée influence-t-elle la force d'adhérence des matériaux de restauration directs ?
- Le pré-traitement de la dentine au SDF influence-t-il la force d'adhérence des ciments verres ionomères ?
- Le pré-traitement de la dentine au SDF influence-t-il la force d'adhérence des systèmes adhésifs des résines composites?

B) Stratégie de recherche

Méthodologie PICO :

- Problème : matériaux de restauration directe, ciments verres ionomères, systèmes adhésifs
- Intervention : application préalable de fluorure diamine d'argent sur la dentine
- Comparateur : sans application de fluorure diamine d'argent
- Critère d'évaluation (Outcome) : adhérence

Question de recherche : L'application préalable de fluorure diamine d'argent sur la dentine influence-t-elle l'adhérence des matériaux de restauration directe ?

Mots-clés définis : bond strength, adhesion, glass-ionomer cement, adhesive, silver diamine fluoride

Sources bibliographiques utilisées : PubMed (Medline), Scopus, ISI Web of Science, LILACS

Formule utilisée :

Pour PubMed : (((((((((((bond strength) OR microtensile) OR micro shear) OR tensile) OR Tensile Strength[MeSH Terms]) OR tensile strength) OR shear) OR shear strength) OR Shear Strength [MeSH Terms])) AND (composite resins[MeSH Terms]) OR composite resins) OR composite resin*) OR resin composite* OR Adhesives[MeSH Terms] OR adhesive* OR adhesion OR adhesive* OR Dental Bonding [MeSH Terms] OR dental bonding OR Dentin-Bonding Agents[MeSH Terms] OR dentin bonding agent* OR total-etch adhesive* OR totaetch adhesive* OR total-etch OR total-etching OR conventional adhesive OR etch-and-rinse adhesive* OR self-etch adhesive* OR self-etch adhesive* OR self-etch* OR selfetching primer* OR all-in-one adhesive* OR one-bottle adhesive* OR universal adhesive* OR glass-ionomer cements [MeSH Terms] OR glass-ionomer cements OR glass-ionomer cement OR glass polyalkenoate cement* OR resin-modified glass-ionomer cement* OR highly viscous

glass-ionomer cement* OR high viscosity glass-ionomer cement AND (((((silver fluoride) OR silver diamine fluoride) OR SDF) OR diamine fluoride)

Pour ISI Web of Science, LILACS and Scopus the following search terms were used: (Silver Diamine Fluoride) OR (Silver Fluoride) AND (Bond Strength)

Normes utilisées : références PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses)

La lecture critique des publications a été réalisée jusqu'en septembre 2022 sans limite d'année de publication ou de langue.

Critères d'inclusion des études : études *in vitro* qui évaluent la force de liaison des matériaux de restauration directe (de type ciment verre ionomère, systèmes adhésifs, résine composite) à une dentine pré-traitée au SDF.

Critères d'exclusion des études : les études qui n'ont pas de groupe témoin (pas de comparaison à une dentine non traitée au SDF), les études qui ne portent pas sur la dentine coronaire, les études qui comprennent différents protocoles d'application des matériaux de restauration entre le groupe expérimental et le groupe témoin.

C) Résultats

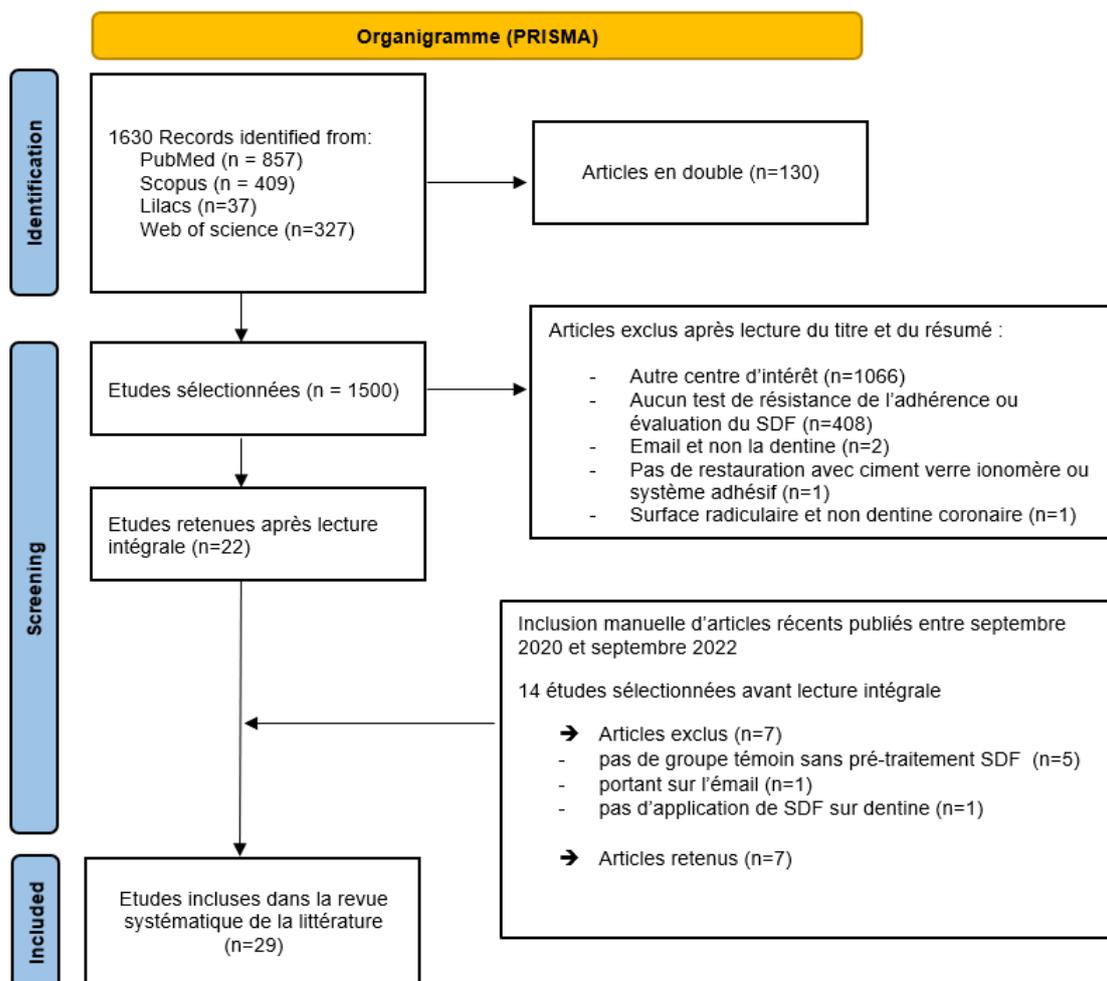


Figure 14 : Organigramme, source : auteur

1630 études ont été obtenues en insérant la formule sur les 4 sources bibliographiques. Après lecture des titres, des résumés, et l'exclusion des doublons et des études ne répondant pas aux critères d'éligibilité 22 études ont été sélectionnées par Fröhlich et son équipe. Nous avons inclus 7 études supplémentaires plus récentes, publiées après leur recherche bibliographique.

Au total 29 études sont retenues dans le cadre de cette revue systématique de la littérature.

D) Analyse des résultats

La plupart des études retenues ont été publiées sur les six dernières années.

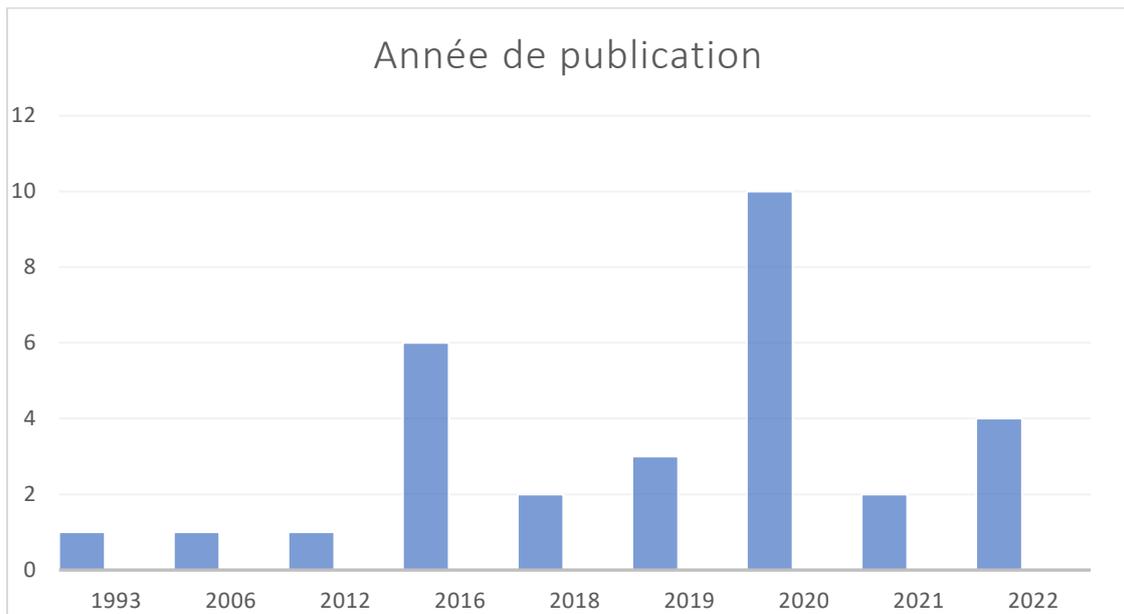


Figure 15 : Diagramme représentant le nombre d'études en fonction de l'année de publication, source : auteur

Les principaux pays de publication sont les Etats-Unis, la Chine, l'Inde, le Japon et le Brésil.

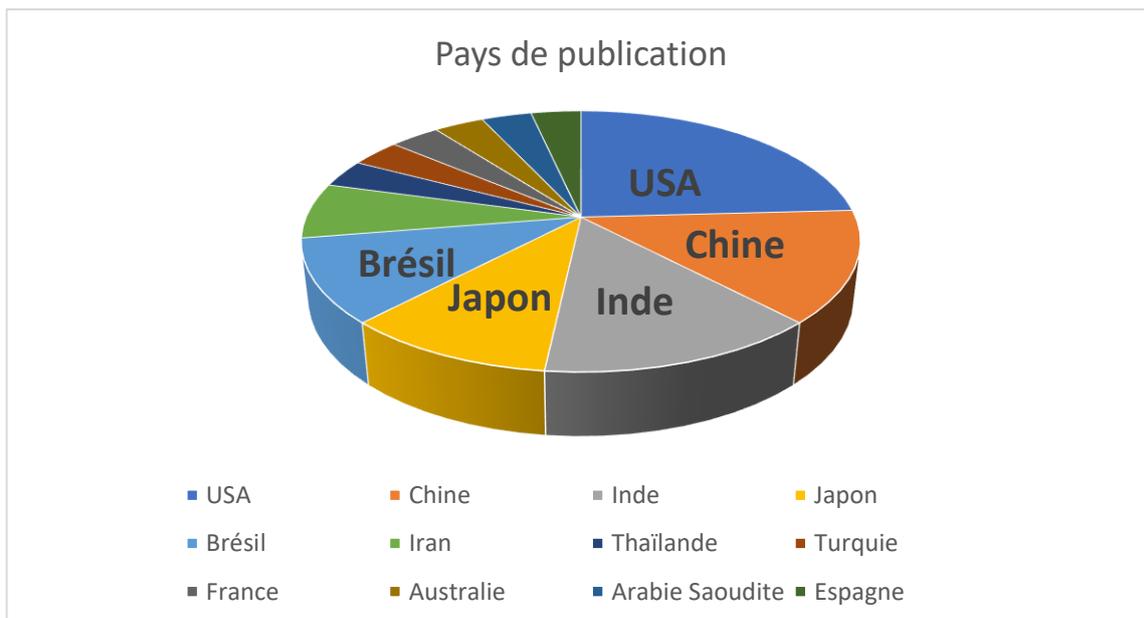


Figure 16 : Diagramme représentant les pays de publication des études incluses, source : auteur

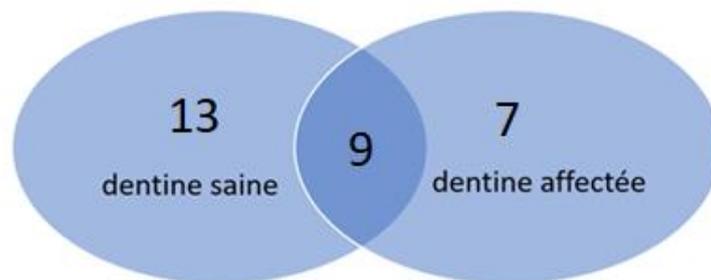
Treize études concernent les ciments verres ionomère (ciment verre ionomère conventionnel, ciment verre ionomère modifié par adjonction de résine ou de haute viscosité).

Treize études portent sur les systèmes adhésifs.

Trois études concernent les deux types de biomatériaux de restauration.

La majorité des études utilisent dans leur protocole expérimental du SDF à une concentration de 30% ou 38% associé à une solution d'iodure de potassium. Seules cinq études évaluent aussi les effets du SDF à des concentrations plus faibles mais les données ne seront pas prises en compte étant donné qu'il est reconnu que le SDF dosé à 30% ou 38% est plus efficace et c'est d'ailleurs cette dernière formulation qui est la plus répandue sur le marché.

Les substrats de collage diffèrent selon les études : 13 études testent une dentine saine, 7 études testent une dentine déminéralisée (soit causée par une lésion carieuse naturelle ou bien créée artificiellement) et 9 études testent les 2 substrats à la fois.



Les dents testées sont des molaires permanentes pour la majorité, seules 5 études portent sur des molaires temporaires et une seule étude s'appuie sur des dents n'appartenant pas à l'espèce humaine mais sur des dents bovines.

Le protocole d'application du SDF diffère selon l'étude considérée : il est frotté sur la surface dentaire à la micro-brosse pendant le temps recommandé par le fabricant puis suivi ou non d'un rinçage de 10 ou 30 secondes à l'eau distillée.

Bien qu'il existe de nombreuses études portant sur l'adhérence, il n'existe jusqu'à présent aucun protocole standardisé recommandé pour l'évaluation de la force de liaison. Les tests mécaniques recensés dans cette revue systématique de la littérature sont de deux types :

- test de résistance au cisaillement : cisaillement (11 études) et microcisaillement (5 études)

En raison de la facilité de préparations des échantillons et de la simplicité de la procédure, le test de cisaillement conventionnel ou macrocisaillement est couramment utilisé. Les contraintes en cisaillement s'exercent essentiellement à l'interface tissu dentaire/matériau de restauration des reconstitutions collées. C'est la raison pour laquelle ce test est fréquemment utilisé pour évaluer les valeurs d'adhésion des différents matériaux même si ce n'est pas la seule approche possible.(51)

À la différence d'un essai de traction, un essai de cisaillement implique que toutes les sollicitations soient tangentielles à la surface d'application et qu'elles soient parfaitement égales en tous points de cette surface. Il ne doit y avoir aucune sollicitation perpendiculaire à cette surface. C'est un essai très

intéressant pour évaluer un collage. Un essai de cisaillement est très difficile à réaliser sans qu'il apparaisse des forces parasites qui faussent les résultats.(52) En effet, de nombreuses ruptures cohésives dans le substrat ou le matériau testé ont été observées avec ce type de test. Ceci est dû à une répartition hétérogène et non uniforme des contraintes appliquées sur l'échantillon, provoquant ainsi sa défaillance prématurée avant la défaillance de l'interface adhésive elle-même. Pour surmonter ces inconvénients d'autres tests ont été développés, dits de microcisaillement, utilisant des surfaces d'interface collée plus petites. Il a été démontré que la réduction de la surface influence les valeurs d'adhérence et réduit les défaillances cohésives.

- test résistance à la microtraction (13 études)

L'essai le plus fréquemment utilisé afin de déterminer le comportement mécanique d'un matériau est l'essai de traction. C'est un test couramment réalisé sur les matériaux plastiques utilisés en restauration coronaire.(51) Le test de résistance de la liaison par la microtraction a une plus grande capacité discriminatoire que le test par macro-cisaillement traditionnel. Cet essai est caractérisé par la richesse des informations fournies. On exerce une force de traction sur une éprouvette de dimension standardisée, jusqu'à sa rupture, en suivant un processus de mise en charge à une vitesse de déformation constante. La réalisation d'un essai de traction nécessite la réalisation d'une éprouvette dont la géométrie et la calibration doit être rigoureuse (52). Le test de microtraction offre les avantages suivants : chaque dent, étant divisée, fournit plusieurs échantillons avec la possibilité de calculer moyenne et écart type d'une seule dent et on constate moins de défaillances cohésives.

Après détermination de la résistance à la rupture, suite à l'essai de cisaillement ou de traction, les échantillons sont analysés au microscope électronique à balayage pour analyser le type de rupture. On distingue la rupture cohésive et la rupture adhésive. Une rupture cohésive se fait au niveau de la restauration ou du substrat tandis qu'une rupture adhésive a lieu entre l'interface collée et la restauration. Enfin on parle de rupture mixte en présence des deux types de ruptures.

Les résultats des études ont été synthétisés dans 2 tableaux récapitulatifs, l'un pour les ciments verres ionomères, l'autre pour les systèmes adhésifs.

1) Ciments verres ionomères

Etude	SDF	substrat	Matériau de restauration	Protocole expérimental	Résultats
Braz et coll, 2020(53)	<p>Advantage Arrest 38%</p> <p>-Avec rinçage -Sans rinçage</p>	Dentine saine et affectée (artificiellement)	Fuji II LC® Riva Self-Cure	<p>Echantillons : 8 groupes de 7 dents permanentes humaines :</p> <ul style="list-style-type: none"> -Dentine cariée + SDF 38% + restauration CVI -Dentine cariée + SDF 38% + restauration CVIMAR -Dentine cariée non traitée restaurée au CVI -Dentine cariée non traitée restaurée au CVIMAR -Dentine saine + SDF 38% + restauration CVI -Dentine saine + SDF 38% + restauration CVIMAR -Dentine saine restaurée au CVI -Dentine saine restaurée au CVIMAR <p>⇒ Test micro-cisaillement après 24h d'incubation + analyse du type de fracture au MEB</p> <p>Dans un 2^{ème} temps : le groupe ayant les restaurations les moins résistantes est retesté avec différents agents de nettoyage après l'application de SDF (eau, oxyde d'aluminium, pierre ponce).</p>	<p>La résistance au micro-cisaillement des restaurations est affectée en présence d'un substrat carié et les restaurations en CVI conventionnel sont moins résistantes que celles en CVIMAR.</p> <p>Il semblerait que l'utilisation de pâte de pierre ponce après l'application de SDF soit la méthode de nettoyage la plus efficace pour minimiser l'effet négatif du SDF sur l'adhérence.</p>
François et coll, 2020 (54)	<p>Riva Star 38% + KI</p> <p>Sans rinçage</p>	Dentine saine	Equia Forte Fil®	<p>Echantillons : 6 groupes de 20 molaires permanentes humaines :</p> <ul style="list-style-type: none"> - dentine + eau + CVI-HV - dentine + acide polyalcalinoïque + CVI-HV - dentine + SDF + CVI-HV - dentine + SDF-KI + CVI-HV - dentine + SDF-KI + acide polyalcalinoïque + CVI-HV - dentine + SDF-KI + CVI-HV après 2 semaines de stockage dans l'eau + acide polyalcalinoïque <p>⇒ Test cisaillement après 48h d'incubation</p>	<p>Aucune différence significative des valeurs de SBS n'a été trouvée entre les différents protocoles testés.</p> <p>Le SDF n'a aucune influence sur l'adhérence du CVI-HV haute viscosité à la dentine saine.</p>
Gupta et coll, 2019 (55)	<p>Riva Star 38% + KI</p> <p>Avec rinçage</p>	Dentine saine	GC Gold Label 2 LC®	<p>Echantillons : 4 groupes de 8 molaires permanentes humaines :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Dentine + acide polyacrylique + CVIMAR - Dentine + CHX + CVIMAR - Dentine + SDF-KI + CVIMAR - Dentine + eau distillée + CVIMAR <p>⇒ Test cisaillement après 24h d'incubation</p>	<p>Le groupe d'échantillons traitée au SDF-KI possède les restaurations les plus résistantes.</p> <p>La force de liaison des restaurations en CVIMAR est significativement augmentée après utilisation de SDF-KI comme agent de nettoyage des cavités .</p>

<p>Jiang et coll, 2020 (56)</p>	<p>Saforide 38% Sans rinçage</p>	<p>Dentine saine et affectée (artificiellement)</p>	<p>Ketac-Molar Aplicap®</p>	<p>Echantillons : 4 groupes de 15 molaires permanentes humaines :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Dentine saine + SDF + CVI* - Dentine saine + eau + CVI* - Dentine cariée + SDF + CVI* - Dentine cariée + eau + CVI* <p>*Les restaurations CVI sont réalisées 14j après le traitement dentinaire (SDF ou eau)</p> <p>⇒ Test microtraction après 7 jours d'incubation + analyse des types de fracture</p>	<p>Pas de différence significative entre le SDF et le groupe témoin (eau) associé que ce soit pour la dentine saine ou cariée. Cependant la valeur moyenne mTBS du groupe dentine saine est significativement plus élevée que le groupe dentine cariée indépendamment de l'application de SDF. Il y avait plus de rupture cohésives pour les échantillons de dentine saine que cariée.</p> <p>La dentine cariée a une moins bonne adhérence que le dentine saine mais le SDF n'a aucune influence sur la force de liaison à la dentine.</p>
<p>Knight et coll, 2006 (57)</p>	<p>SDF + KI -Sans rinçage -Avec rinçage</p>	<p>Dentine saine</p>	<p>Fuji VII®</p>	<p>Echantillons : 4 groupes de 10 molaires permanentes humaines</p> <ul style="list-style-type: none"> -Dentine + acide phosphorique 37% + CVI -Dentine + GC dentin conditionner + CVI -Dentine + acide phosphorique 37% + SDF-KI + lavage du précipité et séchage + CVI -Dentine + acide phosphorique 37% + SDF-KI + séchage + CVI <p>⇒ Test cisaillement après 2 semaines d'incubation</p>	<p>Les échantillons de dentine traités avec SDF/KI suivis d'un lavage du précipité et d'un séchage à l'air ont des résistances de liaison (2,83MPa) non significativement différentes des échantillons conditionnés (2,40MPa). Les échantillons où le précipité SDF/KI a été séché à l'air sur la surface de la dentine présentent des résistances d'adhérence considérablement plus faibles (1,49MPa) que les échantillons lavés. Les échantillons mordancés ont une force d'adhérence considérablement plus faible (1,91MPa) que les échantillons conditionnés.</p> <p>Cette étude a révélé que le fait de laisser le précipité SDF/KI sur la surface de la dentine réduit considérablement la force de liaison du ciment verre ionomère à la dentine.</p>
<p>Koizumi et coll, 2016 (58)</p>	<p>Riva Star 38% + KI Sans rinçage</p>	<p>Dentine saine</p>	<p>Riva Bond LC®</p>	<p>Echantillons : 8 groupes de 10 molaires permanentes humaines dont 2 étudiant les CVIMAR</p> <ul style="list-style-type: none"> -Dentine + Riva Bond + CVIMAR -Dentine + SDF-KI + Riva Bond + CVIMAR <p>⇒ Test microtraction après 24h d'incubation</p>	<p>Pas de différence statistiquement significative au niveaux des valeurs d'adhérence entre le groupe contrôle et celui traité par SDF/KI</p>

<p>Ng et coll, 2020 (59)</p>	<p>Advantage Arrest 38% Sans rinçage</p>	<p>Dentine saine et affectée (lésion carieuse induite)</p>	<p>Fuji IX GP extra Capsule® GC Cavity Conditioner</p>	<p>Echantillons : 5 groupes de 10 à 12 molaires permanentes humaines :</p> <ul style="list-style-type: none"> -Dentine saine + conditionneur + CVI -Dentine cariée + conditionneur + CVI -Dentine cariée + conditionneur + SDF + CVI -Dentine cariée + SDF + CVI <p>Pour ces 4 groupes la restauration est faite une semaine après l'application de SDF</p> <ul style="list-style-type: none"> -Dentine cariée + conditionneur + SDF + CVI <p>immédiatement après</p> <p>⇒ Test cisaillement après 24h d'incubation</p>	<p>Le traitement au SDF n'affecte pas significativement la force d'adhérence du CVI à la dentine cariée. La rétention est meilleure lorsque la restauration est réalisée 1 semaine après l'application de SDF.</p>
<p>Puwanawiroj et coll, 2018 (60)</p>	<p>Saforide 38% Avec rinçage</p>	<p>Dentine affectée (lésion carieuse naturelle)</p>	<p>Fuji IX GP extra Capsule®</p>	<p>Echantillons : 2 groupes de 40 molaires temporaires</p> <ul style="list-style-type: none"> - Dentine cariée + eau déminéralisée + Dentin conditionner/CVI* - Dentine cariée + SDF (3min d'application = rinçage à l'eau 30 sec) + Dentin conditionner/CVI* <p>Les restaurations au CVI sur la dentine pré-traitée sont réalisées après 14j d'incubation.</p> <p>⇒ Test microtraction après 24h d'incubation + analyse type fracture au microscope</p>	<p>Il n'y a pas de différence statistiquement significative entre les valeurs moyennes de résistance du groupe traité au SDF (7,4 MPa) et du groupe témoin (6,3 MPa). Les ruptures sont majoritairement mixtes dans les 2 groupes.</p> <p>Le SDF n'affecte donc pas la force de liaison entre le CVI et la dentine cariée.</p>
<p>Uchil et coll, 2020 (61)</p>	<p>Famagin 38% + KI Avec rinçage</p>	<p>Dentine affectée (lésion carieuse induite)</p>	<p>Gold Label Light-Cure Universal®</p>	<p>Echantillons : 4 groupes de 9 molaires temporaires</p> <ul style="list-style-type: none"> -Dentine cariée + conditionnement acide polyacrylique 10% + CVIMAR -Dentine cariée + SDF + CVIMAR -Dentine cariée + mordantage acide phosphorique 37% 5s, rinçage 15s, séchage + SDF + CVIMAR -Dentine cariée + mordantage acide phosphorique 37% pdt 5 sec, rinçage 15 sec, séchage + SDF et KI + CVIMAR <p>⇒ Test microtraction après 7 jours d'incubation + analyse MEB type rupture</p>	<p>Pas de différence significative entre les groupes. L'application de SDF avec ou sans mordantage et qu'il soit associé ou non à une solution d'iodure de potassium n'affecte pas la force liaison du CVIMAR à la dentine cariée.</p>

<p>Wang et coll, 2016 (62)</p>	<p>Saforide 38% Avec rinçage</p>	<p>Dentine saine et affectée (lésion carieuse induite)</p>	<p>Fuji IX®</p>	<p>Echantillons : 6 groupes de 4 molaires permanentes</p> <ul style="list-style-type: none"> -Dentine saine + CVI -Dentine saine + SDF + CVI -Dentine saine + SDF + photopolymérisation + CVI -Dentine déminéralisée + CVI -Dentine déminéralisée + SDF + CVI -Dentine déminéralisée + SDF + photopolymérisation + CVI <p>⇒ Test microtraction après 24h et 7 jours d'incubation + analyse du type de rupture au MEB</p>	<p>L'application de SDF sur la dentine saine ou déminéralisée n'affecte pas la force de liaison du CVI à l'interface adhésive.</p> <p>Les groupes de dentine déminéralisée ont une force de liaison supérieure à celle des groupes de dentine saine.</p> <p>La force de liaison est significativement plus élevée à 7 jours qu'à 24 h.</p> <p>La majorité des échantillons présentent une rupture cohésive</p>
<p>Yamaga et coll, 1993(63)</p>	<p>Saforide 38% Sans rinçage</p>	<p>Dentine saine</p>	<p>Hy-Bond® différentes concentrations en poids de fluorure de tannin HY incorporées au CVI : 0% (HY0) 1.5% (HY1.5) 5.0% (HY5) 10.0% (HY10)</p>	<p>Echantillons : 8 groupes de 7 dents bovines</p> <ul style="list-style-type: none"> - Dentine saine + CVI HY0 - Dentine saine + CVI HY1,5 - Dentine saine + CVI HY5 - Dentine saine + CVI HY10 - Dentine saine + SDF + CVI sans HY0 - Dentine saine + SDF + CVI HY1,5 - Dentine saine + SDF + CVI HY5 - Dentine saine + SDF + CVI HY10 <p>⇒ Test cisaillement après 24h et 1 mois d'incubation et analyse du type de rupture</p>	<p>A 24h la force de liaison est augmentée par incorporation de fluorure de tanin dans le CVI à une concentration de 1,5%. Il y a une diminution de la force de liaison au fil du temps (1 mois) pour tous les groupes et aucune différence statistiquement significative n'a été observée quelle que soit la concentration de HY.</p> <p>L'utilisation combinée de SDF augmente la force de liaison du CVI et empêche cette diminution au fil du temps pour HY0 et HY1.5</p> <p>L'utilisation de fluorure diamine d'argent augmente la force de liaison du CVI.</p>
<p>Zhao et coll, 2019 (12)</p>	<p>Riva Star 38% + KI & Saforide 38% Protocole d'application : -Avec rinçage -Sans rinçage</p>	<p>Dentine affectée (artificiellement)</p>	<p>Ketac-Molar®</p>	<p>Echantillons : 3 groupes de 20 molaires permanentes</p> <ul style="list-style-type: none"> - SDF + KI (rinçage à l'eau distillée) + CVI à J1 - SDF + CVI à J1 - Eau + CVI à J1 <p>⇒ Test cisaillement après 24h d'incubation + analyse du type de rupture</p>	<p>La force de liaison des 3 groupes n'est statistiquement pas différente. Aucune différence significative n'est constatée dans la distribution des modes de rupture des 3 groupes , les ruptures sont majoritairement adhésives et mixtes.</p> <p>L'application immédiate de KI après le traitement au SDF n'a pas d'incidence négative sur l'adhérence du CVI à la dentine affectée par la carie.</p>

Articles publiés après la méta-analyse de Fröhlich

Ashahrani et coll, 2020 (64)	Saforide 38% Saforide 3,8% SDF38% + KI Prime Labs Private Limited Avec rinçage	Dentine saine et affectée (artificiellement)	CVIMAR Fuji II LC GC *PDT : thérapie photo dynamique : application de bleu de méthylène photosensibilisant + activation laser 30s + rinçage et séchage	Echantillons : 6 groupes de 10 dents permanentes humaines : - 1 : Dentine saine non traitée + CVIMAR - 2 : Dentine affectée + conditionneur + CVIMAR - 3 : Dentine affectée + SDF38% + CVIMAR - 4 : Dentine affectée + SDF 3,8% + CVIMAR - 5 : Dentine affectée + SDF/KI 38% + CVIMAR - 6 : Dentine affectée + PDT* + CVIMAR ⇒ Test cisaillement après 48h d'incubation + analyse type fracture microscope optique	Les restaurations du groupe 5 possèdent une adhérence significativement supérieure aux autres groupes testés. Le traitement préalable de la dentine déminéralisée avec du SDF 38% associé à l'iodure de potassium augmente donc la force de liaison de la restauration CVIMAR.
John et coll, 2021 (65)	SDF 38% Sans rinçage	Dentine affectée (artificiellement)	CVI type IX	Echantillons : 4 groupes de 10 dents temporaires dont 2 portant sur les CVI : - Dentine affectée + CVI - Dentine affectée + SDF + CVI ⇒ Test cisaillement après 3 jours d'incubation	Le pré-traitement dentinaire au SDF diminue de manière significative l'adhérence de la restauration à la dentine déminéralisée.
Khor et coll, 2022 (66)	Advantage Arrest 38% Avec rinçage	Dentine saine et affectée (artificiellement)	Fuji IX GP Extra GC Dentin conditioner GC	Echantillons : 4 groupes de 10 molaires permanentes humaines - Dentine saine + eau + CVI - Dentine saine + SDF + CVI - Dentine affectée + eau + CVI - Dentine affectée + SDF + CVI ⇒ Test microtraction après 24h d'incubation + analyse type fracture	L'application de SDF avant une restauration en CVI immédiate abaisse de manière significative l'adhérence à la dentine saine mais n'affecte pas la force de liaison à la dentine affectée.
Tiba et coll, 2022 (67)	Riva Star 38% + KI Sans rinçage	Dentine saine	GC Fuji II LC	Echantillons : 3 groupes de 10 molaires permanentes humaine : - Dentine saine + SDF/KI + CVIMAR - Dentine saine + vernis fluoré (3,5% NaF) + CVIMAR - Dentine saine + CVIMAR ⇒ Test cisaillement après 24h d'incubation	La force liaison de la restauration est significativement inférieure après l'application de vernis fluoré mais pas avec SDF/KI. Le SDF peut donc être utilisé conjointement à une restauration en CVIMAR sans affecter son adhérence.

La méta-analyse réalisée par Fröhlich et son équipe (50) des résultats des 12 études portant sur les ciments verres ionomères atteste qu'il n'y a pas de différence significative entre les groupes témoins et les groupes pré-traités au SDF .

Le pré-traitement de la dentine avec du fluorure diamine d'argent qu'il soit rincé ou non n'affecte pas l'adhérence des CVI à la dentine saine. L'étude plus récente menée par Tiba et coll appuie ces résultats. Seule l'étude de Khor dénote une baisse significative de l'adhérence à la dentine saine pré-traitée au SDF.

De même, selon Fröhlich et coll l'application préalable de SDF avec ou sans rinçage n'altère pas l'adhérence d'une restauration en CVI sur une dentine affectée par la carie, ce que l'article de Khor publié en 2022 vient confirmer. En revanche l'étude menée par John et coll constate elle une diminution de l'adhérence à la dentine affectée préalablement traitée au SDF et non rincé.

2) Systemes adhésifs

Etude	SDF	substrat	Matériau de restauration	Protocole expérimental	Résultats
Firouzmandi et coll, 2020 (68)	Ancarie Cariostatic® 30% Avec rinçage	Dentine saine ND et affectée (lésion carieuse naturelle) CAD	Adper Single Bond 2 (3M Oral Care) résine composite (Filtek Z250, 3M ESPE, USA)	Echantillons : 4 groupes de 12 molaires permanentes avec une dentine cariée (CAD caries-affected-dentin) entourée de dentine saine (ND normal dentin) - NT-ND : ND + mordantage 15s/rinçage15s/séchage + 2 couches adhésif photopolymérisé 10s+ résine photopolymérisée 40s - NT-CAD : CAD + mordantage/rinçage/séchage + 2 couches adhésif photopolymérisé + résine - SDF-ND : ND + mordantage rinçage/séchage + SDF + 2 couches adhésif photopolymérisé + résine - SDF-CAD : CAD + mordantage rinçage/séchage + SDF + 2 couches adhésif photopolymérisé + résine Division des groupes en 2 sous-groupes : ⇒ Test microcisaillement après 24h et 6 mois d'incubation	Le pré-traitement dentinaire au SDF augmente l'adhérence à la dentine affectée mais cet effet diminue avec le temps. Le SDF n'affecte pas la force de collage à la dentine saine à 24h mais freine la diminution de la force de collage à celle-ci avec le vieillissement.
Ko et coll, 2020 (69)	Saforide® 38% & Saforide 3,8% Avec rinçage	Dentine saine ND (normal dentin)	Clearfil SE Bond Adhésif automordant en 3 étapes	Echantillons : 3 groupes de 16 molaires permanentes -Eau stérile/rinçage/séchage + primer 20s + adhésif photopolymérisé 10s+ résine composite photopolymérisée 40s -SDF 3,8% + primer 20s + adhésif photopolymérisé 10s+ résine composite photopolymérisée 40s -SDF 38% + primer 20s + adhésif photopolymérisé 10sec+ résine composite photopolymérisée 40s ⇒ Test microtraction après 24h d'incubation, avec thermocyclage (à 5000 et à 10000 cycles) ou sans thermocyclage (0 cycles), + analyse type rupture au SEM	À 0 TC, les μ TBS pour le SDF 3,8 % et le SDF 38 % de SDF sont significativement réduits par rapport au groupe témoin. À 5 000 et 10 000 TC, les μ TBS du SDF 3,8 % sont comparables à ceux du groupe témoin, alors que les μ TBS du SDF 38 % sont significativement plus faibles. L'effet sur SDF sur l'adhérence de la résine à la dentine sont concentrations-dépendants Le groupe SDF à 3,8 % a des performances de collage plus stables après l'application d'une contrainte thermique par rapport au SDF à 38 % lié à la concentration moindre de dépôts d'ions fluorure et argent sur la surface traitée.

<p>Koizumi et coll, 2016 (58)</p>	<p>Riva Star 38% + KI Sans rinçage</p>	<p>Dentine saine</p>	<p>Optibond FL (Etch-and-rinse adhesive) Optibond Versa (2 step self-etching adhesive) Clearfil Liner Bond (2 step self-etching adhesive) direct micro-hybrid resin composite (Aura DC)</p>	<p>Echantillons : 8 groupes de 10 molaires permanentes humaines dont 6 portant sur les systèmes adhésifs :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Dentine + Optibond FL + résine - Dentine + Optibond Versa + résine - Dentine + Clearfil Liner Bond F + résine - Dentine + SDF-KI + Optibond FL + résine - Dentine + SDF-KI + Optibond Versa + résine - Dentine + SDF-KI + Clearfil Liner Bond F + résine <p>⇒ Test microtraction après 24h d'incubation + analyse du type de rupture au SEM</p>	<p>Les forces d'adhérence ont été affectées de manière négative pour tous les adhésifs L'analyse SEM a montré que Riva Star laissait un précipité sur la surface de la dentine . Il a été conclu que si Riva Star est utilisé comme agent de nettoyage des cavités, il ne doit pas être utilisé pour toute la cavité, mais pour une application localisée lorsqu'un fond de cavité se rapproche de la pulpe où la dentine cariée peut encore exister, sinon l'adhérence peut être compromise.</p>
<p>Kucukyilmaz et coll, 2016 (8)</p>	<p>Saforide 38% Sans rinçage</p>	<p>Dentine saine ND et affectée CAD(artificiellement)</p>	<p>Clearfil SE Bond restorative material (3M Filtek Z250, 3M-ESPE)</p>	<p>Echantillons : 12 groupes de 8 molaires permanentes</p> <ul style="list-style-type: none"> - ND + eau distillée - CAD + eau distillée - ND + laser Er :YAG + eau distillée - CAD + laser + eau distillée - ND + SDF - CAD + SDF - ND + laser + SDF - CAD + laser + SDF - ND + SiF (ammonium hexafluorosilicate) - CAD + SiF - ND + laser + SiF - CAD + laser + SiF <p>+ résine photopolymérisée 20sec</p> <p>⇒ Test microtraction + analyse type rupture (stéréomicroscope)</p>	<p>Le traitement au SDF et SiF réduit de manière significative la force de collage de la résine, que ce soit sur dentine saine ou affectée. Le laser réduit la force de liaison des groupes traités au SDF. L'utilisation de SDF et de SiF sous les restaurations en résine ne semble donc pas appropriée.</p>

<p>Lutgen et coll, 2018 (70)</p>	<p>Advantage Arrest® 38%</p> <p>3 protocoles différents :</p> <p><u>P1</u> = appliqué 10s puis séché (air) 5 sec <u>P2</u> = appliqué 10s, retrait des excès au coton après 1 min, rinçage 15 s puis séchage (air) 5s</p> <p><u>P3</u> = P1 + incubation pdt 24h + polissage + rinçage 15s puis séchage (air) 5s</p>	<p>Dentine saine</p>	<p>Scotchbond Etchant (3M) universal adhesive</p> <p>Scotchbond Universal Adhesive(3M Oral Care)</p> <p>Clearfil SE Bond 2 (2 step self-etch adhesive)</p> <p>Clearfil AP-X (hybrid composite)</p>	<p>Echantillons : 12 groupes de 10 molaires permanentes</p> <ul style="list-style-type: none"> -dentine + eau distillée + CSE + résine -dentine + SDF P1 + CSE + résine -dentine + SDF P2 + CSE + résine -dentine + SDF P3 + CSE + résine -dentine + eau distillée + SBU + résine -dentine + SDF P1 + SBU + résine -dentine + SDF P2 + SBU + résine -dentine + SDF P3 + SBU + résine -dentine + eau distillée + SBT + résine -dentine + SDF P1 + SBT + résine -dentine + SDF P2 + SBT + résine -dentine + SDF P3 + SBT + résine <p>⇒ Test micro-cisaillement après 24h d'incubation + analyse type rupture MEB</p> <p><u>CSE</u> : Clearfil SE Bond 2 : primer 20s + séché 5s + adhésif 10s</p> <p><u>SBU</u> : Scotchbond Universal Adhesive : adhésif 20s + séché 5s</p> <p><u>SBT</u> : mordantage 15s + rinçage 15s + séchage 5 s + Scotchbond Universal Adhesive 20s + séché 5s</p>	<p>Dans l'ensemble le SDF a un effet négatif sur le collage de la résine. Cependant s'il est rincé la force de liaison est meilleure et les protocoles CSE et SBT donnent de meilleurs résultats que l'utilisation d'un adhésif universel seul (SBU). De plus le polissage de la couche superficielle de dentine traitée au SDF (P3) confère un collage similaire au groupes témoins (eau distillée) pour les protocoles CSE et SBT.</p>
<p>Markham et coll, 2020 (71)</p>	<p>Advantage Arrest® 38%</p> <p>Protocole d'application : Avec rinçage Appliqué à la microbrosse pdt 1 min, rinçage, séchage</p>	<p>Email sain poli Dentine saine</p>	<p>G-Premio Bond (GC) <u>GP</u></p> <p>Prime&Bond elect (Dentsply Sirona) <u>PB</u></p> <p>Scotchbond Universal (3M Oral Care) <u>SB</u></p> <p>Appliqués selon les instructions du fabricant</p>	<p>Echantillons : 6 groupes de 15 molaires permanentes</p> <ul style="list-style-type: none"> -Dentine/email + GP + résine - Dentine/email + PB + résine - Dentine/email + SB + résine - Dentine/email + SDF + GP + résine - Dentine/email + SDF + PB + résine - Dentine/email + SDF + SB + résine <p>⇒ Test cisaillement (SBS) + analyse type rupture MEB</p>	<p>La stabilité de la liaison à l'émail des adhésifs universels avec SDF est significativement plus faible que sans SDF et la stabilité de la liaison dentinaire avec SDF est également significativement plus faible que sans SDF. Les fractures adhésives sont prédominantes pour tous les échantillons. Les résultats suggèrent que l'application de SDF sur l'émail et la dentine réduit la stabilité de liaison des adhésifs universels de type automordant.</p>

<p>Quock et coll, 2012 (72)</p>	<p>Saforide 38% & Ancarie Cariostatic 12%</p> <p>Avec rinçage</p>	<p>Dentine saine</p>	<p>Peak SE (self-etch bonding system)</p> <p>Peak LC (etch-and-rinse bonding system)</p> <p>Appliqués selon les instructions du fabricant</p> <p>microhybrid composite (Amelogen Plus, Ultradent)</p>	<p>Echantillons : 6 groupes de 7 molaires permanentes</p> <ul style="list-style-type: none"> - Dentine + Peak SE - Dentine + SDF 12% + Peak SE - Dentine + SDF 38% + Peak SE - Dentine + Peak LC - Dentine + SDF 12% + Peak LC - Dentine + SDF 38% + Peak LC <p>⇒ Test microtraction (μTBS) après 24h d'incubation + analyse type rupture</p>	<p>Il n'y a pas de différence statistiquement significative pour la force de liaison entre les groupes traités au SDF et les groupes témoins ni entre les 2 systèmes adhésifs utilisés.</p> <p>Le SDF n'affecte pas la résistance de la liaison de la résine composite à la dentine non cariée.</p>
<p>Selvaraj et coll, 2016 (73)</p>	<p>Riva Star 38% + KI</p> <p>Avec rinçage</p>	<p>Dentine saine</p>	<p>Adper Single Bond 2 (3M Oral Care) <u>ER</u></p> <p>Mordançage 15sec + rinçage à l'eau 10sec</p> <p>Adper Easy One (3M Oral Care) <u>SE</u></p>	<p>Echantillons : 4 groupes de 18 molaires permanentes</p> <ul style="list-style-type: none"> -Dentine + ER + résine - Dentine + ER+ SDF/KI + résine - Dentine + SE + résine - Dentine + SDF/KI + SE + résine <p>⇒ Test microcisaillement+ analyse du type de rupture MEB</p>	<p>Le pré-traitement dentinaire SDF/KI n'affecte pas négativement l'adhérence de la résine composite à la dentine saine. La force de liaison est significativement supérieure pour les échantillons utilisant le système adhésif avec mordançage combiné au SDF/KI que pour ceux utilisant le système automordançant seul sans SDF. Les ruptures adhésives prédominent pour tous les groupes.</p>
<p>Siqueira et coll, 2020 (74)</p>	<p>Riva Star 38% + KI & Cariestop 12%</p> <p>Avec rinçage</p>	<p>Dentine affectée (artificiellement) CAD</p>	<p>Clearfil Universal Bond Quick <u>CUQ</u></p> <p>Scotchbond Universal (3M Oral Care) <u>SBU</u></p> <p>2 protocoles d'application : <u>ER</u> : Etch-and-rinse <u>SE</u> : Self-etch</p> <p>Composite resin buildups (Opallis, FGM Dental Products)</p>	<p>Echantillons : 12 groupes de 5 molaires permanentes</p> <ul style="list-style-type: none"> - CAD + CUQ ER + résine - CAD + SDF 12% + CUQ ER + résine - CAD + SDF 38% + CUQ ER + résine - CAD + CUQ SE + résine - CAD + SDF 12% + CUQ SE + résine - CAD + SDF 38% + CUQ SE + résine - CAD + SBU ER + résine - CAD + SDF 12% + SBU ER + résine - CAD + SDF 38% + SBU ER + résine - CAD + SBU SE + résine - CAD + SDF 12% + SBU SE + résine - CAD + SDF 38% + SBU SE + résine <p>⇒ Test microtraction après 24h d'incubation + analyse type rupture</p>	<p>L'adhérence est statistiquement plus élevée pour les groupes où la dentine affectée a été traitée au SDF, quel que soit la concentration, par rapport au groupes contrôles. Le SDF 38% donne de meilleurs résultats pour les 2 adhésifs lorsqu'ils sont utilisés seuls sans mordançage préalable comparativement au SDF 12%.</p> <p>L'utilisation de SDF sur une dentine affectée, indépendamment du protocole d'application de l'adhésif, augmente l'adhérence des résines.</p>

<p>Van Duker et coll, 2019 (75)</p>	<p>Advantage Arrest 38% + KI Avec rinçage</p>	<p>Dentine affectée (artificiellement) CAD</p>	<p>Scotchbond Universal (3M Oral Care) SBU Protocole d'application : SBU en mode Etch-and-Rinse ER</p>	<p>Echantillons : 3 groupes de 10 molaires permanentes -CAD + eau déminéralisée + résine - CAD + SDF 38% seul + résine - CAD + SDF/KI + résine ⇒ Test microtraction après 24h d'incubation</p>	<p>Le groupe SDF/KI a les valeurs les plus faibles. Cette différence est statistiquement significative par rapport aux 2 autres groupes. En revanche il n'y a pas de différence statistiquement significative entre le groupe contrôle et le groupe SDF seul. Le SDF peut donc être appliqué localement sur la dentine déminéralisée avant le collage d'une résine sans compromettre la force de liaison d'un adhésif universel utilisé avec mordantage préalable. Cependant l'ajout de KI affaiblit considérablement l'adhérence.</p>
<p>Wu et coll, 2016 (9)</p>	<p>Saforide 38% Avec rinçage</p>	<p>Dentine saine</p>	<p>Prime&Bond NT Etch-and-Rinse ER : Mordantage 20s, rinçage 15s, séchage léger, adhésif 20s, séchage 5s, photopolymérisation 10s Résine composite (Dentsply Caulk)</p>	<p>Echantillons : 2 groupes de 12 molaires temporaires - Dentine + SDF + adhésif ER + résine - Dentine + adhésif ER + résine ⇒ Test microtraction après 24h d'incubation + analyse type rupture MEB</p>	<p>Il n'y a pas de différence significative au niveau de la force de liaison de la résine sur la dentine non pré-traitée et celle pré-traitée au SDF. Dans le groupe test il s'agit majoritairement de rupture adhésive. Le pré-traitement de la dentine saine avec du SDF 38% n'affecte pas l'adhérence de la résine composite.</p>
<p>Articles publiés après la méta-analyse de Fröhlich</p>					
<p>Cifuentes-Jimenez et coll, 2021 (76)</p>	<p>Cariestop Rivastar 1 (capsule 1 SDF seul) Riva Star 2 (capsule 1 + 2 SDF+KI) Saforide Avec rinçage</p>	<p>Dentine saine et affectée (artificiellement)</p>	<p>2 step self-etching adhesive Clearfil <u>SE</u> Bond 2 Etch-and-rinse <u>ER</u> adhesive : Optibond FL</p>	<p>Echantillons : 6 groupes de 10 molaires permanentes humaines, subdivisés en 2 : - Dentine saine sans SDF + SE + résine - Dentine saine sans SDF + ER + résine - Dentine affectée sans SDF + SE + résine - Dentine affectée sans SDF + ER + résine - Dentine affectée + Cariestop + SE + résine - Dentine affectée + Cariestop + ER + résine - Dentine affectée + Rivastar 1 + SE + résine - Dentine affectée + Rivastar 1 + ER + résine - Dentine affectée + Rivastar 2 + SE + résine - Dentine affectée + Rivastar 2 + ER + résine - Dentine affectée + Saforide + SE + résine - Dentine affectée + Saforide + ER + résine ⇒ Test microtraction après 24h</p>	<p>Les restaurations réalisées sur la dentine saine non traitée ont les adhérences les plus élevées quel que soit le système adhésif. La résistance à la microtraction est significativement plus faible dans tous les groupes utilisant l'adhésif auto-mordant. L'application de SDF a un impact négatif sur la force de liaison des systèmes adhésifs.</p>

<p>Farahat et coll, 2022 (77)</p>	<p>Advantage Arrest 38% + KI Avec rinçage</p>	<p>Dentine saine</p>	<p>Single bond Apder bond 2 <u>SB</u> (3M ESPE) Single Bond Universal <u>SBU</u> (3M ESPE) Résine Z250 composite A2 (3M ESPE)</p>	<p>Echantillons : 4 groupes de 24 molaires permanentes humaines</p> <ul style="list-style-type: none"> -Dentine saine + SDF/KI + mordantage + SB + résine - Dentine saine + mordantage + SB + résine - Dentine saine + SDF/KI + SBU + résine - Dentine saine + SBU + résine <p>⇒ Test cisaillement après 24h d'incubation suivi ou non d'un thermocyclage + analyse du type de fracture</p>	<p>Le traitement dentinaire avec SDF/KI réduit de manière significative l'adhérence des restaurations par rapport aux groupes témoins excepté pour les échantillons non thermocyclés utilisant le l'adhésif universel.</p>
<p>John et coll, 2021 (65)</p>	<p>SDF 38% Sans rinçage</p>	<p>Dentine affectée (artificiellement)</p>	<p>Résine composite GC G-Aenial Universal Flo Adhésif auto-mordantant SE</p>	<p>Echantillons : 4 groupes de 10 dents temporaires dont 2 portant sur les CVI :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Dentine affectée + SE + résine - Dentine affectée + SDF + SE + résine <p>⇒ Test cisaillement après 3j d'incubation</p>	<p>La force de liaison de la restauration est considérablement réduite après l'application de SDF. Cependant cette résine composite a une meilleure résistance au cisaillement avec et sans SDF par rapport au CVI dans cette même étude.</p>
<p>Scherer et coll, 2022 (78)</p>	<p>Cariestop 12% Cariestop 30% Riva Star 38% Avec rinçage</p>	<p>Dentine affectée (artificiellement)</p>	<p>Scotch Bond Universal <u>SBU</u> appliqué en mode etch-and-rinse (3M ESPE)</p>	<p>Echantillons : 4 groupes de 10 molaires temporaires humaines :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Dentine affectée sans SDF - Dentine affectée + SDF 12% - Dentine affectée + SDF 30% - Dentine affectée + SDF 38% + SBU et restauration résine différée (après 14j d'incubation) <p>⇒ Test microcisaillement après 24h d'incubation</p>	<p>L'application de SDF 38% sur la dentine confère aux restaurations une meilleure adhérence par rapport au groupe contrôle et au SDF 12%. Pas de différence significative entre les groupes 12% et 30%. Le pré-traitement de la dentine déminéralisée au SDF ne compromet pas la force de liaison d'un adhésif universel sur les dents temporaires quelle que soit la concentration.</p>
<p>Tiba et coll, 2022 (67)</p>	<p>Riva Star 38% + KI Sans rinçage</p>	<p>Dentine saine</p>	<p>Universal restorative composite Filtek Z250 3M ESPE</p>	<p>Echantillons : 3 groupes de 10 molaires permanentes humaine :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Dentine saine + SDF/KI + résine - Dentine saine + vernis fluoré (3,5% NaF Varnish) + résine - Dentine saine + résine <p>⇒ Test cisaillement après 24h d'incubation</p>	<p>L'adhérence est plus élevée pour les échantillons traités au SDF/KI par rapport au groupe contrôle mais la différence n'est pas statistiquement significative. Le traitement préalable de la dentine saine au SDF/KI ne semble pas compromettre la force de liaison d'une restauration en résine composite.</p>

Les résultats de la méta-analyse des 11 études portant sur les systèmes adhésifs menée par l'équipe de Fröhlich et coll démontrent que le pré-traitement dentinaire au SDF avant le collage d'une résine composite a un effet négatif sur l'adhérence de la restauration. En revanche le rinçage du SDF permettrait d'éliminer cet effet négatif sur une dentine saine et augmente même l'adhérence sur une dentine affectée par la carie comme on peut le constater avec l'étude de Scherer et coll. L'étude récente de John vient confirmer l'effet négatif du SDF sur l'adhérence en l'absence de rinçage et l'étude de Cifuentes et coll et de Farahat et coll donnent les mêmes conclusions bien que le SDF soit rincé. Seule l'étude de Tiba et coll trouve que l'application de SDF en amont de la restauration n'affecte pas l'adhérence sur la dentine saine.

E) Discussion

D'après cette revue systématique de la littérature, le pré-traitement dentinaire au SDF n'a pas le même impact sur l'adhérence de la restauration en fonction du matériau utilisé. En effet, le SDF ne modifie pas l'adhérence des restaurations en ciment verre ionomère mais peut nuire à celles en résine composite s'il n'est pas rincé. Ceci peut s'expliquer par le mécanisme de liaison qui diffère pour ces deux types de matériau de restauration.

Quel que soit le substrat, dentine saine ou dentine affecté, et quel que soit le protocole d'application du SDF, avec ou sans rinçage, celui-ci n'a pas d'effet négatif sur l'adhérence des ciments verres ionomères. Pour rappel, la liaison du CVI est basée sur une réaction chimique entre l'acide polyacrylique du verre ionomère et les ions calcium de l'hydroxyapatite. Le protocole d'application du SDF n'influence pas l'adhérence à la dentine, cependant même dans les études où le SDF n'est pas rincé une mise en condition tissulaire de la dentine à l'acide polyacrylique est réalisée avant la restauration. Le rinçage du SDF ou l'application d'acide polyacrylique semble donc nécessaire pour une adhérence appropriée du CVI à la surface dentinaire afin d'éliminer l'excès de précipité d'argent et favoriser ainsi les échanges ioniques indispensables à la réaction acido-basique de prise du matériau.

En revanche, pour les systèmes adhésifs le rinçage du SDF est une étape importante sans laquelle l'adhérence des restaurations en résine composite se trouve réduite. Les particules d'argent précipités au niveau de la dentine périrubulaire et intertubulaire sembleraient perturber le collage de ces restaurations qui repose sur une rétention micromécanique et la formation d'une couche hybride. Toutefois cet effet négatif du SDF sur le collage peut être supprimé par le rinçage même lorsqu'il s'agit de la dentine cariée. Contrairement à ce que l'on pourrait penser les résultats ne sont significativement pas différents pour la dentine affectée par la carie. On pourrait s'attendre à avoir de moins bons résultats en présence d'une dentine cariée par rapport à une dentine saine, en raison des différences physico-morphologiques de ce substrat modifié ainsi que de la précipitation significativement plus élevée d'argent et de fluorure déposé sur la dentine déminéralisée (14) mais cela n'a pas été confirmé dans la présente revue systématique. Au contraire réaliser un pré-traitement au SDF de la dentine affectée suivi d'un rinçage immédiat pourrait augmenter l'adhérence des systèmes adhésifs. Néanmoins seules 4 études (68,74,75,78) font ce constat, d'autres études sont nécessaires pour confirmer ce résultat.

L'utilisation du SDF comme agent de pré-traitement dentinaire pour prévenir les récurrences de carie sous la restauration est une nouvelle approche clinique qui s'inscrit hors du cadre de son indication principale, de ce fait, encore peu d'études évaluant les conséquences sur l'adhérence des matériaux de restauration sont disponibles. On peut tout de même noter que suite à la première revue systématique de la littérature(79) publiée par cette même équipe, la mise à jour inclut le double d'articles ce qui démontre l'intérêt croissant pour le fluorure diamine d'argent.

D'autre part, bien que le SDF soit essentiellement utilisé en odontologie pédiatrique, seules 5 études (9,60,61,65,78) ont évalué les effets sur l'adhérence à la dentine sur dents temporaires. Par conséquent une méta-analyse distincte ne peut pas à ce jour être effectuée.

Comme nous l'avons vu précédemment le SDF est un inhibiteur des métalloprotéinases matricielles, ce qui préserve de la dégradation intrinsèque des fibres de collagène. Or la protéolyse enzymatique de la dentine peut compromettre à long terme l'adhérence des matériaux de restauration. Le SDF pourrait donc constituer une stratégie efficace pour améliorer la longévité des restaurations adhésives. Néanmoins une seule étude (68) incluse dans cette revue systématique de littérature évalue la résistance de liaison sur le long terme, l'influence du vieillissement ne peut pas être évaluée par une méta-analyse. D'après cette étude de Firouzmandi et coll le pré-traitement au SDF limite l'effet du vieillissement (à 6 mois) sur la liaison de la restauration adhésive lorsque celle-ci est réalisée sur une dentine saine mais il réduit de manière significative l'adhérence lorsqu'il s'agit d'une dentine affectée par la carie. D'autres études à long terme sont nécessaires pour pouvoir déterminer l'effet du SDF sur l'adhérence après le vieillissement.

Dans cette revue systématique de la littérature 13 études (12,14,54,55,58,61,64,67,73–77) évaluent le fluorure diamine d'argent associé à l'iodure de potassium. Cette association étant utilisée pour minimiser la coloration noire. Une précédente étude (80) atteste que cette association n'est pas aussi efficace que l'application de SDF seul pour prévenir les caries secondaires, tandis qu'une autre étude (57) reporte une meilleure efficacité du SDF/KI pour inhiber la migration des bactéries *Streptococcus mutans*. Les effets de cette association dans la prévention carieuse sont donc encore incertains et nécessitent d'autres investigations.

On constate tout de même une forte hétérogénéité au niveau des résultats, ce qui peut s'expliquer les protocoles d'application du SDF qui ne sont pas tout à fait identiques, les différents matériaux de restauration et les méthodes pour créer des lésions carieuses artificielles qui sont différentes.

Il serait intéressant de confirmer les résultats de ces études in vitro par des études menées sur plus long terme et des essais cliniques randomisés qui évaluent l'effet du pré-traitement au SDF sur le collage mais aussi l'intégrité de la surface dentinaire et l'incidence des lésions secondaires.

À ce jour on recense un seul essai clinique randomisé de 24 mois (70) qui évalue le taux de succès des restaurations sur des dents temporaires présentant des lésions dentinaires cavitaires prétraitées ou non au SDF. Cette étude conclut que le pré-traitement au SDF ne compromet pas le taux de succès des restaurations.

Conclusion

Le fluorure diamine d'argent initialement utilisé pour le traitement de l'hypersensibilité dentinaire a vu son utilisation s'élargir au cours de la dernière décennie et est aujourd'hui un agent cariostatique et carioprotecteur mondialement reconnu. Son efficacité pour la prévention et l'arrêt des lésions carieuses a été prouvée. Son utilisation s'inscrit dans une démarche non invasive et offre bien des avantages : simple, rapide et peu coûteuse, elle constitue une alternative intéressante chez les patients peu coopérants. Toutefois le fluorure diamine d'argent ne remplace pas la thérapeutique restauratrice en présence d'une lésion carieuse dentinaire cavitaire. Il a été démontré que le pré-traitement dentinaire au fluorure diamine d'argent n'affecte pas de la même manière la force de liaison de la restauration en fonction du type de biomatériau utilisé. En effet, il ne modifie pas l'adhérence des restaurations en ciment verre ionomère mais peut nuire à celles en résine composite s'il n'est pas rincé. Il faut donc veiller à bien respecter le protocole d'utilisation recommandé par le fabricant et ne pas négliger l'étape de rinçage pour ne pas altérer le collage des résines composites. Le fluorure diamine d'argent a donc tout intérêt à gagner en visibilité et à être incorporé dans l'arsenal thérapeutique du chirurgien-dentiste dans le cadre de la gestion de la lésion carieuse, bien que ce soit un usage hors préconisation sur le territoire français. Il serait souhaitable que l'AMM soit obtenue pour le traitement des lésions carieuses dentinaires.

Bibliographie

1. Haute Autorité de Santé. [En ligne] Réponses rapides dans le cadre du COVID-19 - Mesures et précautions essentielles lors des soins bucco-dentaires en cabinet de ville. [cité 14 oct 2022]. Disponible sur: https://www.has-sante.fr/jcms/p_3184961/fr/mesures-et-precautions-essentielles-lors-des-soins-bucco-dentaires-en-cabinet-de-ville
2. Perrin A. La place de l'ART (Atraumatic restorative treatment) dans la prise en charge de la CPE (carie précoce de l'enfant): revue systématique de la littérature [Thèse] Marseille : Aix-Marseille Université - Ecole de Médecine Dentaire; 2021.
3. Zhi QH, Lo ECM, Lin HC. Randomized clinical trial on effectiveness of silver diamine fluoride and glass ionomer in arresting dentine caries in preschool children. *Journal of Dentistry*. nov 2012;40(11):962-7.
4. Natarajan D. Silver Modified Atraumatic Restorative Technique: A Way Towards "SMART" Pediatric Dentistry During the COVID-19 Pandemic. 2022;19:11.
5. Hiraishi N, Sayed M, Takahashi M, Nikaido T, Tagami J. Clinical and primary evidence of silver diamine fluoride on root caries management. *The Japanese Dental Science Review*. nov 2022;58:1.
6. Contreras V, Toro MJ, Elías-Boneta AR, Encarnación-Burgos A. Effectiveness of silver diamine fluoride in caries prevention and arrest: a systematic literature review. *Gen Dent*. 2017;65(3):22-9.
7. Oliveira BH, Rajendra A, Veitz-Keenan A, Niederman R. The Effect of Silver Diamine Fluoride in Preventing Caries in the Primary Dentition: A Systematic Review and Meta-analysis. *Caries Res*. 2019;53(1):24-32.
8. Kucukyilmaz E, Savas S, Akcay M, Bolukbasi B. Effect of silver diamine fluoride and ammonium hexafluorosilicate applications with and without Er:YAG laser irradiation on the microtensile bond strength in sound and caries-affected dentin. *Lasers Surg Med*. janv 2016;48(1):62-9.
9. Di I. Wu, Velamakanni S, Denisson J, Yaman P, Boynton JR, Papagerakis P. Effect of Silver Diamine Fluoride (SDF) Application on Microtensile Bonding Strength of Dentin in Primary Teeth. *Pediatric Dentistry*. 3 avr 2016;38(2):148-53.
10. Mei ML, Zhao IS, Ito L, Lo ECM, Chu CH. Prevention of secondary caries by silver diamine fluoride. *International Dental Journal*. 2016;66(2):71-7.
11. Felemban OM, Dabroom WA, Alsharif MT, Alghamdi B, Bantan FS, Farie G, et al. The Effect of Silver Diamine Fluoride in Preventing Secondary Caries in Primary Teeth: In-vitro Study. 2018;7.
12. Zhao IS, Chu S, Yu OY, Mei ML, Chu CH, Lo ECM. Effect of silver diamine fluoride and potassium iodide on shear bond strength of glass ionomer cements to caries-affected dentine. *International Dental Journal*. 1 oct 2019;69(5):341-7.
13. Patel J, Anthonappa RP, King NigelM. Evaluation of the staining potential of silver diamine fluoride: *in vitro*. *Int J Paediatr Dent*. sept 2018;28(5):514-22.

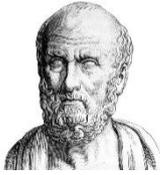
14. Knight G, McIntyre J, Craig G, Zilm P, Gully N. Differences between normal and demineralized dentine pretreated with silver fluoride and potassium iodide after an in vitro challenge by *Streptococcus mutans*. *Aust Dental J.* mars 2007;52(1):16-21.
15. L'Information Dentaire 2021 [Internet]. Fluor, fluorure diamine d'argent et CVI, sont désormais inscrits sur la liste des médicaments essentiels de l'OMS. [cité 8 juill 2022]. Disponible sur: <https://www.information-dentaire.fr/actualites/fluor-fluorure-diamine-d-argent-et-cvi-sont-desormais-inscrits-sur-la-liste-des-medicaments-essentiels-de-l-oms/>
16. Yee, R.T.F., Holmgren, C.J., Mulder, J., Lama, D., Walker, D., Palenstein Helderma, W.H. van. Efficacy of silver diamine fluoride for Arresting Caries Treatment. *Journal of Dental Research.* 2009;88:644-7.
17. SDI Limited [En ligne]. Riva Star SDI Limited - Fiches de données de sécurité [cité 11 nov 2022]. Disponible sur: https://www.sdi.com.au/pdfs/sds/fr-fr/rivastar_sdi_sds_fr-fr.pdf
18. Rosenblatt A, Stamford TCM, Niederman R. Silver Diamine Fluoride: A Caries « Silver-Fluoride Bullet ». *Journal of Dental Research.* févr 2009;88(2):116-25.
19. Mei ML, Chu CH, Low KH, Che CM, Lo ECM. Caries arresting effect of silver diamine fluoride on dentine carious lesion with *S. mutans* and *L. acidophilus* dual-species cariogenic biofilm. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal.* nov 2013;18(6):e824-31.
20. Mei ML, Lo ECM, Chu CH. Arresting Dentine Caries with Silver Diamine Fluoride: What's Behind It? *Journal of Dental Research.* juill 2018;97(7):751-8.
21. Chen W, Liu Y, Courtney HS, Bettenga M, Agrawal CM, Bumgardner JD, et al. In vitro antibacterial and biological properties of magnetron co-sputtered silver-containing hydroxyapatite coating. *Biomaterials.* 1 nov 2006;27(32):5512-7.
22. Okazaki M, Miake Y, Tohda H, Yanagisawa T, Matsumoto T, Takahashi J. Functionally graded fluoridated apatites. *Biomaterials.* 1 août 1999;20(15):1421-6.
23. Mei ML, Li Q li, Chu CH, Lo EM, Samaranayake LP. Antibacterial effects of silver diamine fluoride on multi-species cariogenic biofilm on caries. *Ann Clin Microbiol Antimicrob.* 26 févr 2013;12(1):4.
24. Mei ML, Ito L, Cao Y, Lo ECM, Li QL, Chu CH. An ex vivo study of arrested primary teeth caries with silver diamine fluoride therapy. *J Dent.* avr 2014;42(4):395- 402.
25. Azouaoui I. Le fluorure diammine d'argent : intérêt de l'iodure de potassium. [Thèse] Marseille : Aix-Marseille Université - Ecole de Médecine Dentaire; 2022.
26. Tedesco TK, Gimenez T, Floriano I, Montagner AF, Camargo LB, Calvo AFB, et al. Scientific evidence for the management of dentin caries lesions in pediatric dentistry: A systematic review and network meta-analysis. *Papageorgiou SN, éditeur. PLoS ONE.* 21 nov 2018;13(11):e0206296.
27. Chibinski AC, Wambier LM, Feltrin J, Loguercio AD, Wambier DS, Reis A. Silver Diamine Fluoride Has Efficacy in Controlling Caries Progression in Primary Teeth: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Caries Res.* 2017;51(5):527-41.
28. Llodra JC, Rodriguez A, Ferrer B, Menardia V, Ramos T, Morato M. Efficacy of silver diamine fluoride for caries reduction in primary teeth and first permanent molars of schoolchildren: 36-month clinical trial. *J Dent Res.* août 2005;84(8):721- 4.

29. Vittu C. Intégration du fluorure diamine d'argent dans la prise en charge des lésions carieuses chez l'enfant [Thèse]. Lille : Université de Lille - Faculté de Chirurgie Dentaire; 2019
30. Chu CH, Lo ECM, Lin HC. Effectiveness of Silver Diamine Fluoride and Sodium Fluoride Varnish in Arresting Dentin Caries in Chinese Pre-school Children. *Journal of Dental Research*. nov 2002;81(11):767-70.
31. Horst JA, Heima M. Prevention of Dental Caries by Silver Diamine Fluoride. *Compendium of Continuing Education in Dentistry (Jamesburg, NJ: 1995)*. mars 2019;40(3):158-63; quiz 164.
32. Gao SS, Zhao IS, Hiraishi N, Duangthip D, Mei ML, Lo ECM, et al. Clinical Trials of Silver Diamine Fluoride in Arresting Caries among Children: A Systematic Review. *JDR Clinical & Translational Research*. 1 oct 2016;1(3):201-10.
33. Fung MHT, Duangthip D, Wong MCM, Lo ECM, Chu CH. Arresting Dentine Caries with Different Concentration and Periodicity of Silver Diamine Fluoride. *JDR Clin Trans Res*. juill 2016;1(2):143-52.
34. Braga MM, Mendes FM, De Benedetto MS, Imperato JCP. Effect of Silver Diamine Fluoride on Incipient Caries Lesions in Erupting Permanent first Molars: A Pilot Study. *Journal of Dentistry for Children*. janv 2009;76(1):28-33.
35. Hendre AD, Taylor GW, Chávez EM, Hyde S. A systematic review of silver diamine fluoride: Effectiveness and application in older adults. *Gerodontology*. 2017;34(4):411-9.
36. Seifo N, Cassie H, Radford JR, Innes NPT. Silver diamine fluoride for managing carious lesions: an umbrella review. *BMC Oral Health*. 12 juill 2019;19(1):145.
37. Zhang J, Sardana D, Li KY, Leung KCM, Lo ECM. Topical Fluoride to Prevent Root Caries: Systematic Review with Network Meta-analysis. *J Dent Res*. 1 mai 2020;99(5):506-13.
38. Horst JA, Ellenikiotis H, Milgrom PM. UCSF Protocol for Caries Arrest Using Silver Diamine Fluoride: Rationale, Indications, and Consent. *J Calif Dent Assoc*. janv 2016;44(1):16-28.
39. Slayton RL, Urquhart O, Araujo MWB, Fontana M, Guzmán-Armstrong S, Nascimento MM, et al. Evidence-based clinical practice guideline on nonrestorative treatments for carious lesions. *The Journal of the American Dental Association*. oct 2018;149(10):837-849.e19.
40. Duangthip D, Wong MCM, Chu CH, Lo ECM. Caries arrest by topical fluorides in preschool children: 30-month results. *Journal of Dentistry*. 1 mars 2018;70:74-9.
41. Young DA, Quock RL, Horst J, Kaur R, MacLean JK, Frachella JC, et al. Clinical Instructions for Using Silver Diamine Fluoride (SDF) in Dental Caries Management. *Compend Contin Educ Dent*. juin 2021;42(6):e5-9.
42. Mackenzie L. SDI Limited [En ligne]. Silver diamine fluoride: a practical guide [cité le 24 oct 2022]. Disponible sur : https://www.sdi.com.au/wp-content/uploads/2017/01/SDF_A-practical-guide.pdf
43. Tournoud M. Le fluorure diamine d'argent: quelle place dans la dentisterie préventive moderne ? Revue systématique de la littérature [Thèse]. Nice : Université Nice-Sophia Antipolis – Faculté de Chirurgie Dentaire ; 2019.

44. Lo EC, Chu CH, Lin HC. A community-based caries control program for pre-school children using topical fluorides: 18-month results. *J Dent Res.* déc 2001;80(12):2071-4.
45. Croll TP, Berg JH, Donly KJ. SDF saturation of proximal tooth surfaces. *Dentistry Today* [En ligne]. 2021 [cité le 8 juill 2022]. Disponible sur: <https://www.dentistrytoday.com/sdf-saturation-of-carious-proximal-tooth-surfaces/>
46. Oral Science [En ligne]. Advantage Arrest - mode d'emploi. [cité 4 oct 2021]. Disponible sur: <https://oralscience.com/fr/produits/advantage-arrest/>
47. Gjorgievska ES, Nicholson JW, Apostolska SM, Coleman NJ, Booth SE, Slipper IJ, et al. Interfacial Properties of Three Different Bioactive Dentine Substitutes. *Microscopy and Microanalysis.* déc 2013;19(6):1450-7.
48. Cardoso M, de Almeida Neves A, Mine A, Coutinho E, Van Landuyt K, De Munck J, et al. Current aspects on bonding effectiveness and stability in adhesive dentistry. *Australian Dental Journal.* 2011;56(s1):31-44.
49. Hashimoto M, Ohno H, Endo K, Kaga M, Sano H, Oguchi H. The effect of hybrid layer thickness on bond strength: demineralized dentin zone of the hybrid layer. *Dental Materials.* 1 nov 2000;16(6):406-11.
50. Bonding of Glass-Ionomer Cement and Adhesives to Silver Diamine Fluoride-treated Dentin: An Updated Systematic Review and Meta-Analysis. *The Journal of Adhesive Dentistry.* 1 mars 2022;24(1):29-38.
51. Colon P, Bolla M, Leforestier E. Société Francophone de Biomatériaux Dentaires [En ligne]. Cahier des charges des matériaux de restauration utilisés en technique directe. [cité 10 sep 2022]. Disponible sur : <https://sfbd.net/rappels-de-cours-de-biomateriaux/>
52. Jacquot B. Société Francophone de Biomatériaux Dentaires [En ligne]. Propriétés mécaniques des Biomatériaux utilisés en Odontologie [cité le 10 sep 2022]. Disponible sur : <https://sfbd.net/rappels-de-cours-de-biomateriaux/>
53. Braz PVF, Dos Santos AF, Leal SC, Pereira PN, Ribeiro APD. The effect of silver diamine fluoride and cleaning methods on bond strength of glass-ionomer cements to caries-affected dentin. *Am J Dent.* août 2020;33(4):196-200.
54. François P, Greenwall-Cohen J, Le Goff S, Ruscassier N, Attal JP, Dursun E. Shear bond strength and interfacial analysis of high-viscosity glass ionomer cement bonded to dentin with protocols including silver diammine fluoride. *J Oral Sci.* 2020;62(4):444-8.
55. Gupta J, Thomas MS, Radhakrishna M, Srikant N, Ginjupalli K. Effect of silver diamine fluoride-potassium iodide and 2% chlorhexidine gluconate cavity cleansers on the bond strength and microleakage of resin-modified glass ionomer cement. *J Conserv Dent.* 2019;22(2):201-6.
56. Jiang M, Mei ML, Wong M, Chu CH, Lo E. Influence of Silver Diamine Fluoride Treatment on the Microtensile Bond Strength of Glass Ionomer Cement to Sound and Carious Dentin. *Oper Dent.* 1 sept 2020;45(5):E271-9.
57. Knight G, McIntyre J, Mulyani. The effect of silver fluoride and potassium iodide on the bond strength of auto cure glass ionomer cement to dentine. *Australian Dental Journal.* 2006;51(1):42-5.

58. Koizumi H, Hamama HH, Burrow MF. Effect of a silver diamine fluoride and potassium iodide-based desensitizing and cavity cleaning agent on bond strength to dentine. *International Journal of Adhesion and Adhesives*. juill 2016;68:54-61.
59. Ng E, Saini S, Schulze KA, Horst J, Le T, Habelitz S. Shear Bond Strength of Glass Ionomer Cement to Silver Diamine Fluoride-Treated Artificial Dentinal Caries. *Pediatr Dent*. 15 mai 2020;42(3):221-5.
60. Puwanawiroj A, Trairatvorakul C, Dasanavake AP, Auychai P. Microtensile Bond Strength Between Glass Ionomer Cement and Silver Diamine Fluoride-Treated Carious Primary Dentin. *Pediatric Dentistry*. 7 août 2018;40(4):291-5.
61. Uchil SR, Suprabha BS, Suman E, Shenoy R, Natarajan S, Rao A. Effect of three silver diamine fluoride application protocols on the microtensile bond strength of resin-modified glass ionomer cement to carious dentin in primary teeth. *Journal of Indian Society of Pedodontics and Preventive Dentistry*. 4 janv 2020;38(2):138.
62. Wang AS, Botelho MG, Tsoi JKH, Matinlinna JP. Effects of silver diammine fluoride on microtensile bond strength of GIC to dentine. *International Journal of Adhesion and Adhesives*. oct 2016;70:196-203.
63. Yamaga M, Koide T, Hieda T. Adhesiveness of glass ionomer cement containing tannin-fluoride preparation (HY agent) to dentin--an evaluation of adding various ratios of HY agent and combination with application diammine silver fluoride. *Dent Mater J*. juin 1993;12(1):36-44.
64. Alshahrani A. Influence of silver diamine fluoride compared to photodynamic therapy on the bond integrity of resin modified glass ionomer cement to demineralized dentin. *Photodiagnosis and Photodynamic Therapy*. déc 2020;32:102007.
65. John JB, Gainneos PD, Mathew BM, Bharath C, Duraisamy V. Comparative evaluation of shear bond strength of two adhesive materials on demineralized dentin treated with silver diamine fluoride: An in-vitro study. *Indian Journal of Dental Research*. 7 janv 2021;32(3):395.
66. Khor MMY, Rosa V, Sim CJ, Hong CHL, Hu S. SMART: Silver diamine fluoride reduces microtensile bond strength of glass ionomer cement to sound and artificial caries-affected dentin. *Dent Mater J*. 2 oct 2022;41(5):698-704.
67. Tiba AA, Tiba A, Horvath F, Huh EY, Ford AA, Arens DK, et al. Effects of a Two-Step Silver Diamine Fluoride Varnish on Shear Bond Strength of Restorations, Dentin and Enamel Hardness, and Biofilm Formation. *Military Medicine*. 15 juill 2022;usac216.
68. Firouzmandi M, Mohaghegh M, Jafarpisheh M. Effect of silver diamine fluoride on the bond durability of normal and carious dentin. *J Clin Exp Dent*. 1 mai 2020;12(5):e468-73.
69. Ko AK, Matsui N, Nakamoto A, Ikeda M, Nikaido T, Burrow MF, et al. Effect of silver diammine fluoride application on dentin bonding performance. *Dent Mater J*. 5 juin 2020;39(3):407-14
70. Lutgen P, Chan D, Sadr A. Effects of silver diammine fluoride on bond strength of adhesives to sound dentin. *Dental Materials Journal*. 27 nov 2018;37(6):1003-9.
71. Markham MD, Tsujimoto A, Barkmeier WW, Jurado CA, Fischer NG, Watanabe H, et al. Influence of 38% silver diamine fluoride application on bond stability to enamel and dentin using universal adhesives in self-etch mode. *European Journal of Oral Sciences*. 2020;128(4):354-60.

72. Quock RL, Barros JA, Yang SW, Patel SA. Effect of Silver Diamine Fluoride on Microtensile Bond Strength to Dentin. *Oper Dent*. 1 oct 2012;37(6):610-6.
73. Selvaraj K, Sampath V, Sujatha V, Mahalaxmi S. Evaluation of microshear bond strength and nanoleakage of etch-and-rinse and self-etch adhesives to dentin pretreated with silver diamine fluoride/potassium iodide: An in vitro study. *Indian Journal of Dental Research*. 7 janv 2016;27(4):421.
74. Figuerêdo de Siqueira FS, Rivadeneira Morales LA, Perez Granja MC, de Oliveira de Melo B, Monteiro-Neto V, Reis A, et al. Effect of Silver Diamine Fluoride on the Bonding Properties to Caries-affected Dentin. *Journal of Adhesive Dentistry*. mars 2020;22(2):161-72.
75. Van Duker M, Hayashi J, Chan DC, Tagami J, Sadr A. Effect of silver diamine fluoride and potassium iodide on bonding to demineralized dentin. *Am J Dent*. juin 2019;32(3):143-6.
76. Cifuentes-Jimenez C, Alvarez-Lloret P, Benavides-Reyes C, Gonzalez-Lopez S, Rodriguez-Navarro AB, Bolaños-Carmona MV. Physicochemical and Mechanical Effects of Commercial Silver Diamine Fluoride (SDF) Agents on Demineralized Dentin. *Journal of Adhesive Dentistry*. nov 2021;23(6):557-67.
77. Farahat F, Davari A, Karami H. Investigation of the effect of simultaneous use of silver diamine fluoride and potassium iodide on the shear bond strength of total etch and universal adhesive systems to dentin. *Dent Res J (Isfahan)*. 28 janv 2022;19:6.
78. Scherer MM, Lunkes NF, Soares IPM, de Oliveira CA, Imparato JCP, Hebling J, et al. Does silver diamine fluoride concentration influence on bonding to carious dentinal lesions in primary teeth? *Eur Arch Paediatr Dent*. oct 2022;23(5):813-20.
79. Fröhlich TT, Rocha R de O, Botton G. Does previous application of silver diamine fluoride influence the bond strength of glass ionomer cement and adhesive systems to dentin? Systematic review and meta-analysis. *Int J Paediatr Dent*. janv 2020;30(1):85-95.
80. Zhao IS, Mei ML, Burrow MF, Lo ECM, Chu CH. Effect of Silver Diamine Fluoride and Potassium Iodide Treatment on Secondary Caries Prevention and Tooth Discolouration in Cervical Glass Ionomer Cement Restoration. *International Journal of Molecular Sciences*. févr 2017;18(2):340



SERMENT MEDICAL

En présence des Maîtres de cette Faculté, de mes chers condisciples, devant l'effigie d'HIPPOCRATE.

Je promets et je jure, d'être fidèle aux lois de l'honneur et de la probité dans l'exercice de la Médecine Dentaire.

Je donnerai mes soins à l'indigent et n'exigerai jamais un salaire au-dessus de mon travail, je ne participerai à aucun partage clandestin d'honoraires.

Je ne me laisserai pas influencer par la soif du gain ou la recherche de la gloire.

Admis dans l'intérieur des maisons, mes yeux ne verront pas ce qui s'y passe, ma langue taira les secrets qui me seront confiés et mon état ne servira pas à corrompre les mœurs ni à favoriser le crime.

Je ne permettrai pas que des considérations de religion, de nation, de race, de parti ou de classe sociale viennent s'interposer entre mon devoir et mon patient.

Même sous la menace, je n'admettrai pas de faire usage de mes connaissances médicales contre les lois de l'humanité.

J'informerai mes patients des décisions envisagées, de leurs raisons et de leurs conséquences. Je ne tromperai jamais leur confiance et n'exploiterai pas le pouvoir hérité des connaissances pour forcer les consciences.

Je préserverai l'indépendance nécessaire à l'accomplissement de ma mission. Je n'entreprendrai rien qui dépasse mes compétences. Je les entretiendrai et les perfectionnerai pour assurer au mieux les services qui me seront demandés.

Respectueux et reconnaissant envers mes Maîtres, je rendrai à leurs enfants l'instruction que j'ai reçue de leur père.

Que les hommes m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses.

Que je sois déshonoré et méprisé de mes confrères si j'y manque.

VIVIER Aurore – Le fluorure diamine d’argent : effets sur l’adhérence des matériaux de restauration directe

Th. : Chir. dent. : Marseille : Aix –Marseille Université : 2022

Rubrique de classement : Odontologie Conservatrice

Résumé : Le fluorure diamine d’argent (SDF) est un topique fluoré utilisé par les chirurgiens-dentistes pour la gestion de la maladie carieuse, en particulier en denture temporaire. Son efficacité pour la prévention et l’arrêt des lésions carieuses a été prouvée et est mondialement reconnue. C’est un agent cariostatique et carioprotecteur non invasif d’utilisation simple, rapide, et peu coûteuse. En raison de ses propriétés le SDF peut être utilisé conjointement à la technique ART (Atraumatic Restorative Treatment). C’est le protocole SMART (Silver Modified Atraumatic Restorative Treatment) dans lequel l’application de SDF n’est qu’une solution de temporisation qui ne remplace pas la thérapeutique restauratrice indispensable en présence d’une lésion dentinaire cavitaire. Or, on sait qu’une couche de phosphate d’argent se forme à la surface de la dentine traitée au SDF, obstruant totalement ou partiellement les canalicules dentinaires, ce qui pourrait nuire à l’adhérence des matériaux de restauration. Dans le cadre de ce travail, nous évaluerons si le pré-traitement dentinaire au SDF altère l’adhérence des ciments verres ionomères et des systèmes adhésifs des résines composites. Dans une première partie nous exposerons les propriétés biochimiques du SDF et ses indications cliniques. Dans une seconde partie nous évaluerons au travers d’une revue systématique de la littérature, l’effet du SDF sur le collage en fonction du matériau de restauration utilisé.

Mots clés : fluorure diamine d’argent, force de liaison, collage dentinaire, adhérence, ciments verres ionomères, adhésifs

VIVIER Aurore – Silver diamine fluoride : effects on bonding strength of direct restorative materials

Abstract: Silver diamine fluoride (SDF) is a fluorinated topical used by dental surgeons for the management of carious disease, especially in primary teeth. That has been proven worldwide to be effective in preventing and stopping carious lesions. It is a non-invasive cariostatic and carioprotective agent which is easy and fast to use and also inexpensive. Due to these properties, SDF has a potential application as an adjunct to atraumatic restorative treatment (ART). It is the SMART protocol (Silver Modified Atraumatic Restorative Treatment), in which the SDF application is only a temporary solution that does not replace the restorative therapy essential in the presence of a cavity dentinal lesion. However, we know that a silver phosphate layer is formed on the SDF-treated dentin surface, totally or partially obstructing the dentinal tubules, which could impair the adhesion of restorative materials. Regarding this study, we will assess if dentinal SDF pre-treatment impairs the adhesion of glass-ionomer cements and adhesive systems of composite resins. In a first part we will explain the biomechanical properties of SDF and its clinical indications. In a second part we will evaluate through a systematic review of the literature, the effect of SDF on bonding depending on the restorative material used.

Key words : silver diamine fluoride, bond strength, dentin bonding, adhesion, glass-ionomer cement, adhesive