



HAL
open science

Connaissances scientifiques actuelles du silver diamine fluoride (SDF) en odontologie

Ilana Amoyal

► **To cite this version:**

Ilana Amoyal. Connaissances scientifiques actuelles du silver diamine fluoride (SDF) en odontologie. Sciences du Vivant [q-bio]. 2019. dumas-03334088

HAL Id: dumas-03334088

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-03334088>

Submitted on 3 Sep 2021

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

UNIVERSITE PARIS DIDEROT - PARIS 7

FACULTE DE CHIRURGIE DENTAIRE

5, Rue Garancière 75006 PARIS

Année 2019

Thèse N°:

N° attribué par la bibliothèque :

THESE pour le DIPLOME D'ETAT DE DOCTEUR

En CHIRURGIE DENTAIRE

présentée et soutenue publiquement le

par **AMOYAL Ilana**

**CONNAISSANCES SCIENTIFIQUES ACTUELLES DU SILVER DIAMINE FLUORIDE
(SDF) EN ODONTOLOGIE**

Directeur de thèse : Dr Bich-Tien NGO

Co-Directrice : Pr Muriel DE LA DURE-MOLLA

J U R Y

M. le Professeur Stéphane SIMON	Président
Mme la Docteure Julia BOSCO	Assesseur
Mme la Docteure Isabelle FONTANILLE	Assesseur
M. le Docteur Benjamin FOURNIER	Assesseur
M. le Docteur Valentin MARCHI	Assesseur
Mme la Docteure Juliette ROCHEFORT	Assesseur
Mme la Professeure Muriel DE LA DURE MOLLA	Membre Invité
Mme la Docteur Bich-Tien NGO	Membre invité

UNIVERSITE PARIS DIDEROT – PARIS 7

Présidente de l'Université :	Mme la Professeure Christine CLERICI
Doyenne de l'U.F.R. d'Odontologie :	Mme la Professeure Ariane BERDAL
Directrice Générale des Services :	Madame Pascale SAINT-CYR

JURY

M. le Professeur Stéphane SIMON	Président
Mme la Docteure Julia BOSCO	Assesseur
Mme la Docteure Isabelle FONTANILLE	Assesseur
M. le Docteur Benjamin FOURNIER	Assesseur
M. le Docteur Valentin MARCHI	Assesseur
Mme la Docteure Juliette ROCHEFORT	Assesseur
Mme la Professeure Muriel DE LA DURE MOLLA	Membre Invité
Mme la Docteur Bich-Tien NGO	Membre invité

M. le Professeur Stéphane SIMON

Docteur en Chirurgie Dentaire
Docteur en Sciences Odontologiques
Diplôme d'Etat en Odontologie
Professeur des Universités - Praticien Hospitalier

Je vous remercie pour l'honneur que vous me faites en acceptant la présidence du jury de cette thèse. Veuillez trouver ici l'expression de ma plus haute considération. Soyez assuré de ma plus sincère estime et de mon plus profond respect.

Mme la Docteure Julia BOSCO

Docteur en Chirurgie Dentaire
Diplôme de Doctorat
Maître de Conférences des Universités - Praticien Hospitalier

Pour l'honneur que vous me faites de siéger dans ce jury, pour les conseils que vous m'avez prodigués tout au long de mes années d'études, pour votre gentillesse. Veuillez trouver ici, l'expression de ma respectueuse considération.

Mme la Docteure Isabelle FONTANILLE

Docteur en Chirurgie Dentaire
Assistante Hospitalo-Universitaire

Pour l'honneur que vous me faites de siéger dans ce jury, pour les conseils que vous m'avez prodigués tout au long de mes années d'études, pour votre gentillesse. Veuillez trouver ici, l'expression de ma respectueuse considération.

M. le Docteur Benjamin FOURNIER

Docteur en Chirurgie Dentaire
Diplôme de Doctorat
Maître de Conférences des Universités - Praticien Hospitalier

Pour l'honneur de vous voir siéger au sein de ce jury, je vous prie l'expression de mes sincères remerciements.

M. le Docteur Valentin MARCHI

Docteur en Chirurgie Dentaire
Assistant Hospitalo-Universitaire

Je vous remercie d'avoir eu la gentillesse d'accepter de siéger dans mon jury de thèse. Que cette thèse vous exprime toute mon estime et mon profond respect.

**Mme la Docteure Juliette
ROCHEFORT**

Docteur en Chirurgie Dentaire
Maître de Conférences des Universités Associée

Pour l'honneur que vous me faites en acceptant de participer au jury de cette thèse et la qualité de votre enseignement. Veuillez recevoir l'expression de mon plus profond respect et de toute ma reconnaissance.

**Mme la Docteure Muriel de la DURE
MOLLA**

Docteur en Chirurgie Dentaire
Diplôme de Doctorat
Habilitation à Diriger des Recherches
Maître de Conférences des Universités - Praticien
Hospitalier

Je vous remercie de l'honneur que vous me faites d'avoir accepté de diriger cette thèse et de la bienveillance et sympathie avec lesquelles vous m'avez guidée tout au long de ce travail. Je vous remercie pour votre implication, votre disponibilité en tant que directrice de thèse ainsi que la qualité de votre enseignement. Veuillez accepter tous mes remerciements et l'expression de mon plus profond respect.

Mme la Docteure Bich-Tien NGO

Docteur en Chirurgie Dentaire
Assistante Hospitalo-Universitaire

Je vous remercie de l'honneur que vous me faites d'avoir accepté de diriger cette thèse et de la bienveillance et sympathie avec lesquelles vous m'avez guidée tout au long de ce travail. Je vous remercie pour votre implication, votre disponibilité en tant que directrice de thèse ainsi que la qualité de votre enseignement. Veuillez accepter tous mes remerciements et l'expression de mon plus profond respect.

TABLE DES MATIERES

1. Introduction	3
2. Généralités sur le Silver Diamine Fluoride	4
2.1 Composition du Silver Diamine Fluoride	4
2.1.1 ARGENT	4
2.1.2 FLUOR	4
2.1.3 AMMONIAC	5
2.2 Mode d'action du SDF	5
2.2.1 Sur la surface cariée	5
2.2.2 Hypersensibilité dentinaire	6
2.3 Indications et contre-indications du SDF	6
2.3.1 Indications du SDF	6
2.3.2 Contre-indications du SDF	8
2.4 Les effets indésirables du SDF	8
3. Protocole clinique et produits commercialisés	11
3.1 Protocole clinique du SDF	11
3.1.1 Consentement éclairé	11
3.1.2 Protocole d'application du SDF	13
3.1.3 Instructions post-opératoires	15
3.1.4 Fréquence d'application et suivi post-opératoire	15
Les différents produits commercialisés	16
3.1.5 Advantage Arrest™	16
3.1.6 Riva Star™	17
4. Revue de littérature : connaissances actuelles du SDF	19
4.1 Méthodologie de recherche	19
4.1.1 Sources de données	19
4.1.2 Mots clés et stratégies de recherche	19
4.1.3 Critères d'inclusion et d'exclusion	20
4.1.4 Sélection des articles inclus	20
4.1.5 Synthèse des données	21
4.2 Résultats	22
4.2.1 Les études <i>in vitro</i> et <i>ex vivo</i>	22

4.2.2	Les études <i>in vivo</i>	47
4.3	Discussions	60
4.3.1	Prévention des lésions carieuses.....	60
4.3.2	Hypersensibilité dentinaire	61
4.3.3	Arrêt de la progression de la lésion carieuse	61
4.3.4	Sécurité du SDF	64
5.	Conclusion	66
6.	Bibliographie	67

1. Introduction

Initialement utilisé pour soulager l'hypersensibilité dentinaire, un produit découvert au Japon dans les années 80 s'est montré efficace pour arrêter la progression des lésions carieuses sans anesthésie locale, ni éviction carieuse manuelle ou rotative (dans les cas de lésions carieuses sans atteinte pulpaire) (Hien C 2017). Ce produit, constitué de fluorure de diamine d'argent, aussi nommé « Silver Diamine Fluoride » (SDF), est disponible aux États-Unis et au Canada depuis quelques années. En 2014, il a été approuvé par la FDA (Food and Drug Administration) en tant que traitement contre l'hypersensibilité dentinaire et, depuis quelques mois pour sa capacité à stopper la progression des lésions carieuses chez les enfants et les adultes (Horst et al. 2016).

La carie dentaire est un problème de santé publique. Elle peut retentir, parfois gravement, sur l'état général et la qualité de vie des personnes qui en sont atteintes (Petersen 2003). La prise en charge des lésions carieuses n'est pas toujours facile, autant pour le jeune enfant que pour l'adulte ou la personne âgée. En effet, le stress et l'anxiété de l'enfant ne permettent pas toujours une coopération favorable à la faisabilité des soins dentaires, surtout chez les enfants en âge préscolaire. Chez les patients âgés qui souffrent de démence, de maladies systémiques, d'hypo-fonction salivaire par poly-médication, la prévalence de la carie dentaire est augmentée car les soins conventionnels ne peuvent être réalisés dans de bonnes conditions (Hendre et al. 2017). Ainsi, stopper la lésion carieuse précoce permettrait de diminuer les soins plus invasifs, et par conséquent des soins moins traumatisants et moins coûteux (Duangthip et al. 2017a).

L'objectif de cette thèse est d'exposer et d'analyser au sein d'une revue de littérature l'état des connaissances actuelles du Silver Diamine Fluoride en odontologie. Les généralités et les propriétés du produit seront d'abord présentées dans une première partie, qui sera suivie d'une analyse critique des études retenues et de discussions.

2. Généralités sur le Silver Diamine Fluoride

2.1 Composition du Silver Diamine Fluoride

Le SDF est composé de 5 % de fluorure, 25 % d'argent et de 8 % d'ammoniac (Hien C 2017).

2.1.1 ARGENT

Les composés d'argent sont utilisés comme agents antimicrobiens. Ils agissent contre les bactéries en inhibant les activités enzymatiques, en brisant les membranes, en dénaturant les protéines et en inhibant la réplication de l'ADN (Chu et Lo 2008b). L'action antibactérienne de l'argent est liée à ses propriétés de liaison extracellulaire et intracellulaire. Les ions argent positifs peuvent se lier électrostatiquement à la membrane et à la paroi bactérienne, qui contient des peptidoglycanes chargés négativement. De plus, le système de transport d'une cellule bactérienne est capable d'absorber activement les ions argent. Une fois absorbés, les ions argent peuvent se lier à diverses structures cellulaires telles que les protéines et l'acide désoxyribonucléique (ADN). La liaison à celui-ci stabilisera l'hélice et empêchera sa réplication; par conséquent, la division cellulaire sera entravée (Gao et al. 2018). D'autre part, lorsqu'ils se lient aux groupes sulfhydryle des enzymes bactériennes, ils inhibent leur activité, ce qui entraîne l'inactivation de la bactérie (Gao et al. 2018).

2.1.2 FLUOR

Bien connu pour son effet bactériostatique, le fluor limite la déminéralisation de la structure dentaire et permet de reminéraliser l'émail. Au cours de la phase de reminéralisation, les ions fluor peuvent s'insérer dans les cristaux d'hydroxyapatite à la surface de l'émail. Ainsi, les cristaux riches en hydroxyapatite fluorée confèrent une plus grande stabilité à la structure dentaire, donc une plus grande résistance à l'attaque acide (Agence française de sécurité sanitaire des produits de santé (AFSSAPS) 2008). La formation de ces cristaux constitue une réserve de fluorures immédiatement disponibles lors des chutes de pH. Ces cristaux, de taille inférieure à 1 μm , stables à pH neutre, se dissocient lorsque le pH devient acide, libérant des ions fluorures et calcium.

De plus, le fluor inhibe le métabolisme de la plaque, altère sa composition et réduit la capacité des bactéries à produire une grande quantité d'acide à partir des glucides. Lors des diminutions de pH au sein de la plaque, la sensibilité des bactéries aux fluorures est accrue. Plus le pH extracellulaire est bas, plus les ions fluorures pénètrent facilement dans la bactérie. Une fois internalisés, les principales cibles intracellulaires des fluorures sont l'énolase, une enzyme de la glycolyse, et la «pompe à protons H⁺». L'interaction du fluorure avec l'énolase réduit immédiatement la production d'acide. Le fluorure peut affecter la capacité de la cellule à éliminer l'excès de H⁺ et une production réduite d'acide peut résulter de l'acidification cytoplasmique. L'environnement étant moins acide, l'écologie de la plaque est ainsi modifiée (Agence française de sécurité sanitaire des produits de santé (AFSSAPS) 2008).

2.1.3 AMMONIAC

L'ammoniac est un agent qui permet de stabiliser la solution de fluorure de diamine d'argent. Il aide à maintenir la solution à concentration constante pour une efficacité maximale (Hien C 2017).

2.2 Mode d'action du SDF

2.2.1 Sur la surface cariée

L'application du SDF sur la surface cariée permet de contrôler la progression carieuse par différents mécanismes. Tout d'abord, le SDF est capable de diminuer la dégradation de la matrice extracellulaire en inhibant l'action des cystéines cathepsines et des MMPs, enzymes présentes dans la matrice et impliquées dans le processus de dégradation du collagène (Mei et al. 2012) (Mei et al. 2014a). Lorsque la surface dentaire est déminéralisée, les tubuli dentinaires sont exposés. Après application du SDF, les surfaces traitées présentent une dentine inter-tubulaire hyperminéralisée, des tubules partiellement obstrués et une formation de dentine tertiaire. En effet, le composé y pénètre partiellement ou totalement et bloque leur lumière. Des minéraux, tels que le calcium et le phosphore, sont produits par le SDF au niveau de la surface traitée. Ils sont présents au sein de la lésion traitée, leur concentration est plus importante à l'intérieur et au bord de la lésion par rapport à la

surface non traitée (Knight et al. 2009) (Mei et al. 2014b) (Korwar et al. 2015). Ainsi, le SDF permettrait de reminéraliser la surface cariée, ce qui favoriserait l'augmentation de la microdureté des lésions traitées et la diminution de la profondeur de lésion (Mei et al. 2013b) (Yu et al. 2018b). D'autre part, l'argent présent dans le SDF permet d'inhiber la croissance des bactéries cariogènes (Knight et al. 2009) (Yu et al. 2018b). En présence de bactéries actives, l'argent se réactive dans le but de les inactiver. Cet effet réservoir aide à expliquer pourquoi l'argent déposé sur les bactéries et les protéines dentinaires a des effets antimicrobiens durables (Wakshlak et al. 2015).

2.2.2 Hypersensibilité dentinaire

Le mécanisme d'action du SDF sur les dents hypersensibles est mal défini dans la littérature. Les ions fluorure réagissent avec les ions calcium libres pour former des dépôts de fluorure de calcium pouvant bloquer les tubules dentinaires, diminuant ainsi la douleur (Craig et al. 2012).

2.3 Indications et contre-indications du SDF

2.3.1 Indications du SDF

2.3.1.1 *Prévenir des lésions carieuses*

L'application du SDF permet de prévenir l'apparition de nouvelles lésions carieuses sur les dents temporaires et sur les dents permanentes telles que les premières molaires permanentes. Ces dernières sont les plus fréquemment cariées en raison de l'accès difficile au brossage, la présence de capuchons muqueux sur la surface occlusale lors de l'éruption, l'absence d'occlusion totale et la maturation incomplète de l'émail pendant l'éruption. Ces éléments constituent probablement des facteurs de risques de la carie dentaire pour ces dents (Braga et al. 2009) (Zhang et al. 2013) (Tan et al. 2010).

2.3.1.2 *Traitement des lésions carieuses*

L'application du SDF est principalement indiqué dans les cas suivants (Horst et al. 2016):

- **Chez les patients à haut risque carieux individuel** (dysfonction salivaire, généralement secondaire à un traitement contre le cancer, syndrome de Goujerot-Sjögren, polymédication, vieillissement ou abus de méthamphétamine). Pour ces patients, les visites de prévention sont fréquentes afin d'éviter l'apparition de nouvelles lésions.



Figure 1 : Avant et après le traitement au SDF chez un patient âgé atteint de xérostomie qui présente des lésions carieuses au collet (absence de restauration), (Judy Bendit et Douglas A.Young, 2017), *Silver diamine fluoride: the newest tool in your caries management toolkit*

- Chez les patients ne pouvant tolérer un traitement standard pour des raisons médicales ou psychologiques. Ceux-ci incluent **l'enfant non coopérant**, les **patients présentant des incapacités cognitives ou physiques graves** et les **patients présentant des phobies dentaires**. Ceux-ci ont un risque beaucoup plus élevé d'infection systémique provenant de caries dentaires non traitées car les soins conventionnels sont difficilement réalisables, voir infaisables. Dans ces cas-là, les soins sont souvent réalisés sous sédation consciente ou sous anesthésie générale (Horst et al. 2016). L'application du SDF permettrait ainsi de traiter les lésions carieuses en temporisation pour éviter qu'elles ne s'aggravent. D'autre part, les patients présentant des lésions multiples qui ne peuvent être traitées en une seule visite, l'application du SDF permettrait de limiter la progression des lésions existantes en attendant l'aboutissement du soin.
- **Lésions difficiles à traiter**, par exemple les caries récidivantes au bord d'une couronne, les caries radicaires au niveau d'une furcation ou d'une dent de sagesse partiellement érodée, en raison de l'accès, l'isolation et du nettoyage de la dent à traiter.

2.3.1.3 *Traitement de l'hypersensibilité dentinaire*

Le SDF est aussi utilisé pour traiter l'hypersensibilité dentinaire qui se caractérise par divers degrés de douleur pouvant être déclenchés par des stimuli thermiques, tactiles et chimiques (Mei et al. 2016a).

2.3.2 Contre-indications du SDF

Le SDF présente des contre-indications absolues et relatives.

Les contre-indications absolues sont l'allergie à l'argent et l'application de la solution d'iodure de potassium (KI), notamment chez les femmes enceintes et au cours des six premiers mois de l'allaitement, en raison du risque de surcharge iodée de la thyroïde en développement.

Quant aux contre-indications relatives, le SDF ne peut être appliqué chez les patients souffrant de gingivite ou de mucite desquamative. Dans ces cas-là, la barrière protectrice de l'épithélium pavimenteux stratifié est perturbée et une absorption du produit entraînerait une douleur importante au contact des muqueuses. Par conséquent, il est important de l'appliquer avec prudence et d'utiliser au préalable un revêtement gingival protecteur (par exemple, utilisation de la digue liquide) (Milgrom et al. 2018).

2.4 Les effets indésirables du SDF

Les effets indésirables du SDF sont:

- la coloration noire des lésions traitées,
- les inflammations gingivales,
- la coloration de la peau,
- le goût métallique.

La coloration noire des dents traitées

Le principal inconvénient de l'utilisation de SDF est la coloration noire de la dent au niveau du site d'application du produit (Fig.2). Le caractère inesthétique peut empêcher les

chirurgiens-dentistes de choisir ce traitement et les patients d'accepter la procédure (Mei et al. 2013b). Celui-ci peut être diminué par une application d'une solution saturée d'iodure de potassium (KI) immédiatement après l'application du SDF (Nguyen et al. 2017).



Figure 2 : Lésions actives au niveau des incisives avant l'application du SDF (A) et les lésions traitées au SDF (B), (Pediatric dentistry, revue universitaire 2017-2018), Chairside Guide : silver diamine fluoride in the management of dental caries lesions.

En effet, il s'agit d'une solution saturée d'iodure de potassium connue sous le nom de solution de Lugol, fabriquée dans les laboratoires Upsher-Smith, à Minneapolis aux États-Unis. Dans le monde médical, il est approuvé comme un médicament en vente libre pour faciliter la respiration en libérant le mucus chez les patients qui souffrent de problèmes respiratoires chroniques et pour protéger la thyroïde de l'iode radioactif lors des urgences radiologiques (Horst et al. 2016). Celui-ci est un agent liquide incolore, contenant 1g de KI par ml d'eau (10 % en poids). Il possède des propriétés antimicrobiennes et aide à réduire la coloration brunâtre engendrée par l'application topique du SDF. Il est utilisé immédiatement après l'application du SDF à l'aide d'une micro-brosse et crée des précipités blancs. Il est appliqué jusqu'à ce qu'aucun nouveau précipité ne se forme (Nguyen et al. 2017). Cette solution permet de diminuer la coloration des lésions carieuses traitées sans modifier l'efficacité du SDF à arrêter la progression des lésions carieuses (Knight et al. 2009) (Hamama et al. 2015).



Figure 3 : La solution de Lugol (iodure de potassium) à appliquer immédiatement après le SDF.

Inflammation gingivale

D'autres effets indésirables tels que la douleur, le gonflement ou le blanchiment des gencives sont possibles mais minimales (Duangthip et al. 2017b) (Vasquez et al. 2012).

Coloration de la peau

Le contact du SDF sur la peau peut causer un tatouage temporaire, ressemblant à un tatouage au henné. Il ne crée aucune douleur (Fig.4). La tache disparaît naturellement entre 2 et 14 jours avec l'exfoliation naturelle de la peau (Horst et al. 2016).

Goût métallique

Les patients peuvent noter un goût métallique ou amer transitoire suite à l'application du produit. (Horst et al. 2016).



Figure 4 : Coloration de la peau après application du SDF ¹

3. Protocole clinique et produits commercialisés

3.1 Protocole clinique du SDF

3.1.1 Consentement éclairé

Il est important d'informer les parents de l'enfant des procédures cliniques, de la coloration attendue des lésions traitées et de la coloration potentielle de la peau. La visualisation de photos cliniques des lésions traitées est recommandée pour permettre aux parents de visualiser l'aspect des dents après les soins s'ils acceptent la thérapeutique. Ils doivent remplir un consentement éclairé et être informés du besoin d'une éventuelle réapplication si la lésion n'est pas arrêtée (Crystal et al. 2017).

¹ Badger G. Silver Diamine Fluoride For Children. Support de cours disponible sur :
http://www.txohc.org/PDFsPPs/Badger_Silver%20Diamine%20Fluoride%20For%20Children.pdf

FLUORURE DIAMINE D'ARGENT

Formulaire de consentement

Faits pour votre considération

Le fluorure diamine d'argent (SDF) est un liquide que l'on utilise pour arrêter la carie dentaire. Dans certains cas où votre dentiste aurait normalement l'arrêter. Le SDF favorise également l'arrêt de la sensibilité dentinaire.

Un traitement avec du SDF n'élimine parfois par le besoin de réparer les caries ou d'installer une couronne pour assurer le fonctionnement de vos dents et leur esthétique. Dans ces cas, des frais additionnels s'appliqueraient.



TEMPS: 0

1 JOUR

1 SEMAINE

Application sur des adultes et enfants de 3 ans et plus

1. Isoler la dent affectée et sécher la lésion ou surface.
2. Appliquer Advantage Arrest.
3. Laisser la dent trempée pendant 60 secondes.
4. Couvrir avec un vernis au fluorure (FluorMax), si nécessaire pour créer une barrière et garder l'argent actif le plus longtemps possible.
5. Répéter à chaque 1-3 jour(s) pour augmenter les probabilités d'arrêter la lésion avec 1 traitement.
6. Réappliquer à des intervalles de 6 mois à 1 an.
7. Polymériser seulement si la restauration est effectuée le même jour pour empêcher la coloration du matériel.
8. Rincer seulement si une restauration directe est pratiquée ensuite.

Application sur des enfants de moins de 3 ans

- 1 à 2 goutte(s) par 10 kg

Le SDF inclut, mais ne se limite pas, aux risques suivants :

- La zone affectée se colorera noire de façon permanente. La structure saine de la dent ne tachera pas.
- Les plombages et couronnes peuvent aussi se colorer. Ces taches peuvent cependant être éliminées avec un polissage.
- Si le SDF est appliqué accidentellement sur la peau ou les gencives, des taches brunes peuvent apparaître. Elles sont inoffensives, peuvent être lavées et disparaîtront naturellement en 1 à 3 jours.
- Vous pourriez remarquer un goût métallique qui se dissipera rapidement.
- Si la carie dentaire n'est pas arrêtée, elle progressera. Dans ce cas, la dent nécessitera un traitement supplémentaire tel que, du SDF, un plombage, une couronne, un traitement de canal ou une extraction.
- D'autres risques peuvent être présents. Contactez votre professionnel dentaire si vous en remarquez d'autres.
- Tous les efforts raisonnables sont faits pour assurer le succès du traitement au SDF. Il y a un risque que la procédure n'arrête pas la carie.

Alternatives possibles, mais non limitées aux SDF :

- Aucun traitement, ce qui peut mener à une détérioration continue de la structure et de l'esthétique de la dent. Les symptômes peuvent s'aggraver.
- Tout dépendant de l'endroit de la carie et du stade où elle est rendue, d'autres traitements tels que des vernis au fluorure, des extractions ou des traitements dentaires additionnels auprès de spécialistes peuvent être nécessaires.

JE CERTIFIE AVOIR LU ET COMPRIS COMPLÈTEMENT CE DOCUMENT. TOUTES MES QUESTIONS ONT ÉTÉ RÉPONDUES :

Signature du patient

Date

Signature d'un témoin

Date

SDF-CONSENT-FR

Figure 5 : Exemple de consentement éclairé du Advantage Arrest™ proposé par Oral Elevate Care (https://www.oralscience.com/fr/produits/advantage_arrest/)

3.1.2 Protocole d'application du SDF

Les recommandations suivantes sont nécessaires à suivre afin d'assurer la sécurité des patients et des praticiens et d'utiliser efficacement le produit (Crystal et al. 2017). Le praticien doit se protéger comme à son habitude par le port de gants, d'un masque et de lunettes de protection pour éviter que le produit ne tache la peau. Il est important de protéger le patient avec un bavoir doublé de plastique et des lunettes, isoler le site à l'aide de rouleaux de coton ou autre isolation selon le cas (par exemple, une digue liquide). Il est recommandé d'utiliser un plateau en plastique car le SDF corrode le verre et le métal. Puis à la fin du soin, il est conseillé d'éliminer soigneusement les gants, les rouleaux de coton et la micro-brosse dans un sac poubelle en plastique (Crystal et al. 2017).

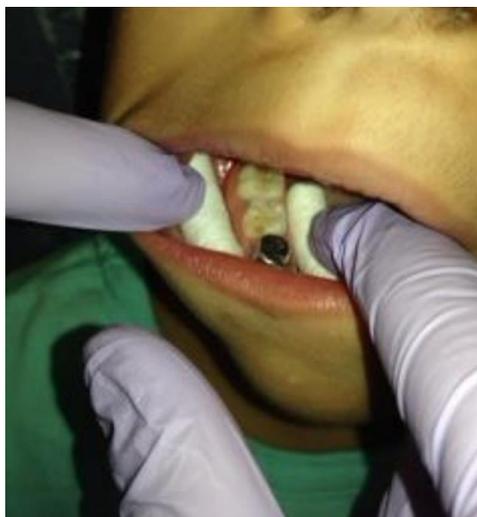


Figure 6 : Isolation du site à traiter à l'aide de cotons salivaires.²

Protocole d'application du SDF (American academy of pediatric dentistry 2017):

- 1) Enlever manuellement les débris grossiers de la cavitation (tel que les résidus alimentaires) pour permettre un meilleur contact du SDF avec la surface cariée.
- 2) Minimiser le contact avec la gencive et les muqueuses pour éviter la pigmentation ou l'irritation potentielle par les composés d'argent formés. Il est conseillé d'appliquer un beurre de cacao ou de la vaseline et/ ou d'utiliser des rouleaux de

² Badger G. Silver Diamine Fluoride For Children. Support de cours disponible sur :

http://www.txohc.org/PDFsPPs/Badger_Silver%20Diamine%20Fluoride%20For%20Children.pdf

coton salivaires pour protéger les tissus gingivaux environnants, en veillant à ne pas recouvrir par inadvertance les surfaces de la lésion carieuse (Fig.6).

- 3) Sécher avec un léger débit d'air comprimé (ou utiliser des rouleaux de coton pour sécher) les surfaces de la dent.
- 4) Tremper la micro-brosse dans le produit et éliminer l'excès de liquide avant application.
- 5) Appliquer le SDF directement sur la surface de la dent affectée, sans frotter, pendant au moins une minute si possible. Le temps d'application sera probablement plus court chez les patients très jeunes et difficiles à prendre en charge.
- 6) Sécher avec un léger débit d'air comprimé pendant au moins une minute, jusqu'à ce que le médicament soit sec.
- 7) Enlever l'excès de SDF avec un rouleau de coton ou une boulette de coton.
- 8) Continuer à isoler le site jusqu'à trois minutes si possible, pour s'assurer que le produit ne soit toujours pas en contact avec les muqueuses, et qu'il ne soit pas éliminé accidentellement par la salive (Crystal et al. 2017).

En cas d'application du SDF suivie d'une restauration (au composite ou au ciment verre-ionomère CVI), il faudra alors rincer puis mordancer la surface traitée. De plus, pour réduire le noircissement de l'obturation, il est conseillé de³:

- polir la décoloration le long des marges ;
- ne pas photo-polymériser mais utiliser plutôt un CVI chémo-polymérisable car la photo-polymérisation entraîne une oxydation de l'argent, auquel cas les restaurations apparaîtront plus foncées ;
- couvrir la décoloration grâce à la technique « sandwich », qui consiste à appliquer un CVI opaque en fond de cavité puis un composite par-dessus.

³ Mode d'emploi proposé par Oral Science disponible sur :
https://www.oralscience.com/fr/produits/avantage_arrest

3.1.3 Instructions post-opératoires

Aucune instruction post-opératoire n'est répertoriée par les fabricants. Il est recommandé de ne pas manger ni boire pendant 30 minutes à 1 heure après l'application (Yee et al. 2009), (Zhi et al. 2012), (Santos et al. 2012).

3.1.4 Fréquence d'application et suivi post-opératoire

Après une seule application de SDF à 38 %, 50 % des caries arrêtées à 6 mois redeviennent actives à 24 mois (Yee et al. 2009). Une application annuelle indique un taux de caries arrêtées de la dentine compris entre 65,2 % et 79,2 % (Lo et al. 2001) (Chu et al. 2002) (Zhi et al. 2012), alors qu'une application bi-annuelle augmente le taux d'arrêt à 84,8 % (Llodra et al. 2005).

De plus, un suivi après une période de 2 à 4 semaines permet de vérifier l'arrêt des lésions traitées. Une réapplication peut être indiquée si les lésions n'apparaissent pas lisses, sombres et dures au sondage. Le SDF peut être appliqué au rendez-vous de rappel selon les besoins, en fonction de la couleur, de la dureté et /ou de la preuve de progression de la lésion (sur les radiographies). Prendre des photographies et des radiographies permettent de suivre l'évolution des lésions dans le temps et d'assurer un suivi régulier tous les quatre à six mois (Crystal et al. 2017).

Les différents produits commercialisés

3.1.5 Advantage Arrest™

L'Advantage Arrest™ (Elevate Oral Health) est disponible sous forme de flacon de 8 ml (250 gouttes), ou sous forme d'ampoule unitaire (chacune contenant suffisamment de matériau pour traiter jusqu'à 5 sites). Il contient du fluorure diamine d'argent à 38 % (25 % d'argent, 5,5 % de fluorure, 8 % ammoniacque).



Figure 7 : Advantage Arrest™ sous forme de flacon de 8 ml (A) et sous forme d'ampoule unitaire (B)⁴

⁴ Pardue S. Advantage Arrest Silver Diamine Fluoride 38%. Disponible sur : https://app.hcnetwork.org/hcnconference/presentations/Steve%20Pardue_SP%20Silver%20Diamine%20Fluoride.pdf

3.1.6 Riva Star™

Le Riva Star™ (SDI) est disponible sous forme de capsules vertes et argent. Chaque paire de capsules (verte et argent) peut traiter jusqu'à 5 dents chez un patient. La capsule argent correspond à la solution de fluorure d'argent à 38 % et la verte à la solution d'iodure de potassium. La procédure en deux étapes de Riva Star réduit le risque de coloration. En appliquant la solution d'iodure de potassium sur le fluorure d'argent, un précipité blanc crémeux d'iodure d'argent se forme puis s'éclaircit.

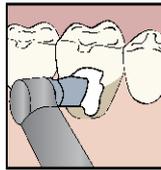


Figure 8 : Kit Riva Star⁵

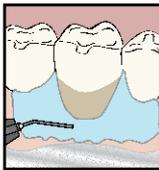
⁵ Pardue S. Advantage Arrest Silver Diamine Fluoride 38%. Disponible sur : https://app.hcnetwork.org/hcnconference/presentations/Steve%20Pardue_SP%20Silver%20Diamine%20Fluoride.pdf

Instructions riva star :

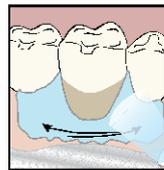
1. Laver les dents avec du dentifrice prophylactique puis isoler la zone avec des rouleaux de coton.



2. Sécher la zone et appliquer une petite quantité de barrière gingivale sur les tissus adjacents.



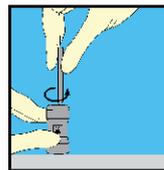
3. Photopolymériser dans un mouvement de va-et-vient.



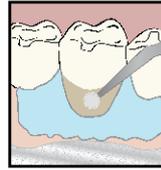
4. Percer le film de la capsule en argent à l'aide de la brosse en argent.



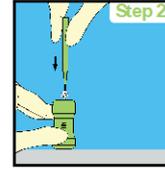
5. Par un mouvement circulaire, pousser le film sur le bord de l'ouverture.



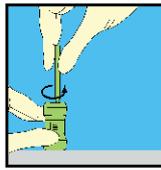
6. Appliquer soigneusement la solution de la capsule en argent uniquement sur la zone à traiter.



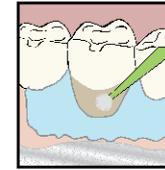
7. En utilisant immédiatement la brosse verte, percer le film de la capsule verte.



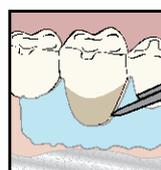
8. Par un mouvement circulaire, pousser le film au bord de l'ouverture.



9. Appliquer une bonne quantité de solution de la capsule verte sur la zone à traiter. Poursuivre l'application jusqu'à ce que la crème blanche devienne claire.



10. Sécher, retirer la barrière gingivale.



ATTENTION :
La matière peut colorer les dents si elle est mal utilisée. Le patient doit en être informé avant de l'utiliser.



Chaque paire de capsules (verte et argent) peut traiter jusqu'à 5 dents chez un patient.

Figure 9 : Instructions du Riva Star™ proposées par SDI

4. Revue de littérature : connaissances actuelles du SDF

4.1 Méthodologie de recherche

4.1.1 Sources de données

Une recherche bibliographique électronique a été réalisée sur la base de données Medline (via le moteur de recherche Pubmed), ainsi que d'autres documents disponibles sur Internet. Pubmed a été la source de recherche essentielle à la constitution de cette thèse. D'autres bases de données telles que DOSS, Embase, et Science Direct ont également permis de la compléter.

4.1.2 Mots clés et stratégies de recherche

Les différents mots clés utilisés pour identifier les publications sont « Silver diamine fluoride », « decay », « dental cavity », « caries », « dental hypersensitivity », « dental prevention ».

Ces termes ont été utilisés séparément et de manière croisée afin d'identifier les articles à analyser après inclusion.

- Recherche 1 : mot clé : Silver diamine fluoride → 216 résultats
- Recherche 2 : mot clé : decay → 70 391 résultats
- Recherche 3 : mot clé : dental cavity → 81 490 résultats
- Recherche 4 : mot clé : caries → 66 résultats
- Recherche 5 : mot clé : dental hypersensitivity → 4 488 résultats
- Recherche 6 : mot clé : dental prevention → 47 907 résultats

Le croisement des mots clés « Silver diamine fluoride » et « decay » a permis d'identifier 11 références.

Le croisement des mots clés « Silver diamine fluoride » et « dental cavity » a permis d'identifier 165 références.

Le croisement des mots clés « Silver diamine fluoride » et « caries » a permis d'identifier 181 références.

Le croisement des mots clés « Silver diamine fluoride » et « dental hypersensitivity » a permis d'identifier 12 références.

Le croisement des mots clés « Silver diamine fluoride » et « dental prevention » a permis d'identifier 81 références.

4.1.3 Critères d'inclusion et d'exclusion

Les critères d'inclusion suivants ont été utilisés :

- études réalisées chez l'enfant, l'adulte et chez les animaux ;
- études interventionnelles avec ou sans groupe contrôle ;
- études en langues anglaises et françaises ;
- études anciennes et actuelles (1990 à 2019).

Les critères d'exclusion sont les suivants :

- revues systématiques et méta-analyses.

4.1.4 Sélection des articles inclus

La recherche bibliographique a permis d'identifier 80 articles semblant pertinents. Après lecture plus approfondie, 15 ont été exclus car ils ne répondaient pas aux critères d'inclusion de la recherche ou bien présentaient des critères d'exclusion. Ainsi, 65 articles ont été sélectionnés, mais suite à une lecture approfondie des titres, résumés et de l'intégralité des articles, 17 articles ont été exclus. Ainsi, 48 articles ont été inclus dans cette revue soit 19 études *in vitro*, 5 études *ex vivo* et 24 études *in vivo*.

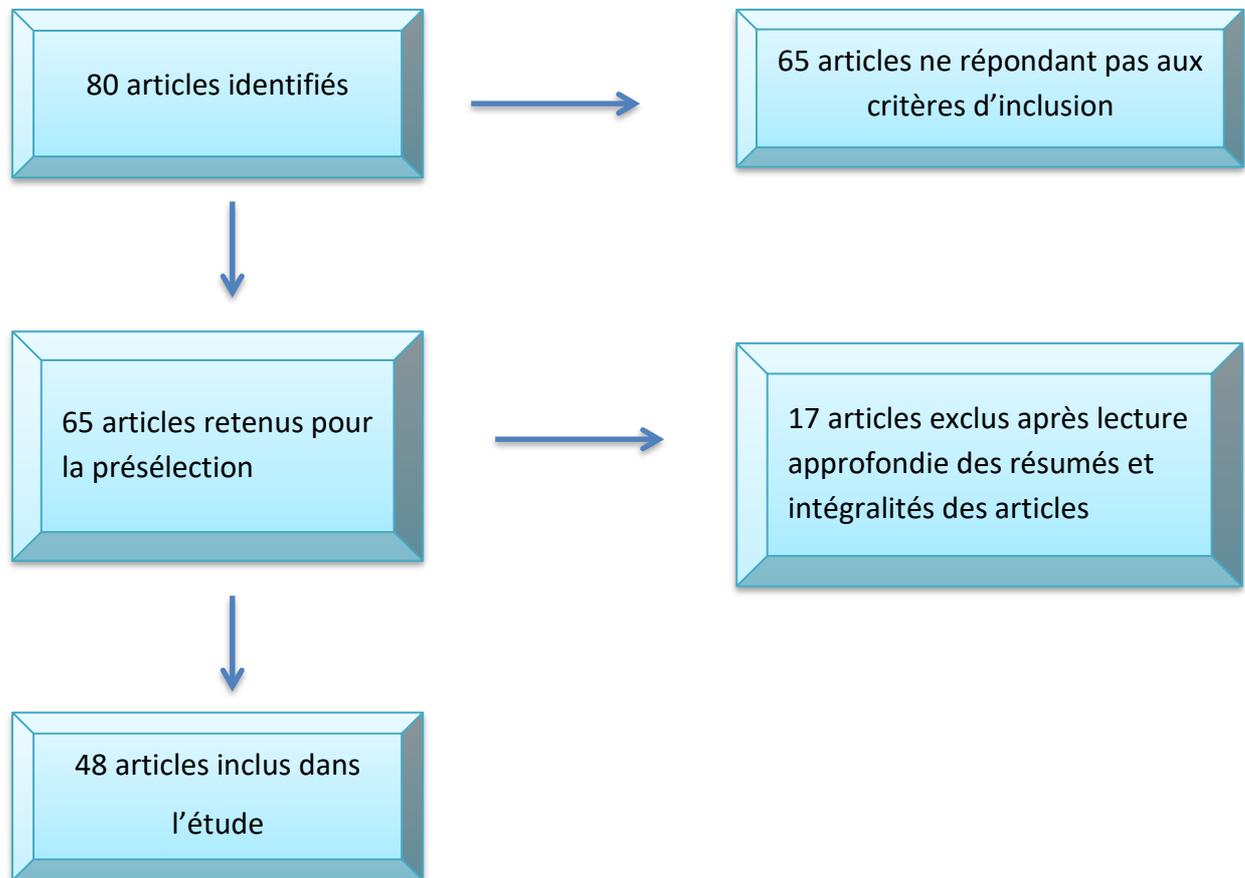


Figure 10 : Résultats des différentes phases de sélection et tri des articles inclus dans la revue de littérature (flow chart)

4.1.5 Synthèse des données

Après avoir identifié les articles répondant à nos critères d'inclusion, les études ont ensuite été classées et analysées.

Les critères de classification des études sélectionnées sont les suivants :

- Type d'étude
- Nom de l'auteur, année et titre de la revue
- Type de population / échantillon
- Type de dent
- Matériau utilisé
- Critères et méthodes d'évaluation
- Suivi
- Résultats et conclusion

4.2 Résultats

4.2.1 Les études *in vitro* et *ex vivo*

Ex vivo (en latin : « hors du vivant ») définit les tests biologiques mis en place en dehors de l'organisme. Par exemple, des dents cariées traitées ou non en bouche, sont extraites et analysées en dehors de l'organisme.

In vitro (en latin : « dans le verre ») signifie un test en tube, ou, plus généralement, en dehors de l'organisme vivant ou de la cellule, dans un milieu artificiel. Par exemple, des dents saines sont extraites, la lésion carieuse est créée de manière artificielle, puis analysée.

4.2.1.1 *Effets sur la dégradation collagénique et sur la minéralisation de la surface cariée*

Propriété 1 : Inhibition de la dégradation de la matrice extracellulaire.

Le SDF préserve le collagène de la dentine par son action inhibitrice des enzymes qui dégradent la matrice organique de la dentine exposée. Ces enzymes sont endogènes telles que les endopeptidases (les métalloprotéinases matricielles (MMPs) et les cystéines cathepsines) et enzymes bactériennes (collagénases bactériennes). Elles sont capables de dégrader la majorité de tous les composants de la matrice extracellulaire, notamment le collagène. Les MMPs concernées sont les MMP-8, MMP-2 et MMP-9. La MMP-8 clive les types de collagène interstitiel I, II et III. La MMP-2 (gélatinase A) et la MMP-9 (gélatinase B) dégradent les molécules de collagène dénaturées et le collagène de type IV (Chaussain-Miller et al. 2006). Les cystéines cathepsines sont des enzymes protéolytiques qui contribuent à la dégradation du collagène de la dentine en décomposant le collagène de type I et les protéoglycanes, composants principaux de la structure organique de la dentine. Les cystéines cathepsines concernées sont la cathepsine-B et K. La cathepsine-B clive dans les extensions télépeptidiques non hélicoïdales des collagènes tandis que la cathepsine-K peut cliver le collagène au niveau de la triple hélice (Nascimento et al. 2011).

Mei et al. (2012) ont mené une étude *in vitro* sur des kits d'analyse fluorimétrique de MMPs humaines recombinées. Ces kits ont été utilisés afin d'étudier les effets inhibiteurs sur les MMPs des solutions commercialisées :

- le SDF à 38 %, 30 % et 12 %,
- le vernis fluoré NaF à 3 % et 10 %,
- le nitrate d'argent AgNO₃ à 13 % et 42 %.

Le pourcentage d'inhibition du SDF à 38 % sur les MMP-2, MMP-8 et MMP-9 était significativement supérieur aux taux de NaF à 10 % et du AgNO₃ (p <0,001) (Mei et al. 2012).

De même, une étude similaire également menée par Mei et al. (2014) sur des kits de dosage de cathepsines humaines recombinées a permis d'analyser les effets inhibiteurs des solutions commercialisées sur les cystéines cathepsines B et K :

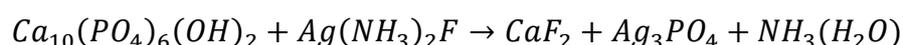
- le SDF à 38 %, 30 % et 12 %,
- le vernis fluoré NaF à 3 % et 10 %,
- le nitrate d'argent AgNO₃ à 13 % et 42 %).

Le pourcentage d'inhibition du SDF à 38 %, 30 % et 12 % sur la cathepsine B était de 92,0 %, 91,5 % et 90,3 %, respectivement (p <0,001). Sur la cathepsine K, ils étaient respectivement de 80,6 %, 78,5 % et 77,9 % (p <0,001). Les solutions contenant des ions argent Ag⁺ ont un effet inhibiteur significativement plus élevé que les solutions contenant seulement du fluor (p <0,01) (Mei et al. 2014a). Les auteurs ont conclu que l'inhibition des activités des MMPs et des cathepsines cystéines par le SDF pouvait empêcher la dégradation du collagène.

Propriété 2 : Reminéralisation de la surface cariée.

Au contact de la surface des lésions carieuses (Ca₁₀(PO₄)₆(OH)₂), le SDF (Ag(NH₃)₂F) produit du fluorure de calcium (CaF₂), du phosphate d'argent (Ag₃PO₄) et un ion complexe appelé diamine d'argent [Ag(NH₃)₂].

L'équation chimique du SDF sur la surface dentaire (hydroxyapatite) est la suivante (Chu et Lo 2008b):



Le fluorure de calcium (CaF₂) ainsi formé fournit un réservoir de fluor qui participe à la formation de fluoroapatite (Ca₁₀(PO₄)₆F₂), plus résistante aux attaques acides que l'hydroxyapatite (Chu et Lo 2008b). C'est un produit de réaction important qui agit comme un réservoir d'ions fluorures à libération lente et régulée par le pH lors des épisodes cariogènes (Mei et al. 2013b).

Le phosphate d'argent (Ag₃PO₄) qui précipite sur la surface de la dent est faiblement soluble. Il forme une couche protectrice sur la surface traitée qui permet de réduire la perte de calcium et de phosphore de la lésion carieuse (Rossi et al. 2017).

Knight et al (2009) ont mené une étude *in vitro* sur des disques dentinaires déminéralisés pour comparer l'efficacité du traitement topique au fluorure d'argent (AgF) à celle du fluorure d'argent (AgF) suivie d'une solution de KI (iodure de potassium) sur la pénétration du *Streptococcus mutans* (Knight et al. 2009). Quarante disques dentinaires, issus de molaires humaines extraites, ont été déminéralisés de manière artificielle et divisés en 4 groupes: groupe témoin (sans traitement), groupe traité au AgF suivi de KI, groupe traité au KI et groupe traité au AgF. La perte en calcium et en phosphore des disques témoins et des disques traités au KI était globalement significativement plus élevée que celle des sections traitées aux AgF et AgF / KI (P <0,05) (Fig 11.A et B). De même, les niveaux de fluorure dans tous les disques avaient tendance à être plus bas en surface que dans les zones plus profondes.

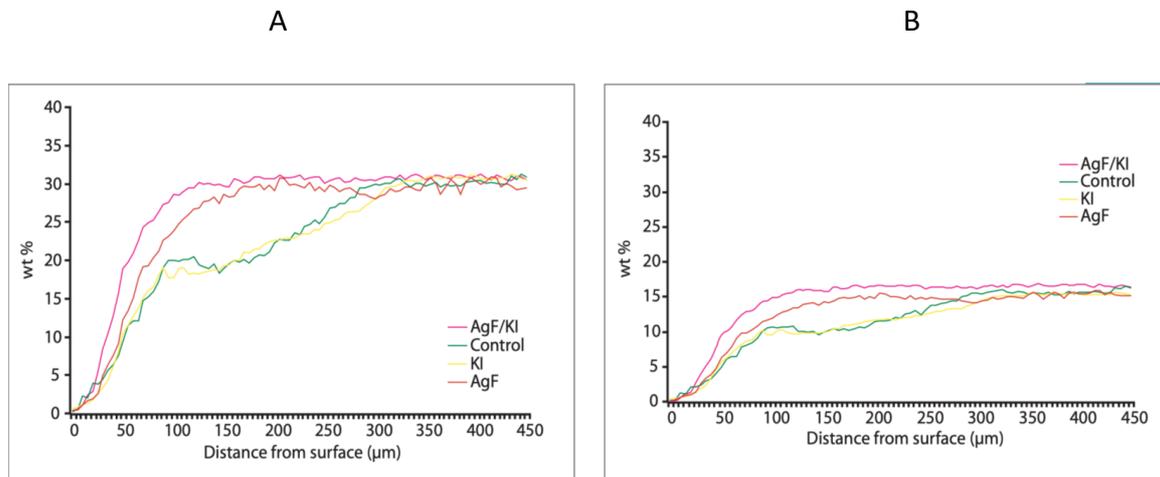


Figure 11 : Graphiques EPMA des pourcentages en poids de calcium (A), de phosphore (B) dans les échantillons traités et témoins, (Knight et al 2009), *Inability to form a biofilm of Streptococcus mutans on silver fluoride- and potassium iodide-treated demineralized dentin*
 Le taux de calcium et phosphore plus important dans les groupe traités au SDF (seul ou suivi de KI) par rapport aux groupes KI et témoin

Mei et al (2014) ont mené une étude *ex vivo* sur des dents humaines cariées traitées au SDF et sur des dents cariées non traitées au SDF. La densité minérale a été analysée par spectrométrie à rayons X à dispersion d'énergie (EDX). Les résultats EDX ont montré une intensité du calcium et du phosphore dans les 150 μm les plus externes de la lésion dentinaire arrêtée supérieure à celle retrouvée dans le corps de la lésion, et même supérieure à celle de la dentine non affectée dans la partie interne de la dent (Fig.12) (Mei et al. 2014b).

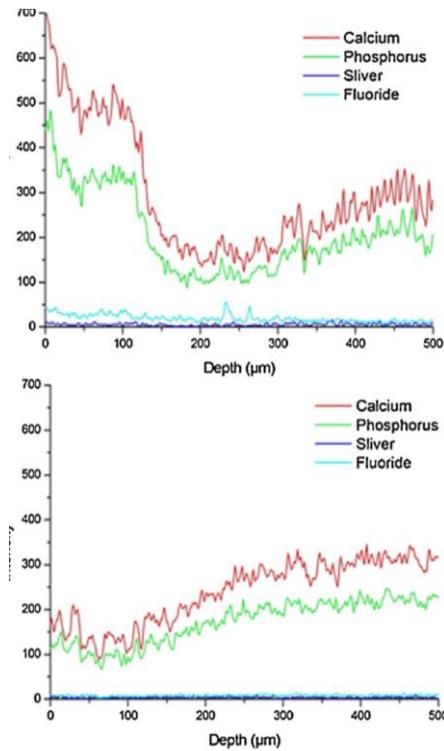


Figure 12 : Profil élémentaire en balayage linéaire (calcium, phosphore, fluorure et argent) le long du trajet d'une lésion carieuse traitée au SDF (image du haut); et le long du trajet d'une lésion carieuse non traitée (image du bas), (Mei et al, 2014), *An ex vivo study of arrested primary teeth caries with silver diamine fluoride therapy*

De plus, une étude *in vitro* menée par Mei et al (2013) sur des blocs de dentine issus de molaires humaines a permis d'analyser l'effet du SDF sur la régression des lésions carieuses. Quatre groupes d'étude ont été définis : SF (SDF à 38 %), F (vernis fluoré NaF 10 %), S (nitrate d'argent AgNO₃) et W (eau désionisée, groupe témoin) (Mei et al. 2013b). L'analyse par diffraction au rayon X (DRX) indique des pics forts dans les groupes SF et S (chlorure d'argent (AgCl)). Cette étude a permis de mettre en évidence la formation d'argent créant ainsi une couche protectrice à la surface susceptible de réduire les pertes en calcium et en phosphore (Mei et al. 2013b). Les auteurs ont également démontré que la profondeur des lésions dans les groupes SF et F était moins importante que dans les groupes S et W ($p < 0,05$) (Fig.13).

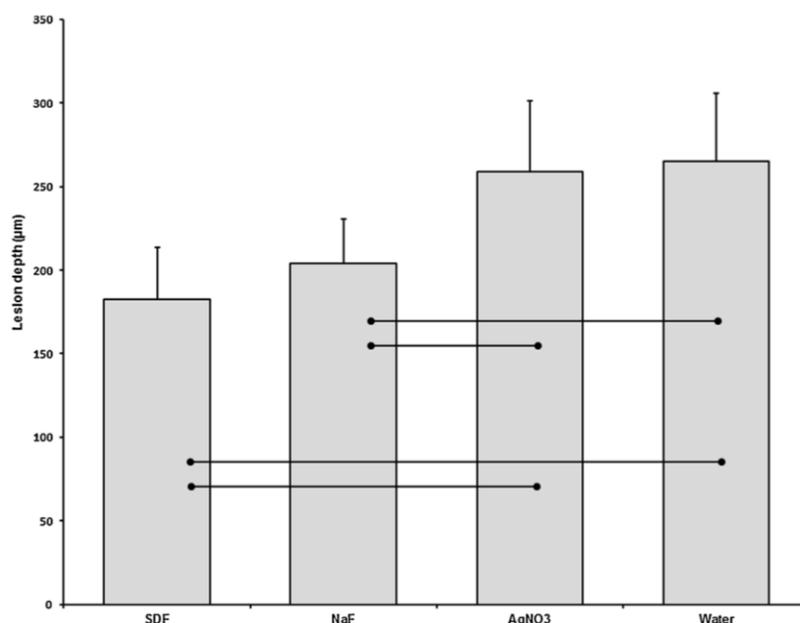


Figure 13 : La profondeur de lésion des groupes traités au SDF et au NaF est inférieure aux groupes S et W, (Mei et al., 2013), *Inhibitory effect of silver diamine fluoride on dentine demineralisation and collagen degradation*

Les colonnes reliant les barres aux marqueurs indiquent des différences significatives à $p < 0,05$ entre les groupes.

Yu et al. (2018) ont également mené une étude similaire à celle de Mei et al. Des blocs de dentines déminéralisés ont été divisés en 4 groupes différents (Yu et al. 2018b):

- le groupe 1 a reçu une application de SDF à 38 % suivi de 5 % d'un vernis fluoré (NaF),
- le groupe 2 a reçu une application seule de SDF à 38 %,
- le groupe 3 une application seule de NaF,
- le groupe 4 a reçu de l'eau désionisée.

Les traitements au SDF et au NaF, seuls ou associés, ont tous deux des effets statistiquement significatifs sur la profondeur de la lésion par rapport au traitement à l'eau ($p < 0,001$). Dans les groupes traités au NaF, l'ajout de SDF (groupe 1) a considérablement fait diminuer la profondeur de la lésion par rapport au traitement par NaF seul (groupe 3) ($p < 0,001$). La profondeur de la lésion dans les groupes 1 et 2 n'a pas montré de différences significatives (Fig.14).

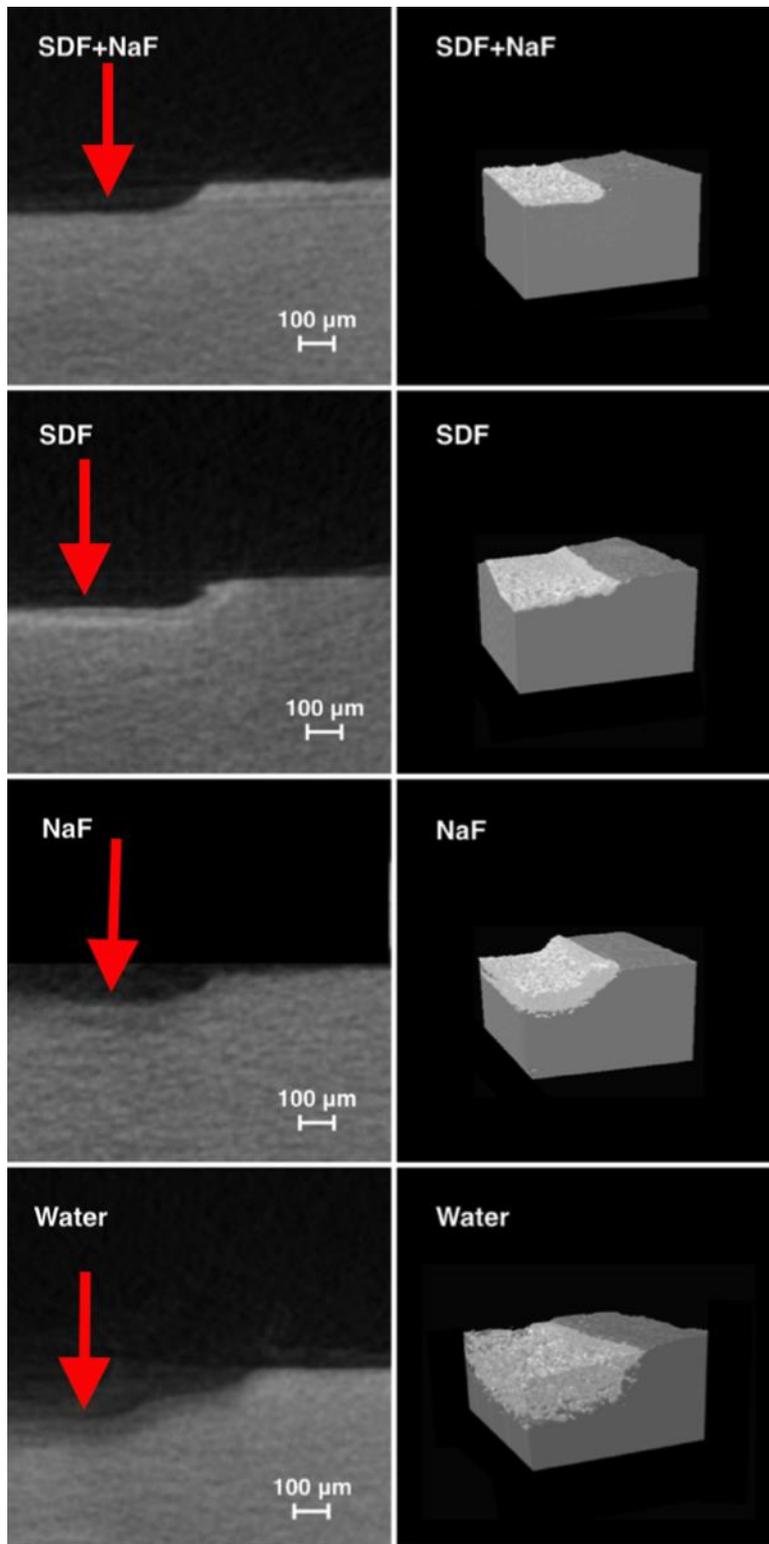


Figure 14 : Tomographies micro-informatiques représentatifs (images dans la colonne de gauche) et images tridimensionnelles reconstituées (images dans la colonne de droite) des lésions carieuses dans les différents groupes, (Yu et al 2018), *Caries-arresting effects of silver diamine fluoride and sodium fluoride on dentine caries lesions*
 La flèche rouge indique la profondeur de la lésion

Tableau 1 : Tableau récapitulatif des études *in vitro* et *ex vivo* sur l'effet du SDF sur la dégradation collagénique et sur la reminéralisation de la surface

Auteur/ Journal	Type d'étude	Population/ échantillon	Type de dent	Matériaux utilisés (différents groupes)	Critères/ Méthodes d'évaluation	Suivi	Résultats
(Yu et al. 2018b) <i>Journal of dentistry</i>	<i>in vitro</i>	104 blocs dentinaires déminéralisés (artificiel) issus de 26 molaires humaines saines, soit 26 par groupe	Dent permanente	Gp1 : SDF 38 % + NaF 5 % Gp2 : SDF 38 % Gp3 : NaF 5 % Gp 4 : eau stérile désionisée	-Etudier l'inhibition de la croissance bactérienne. -Effet reminéralisant du SDF + NaF sur les caries dentinaires actives.	-	- Groupes 1, 2 et 3 ont tous des effets significatifs sur la diminution de la profondeur de la lésion par rapport au traitement à l'eau (p <0,001) -Plus grande précipitation de minéraux et une exposition moindre au collagène dans les groupes 1 et 2 par rapport aux groupes 3 et 4 (p<0,001). =>l'application du SDF avec ou sans NaF réduit la déminéralisation des caries dentinaires et protège le collagène d'une exposition et d'une dégradation ultérieure.
(Mei et al. 2013b) <i>Journal of Dentistry</i>	<i>in vitro</i>	72 échantillons déminéralisés (artificiel), soit 18 par groupe	Dent permanente	Gp1 : SDF 38 % (SF) Gp2 : NaF 10 %(F) Gp3 : AgNO3 42 % (S) Gp4 : eau désionisée (W)	Etudier les effets inhibiteurs du SDF à 38 % sur la dentine déminéralisée.	-	-Profondeurs moyennes des lésions des groupes SF, F inférieures aux groupes S et W (p <0,01). -Présence des précipités de chlorure d'argent dans les groupes SF et S Ccl : Le SDF à 38 %inhibe la déminéralisation et préserve le collagène de la dégradation dans la dentine déminéralisée.
(Mei et al. 2012) <i>Dental Materials: Official Publication of the Academy of Dental Materials</i>	<i>in vitro</i>	Les kits d'analyse fluorimétrique de MMPs humaines recombinées purifiées	-	Gp1 : SDF 38 % Gp2 : SDF 38 % + HNO3 10 % Gp3 : SDF 30 % Gp4 : SDF 30 % + HNO3 10 % Gp5 : SDF 12 % Gp6 : SDF 12 % + HNO3 10 % Gp7 : NaF 10 % Gp8 : NaF 3 % Gp9 : AgNO3 42 % Gp10 : AgNO3 13 %	Etudier l'effet inhibiteur de diverses concentrations de SDF disponibles dans le commerce sur MMPs	-	-Taux d'inhibition de SDF à 38 % significativement supérieurs au SDF à 30 % et 12 % sur MMP-2, MMP-8 et sur MMP-9 (p <0,001). -Taux d'inhibition de SDF à 38 % sur MMP-2, MMP-8 et MMP-9 est significativement supérieur au pourcentage d'inhibition correspondant au NaF 10 % et d'AgNO3 42 %.
Rossi et al. (2017) <i>Acta odontologica latinoamericana</i>	<i>ex vivo</i>	2 modèles : -8 dents temporaires humaines présentant des	Dent animale et humaine temporaire	Application de SDF	-Etudier l'effet du SDF sur la reminéralisation de la surface cariée -Etudier l'effet du SDF sur	7 jours pour dent animale	-Présence de zones d'hyperminéralisation dans la dentine inter-tubulaire sont présentes et peu de tubules obstrués dans le groupe traité au SDF. -Présence d'ions Ag détectés au centre de la lésion (7,34 %), leur concentration diminuant aux bords (1,71 %). Aucun ion détecté

<i>na</i>		caries actives traitées au SDF -Molaires d'animaux.			le complexe dentino-pulpaire		dans les zones les plus éloignées de la lésion.
(Savas et al. 2016) <i>Pediatric dentistry</i>	<i>in vitro</i>	460 molaires humaines saines extraites, puis déminéralisée-s (artificiel)	Dent permanente	Gp1 : eau distillée (contrôle) Gp2 : APF Gp3 : Curodont repair (CR) Gp4 : SDF Gp5 : SiF Gp6 : SiF + CPC	Evaluer le potentiel reminéralisant des différents agents sur une surface déminéralisée.	30 jours	-Microdureté des groupes APF et SiF significativement plus élevée que celles du groupe témoin au bout de 7 jours (p<0,05). -Aucune différence significative entre les groupes CR, SDF et SiF + CPC par rapport au groupe témoin (p<0,05). -Modifications les plus importantes de la profondeur de la lésion les plus observées dans les groupes CR, APF, SiF et SDF (P <0,05). Ccl: Le SDF permet de reminéraliser la surface cariée et de diminuer la profondeur de la lésion. La reminéralisation est la plus réussie dans les groupes CR, APF et SiF.
(Knight et al. 2009) <i>Quintessence International</i>	<i>in vitro</i>	40 disques dentinaires déminéralisés issus de 40 3 ^{ème} molaires humaines, soit 10 par groupe	Dent permanente	Gp1 : AgF + KI Gp2 : KI seul Gp3 : AgF seul Gp4 : aucun traitement	Evaluer si l'application de SDF + KI sur une dentine déminéralisée est efficace pour inhiber la formation de biofilm.	14 jours	- Quantités d'argent et de fluor détectable jusqu'à 450 µm dans les sections AgF et AgF / KI. Ccl: Les disques dentinaires déminéralisés traités au AgF et au AgF + KI sont significativement plus résistants à la déminéralisation que les disques témoins et traités au KI seul.
(Chu et Lo 2008a) <i>Journal of Dentistry</i>	<i>ex vivo</i>	375 enfants (4-5 ans) présentant des caries actives	Dent temporaire antérieure maxillaire	10 lésions sont réparties à l'aveugle dans 2 groupes test : Gp1 : SDF 38 % 1x/an (n : 5) Gp2 : NaF 5 % tous les 3 mois (n : 5)	Traitement efficace si la lésion difficile à sonder (arrêt de la carie).	18, 30 mois	-Microdureté dans les 25-200 µm extérieurs des lésions carieuses arrêtées supérieure à celle des lésions carieuses actives. -Différence non significative à des profondeurs allant de 225 à 500 mm (p> 0,05).
(Mei et al. 2014b) <i>Journal of dentistry</i>	<i>ex vivo</i>	98 enfants âgés de 4 ans	Incisive centrale temporaire cariée	2x/an de SDF 38 % sur caries actives A 24 mois : Gp1 : 6 incisives mobiles présentant une carie arrêtée traitée au SDF 2x/an Gp2 : 6 incisives mobiles présentant des caries actives non traitées bientôt exfoliées.	Efficacité du produit si : asymptomatique, pas de signes pulpaires (décoloration de la dent, hyper-mobilité), dure au sondage (arrêt de la carie).	6, 12, 18, 24 mois	-Concentration en calcium et en phosphore importante dans les 150 µm extrêmes de la lésion dentinaire arrêtée, supérieure à celle retrouvée dans le corps de la lésion, et même supérieure à celle de la dentine non affectée dans la partie interne de la dent. -Structures granulaires denses de grains sphériques dans la zone inter-tubulaire.
(Gupta et al. 2011)	<i>in vitro</i>	Disques déminéralisés	Dent permanente	Gp1 : hydroxyde de calcium Gp 2 : SDF	Etudier l'efficacité antimicrobienne et le	-	-Augmentation de la microdureté dans les trois groupes. -Augmentation maximale du nombre de duretés en knoop (KHN)

<i>Journal of conservative dentistry</i>		(artificiel) issus de 45 prémolaires extraites, soit 15 par groupe		Gp 3 : CVI type VII	potentiel reminéralisant du SDF et du CVI.		détectée dans le groupe 3, suivie des groupes SDF et hydroxyde de calcium. Ccl : efficacité du SDF et du CVI VII en matière de reminéralisation et donc comme un matériau de coiffage pulpaire indirect.
(Mei et al. 2013c) <i>Annals of Clinical Microbiology and Antimicrobials</i>	<i>in vitro</i>	72 blocs de dentines préparés à partir de 3 ^e molaires humaines	Dent permanente	Gp test : 38 % SDF (n : 36) Gp contrôle : eau distillée stérile (n : 36)	Etudier le mécanisme d'action du SDF dans l'arrêt de la carie dentaire.	7, 14, 21 jours	-Microdureté et pourcentages en poids de calcium et de phosphore dans le groupe test (SDF) étaient plus élevés que dans le groupe contrôle (p <0,05). Ccl : SDF 38 % réduit le processus de déminéralisation.
(Li et al. 2019) <i>Caries Research</i>	<i>ex-vivo</i>	10 incisives temporaires cariées extraites et traitées au SDF	Dent temporaire	Application du SDF à 38 %	Etudier les effets du SDF à 38 % sur les dents cariées.	-	-Le carbone, l'oxygène, le phosphore, le chlore, l'argent et le calcium sont les principaux éléments détectés dans les lésions traitées au SDF. - Dans les lésions cavitaires profondes, précipitation en argent observée dans la chambre pulpaire => SDF devrait être utilisée avec prudence pour diverses lésions carieuses.
(Yu et al. 2018a) <i>Official Publication of the Academy of Dental Materials</i>	<i>in vitro</i>	48 échantillons déminéralisés (artificiel) préparés à partir de 12 molaires humaines saines	Dent permanente	Gp1 : 38 % de SDF + 5 % de NaF (n : 12) Gp2 : 38 % de SDF (n : 12) Gp3 : 5 % de NaF (n : 12) Gp4 : l'eau désionisée (n : 12)	Evaluer l'effet reminéralisant de SDF à 38 % et d'un vernis à NaF à 5 % sur les lésions carieuses amélares		-Destruction de la surface amélaire dans le groupe 4. -Profondeurs de lésion des groupes 1 et 2 inférieures à celles du groupe 3 (p = 0,002). -Le chlorure d'argent formé constituait le produit principal dans les groupes 1 et 2. Ccl : L'application complémentaire du NaF au SDF a un effet reminéralisant similaire à celui du SDF seul sur les caries de l'émail.
(Mei et al. 2014a) <i>Journal of Dentistry</i>	<i>in vitro</i>	Cathepsines recombinantes humaines et kits de dosage de la cathepsine (cathepsine K et B)		Gp1 : SDF 38 % Gp2 : SDF 38 % + HNO3 Gp3 : SDF 30 % Gp4 : SDF 30 % + HNO3 Gp5 : SDF 12 % Gp6 : SDF 12 % + HNO3 Gp7 : AgNO3 (255, 000 ppm d'Ag) Gp8 : AgNO3 (80,000 ppm d'Ag) Gp9 : NaF + KF Gp10 : NaF	Evaluer si SDF inhibe l'activité des cathepsines cystéine		Pourcentage d'inhibition du SDF à 38 % supérieur au SDF à 30 % et 12 % sur la cathepsine B et K (p <0,001). Les solutions contenant Ag+ ont un effet inhibiteur significativement plus élevé que les solutions contenant seulement F À (p <0,01). Ccl : selon cette étude, la solution de SDF aux 3 concentrations testées inhibe de manière significative l'activité de la cathepsine B et K

Abréviations : ECCR : essai clinique contrôlé randomisé ; ECR : essai clinique randomisé ; SDF : Silver diamine fluoride ; NaF : fluorure de sodium ; NSSF : Nano silver sodium fluoride ; NSF : nano silver fluoride ; MEB : microscope électronique à balayage ; EDS/EDX : spectroscopie de rayons X à dispersion d'énergie ; MO : microscope optique ; KI : iodure de potassium ; CHX : chlorure de chlorure de cétylepyridinium ; CTT : brossage croisé des dents (*cross tooth-brushing technique*) ; GIC (CVI) : ciment verre ionomère ; APF : fluorure de phosphate acidulé ; AHF : hexafluorosilicate d'ammonium ; CPC : chlorure de cétylepyridinium ; CR : Curodont Repair ; SiF : hexafluorosilicate d'ammonium ; AgF : Fluorure de diamine d'argent ; AgNO₃ : nitrate d'argent ; IRT : traitement restaurateur provisoire (CVI) ; HNO₃ : acide nitrique ; CFU : unités formant des colonies ; CLSM : microscopie confocale ; micro-CT : tomographie micro-informatique ; TEM : microscopie électronique à transmission ; KHN : knoop ; FTIR : spectroscopie infrarouge à transformation de Fourier ; DRX : diffraction des rayons X ; HYP : hydroxyproline ; TDD : dépôt de dentine tertiaire

4.2.1.2 Effets sur le complexe dentino-pulpaire

Lorsque la surface dentaire est déminéralisée et expose les tubuli dentinaires, le composé y pénètre partiellement ou totalement et bloque leur lumière. En comparant les tubules dentinaires dans la dentine saine non traitée et la dentine traitée au SDF, les tubules correspondants à la dentine traitée au SDF présentent une dentine inter-tubulaire hyperminéralisée et des tubules partiellement obstrués (Fig.15) (Zhao et al. 2017c).

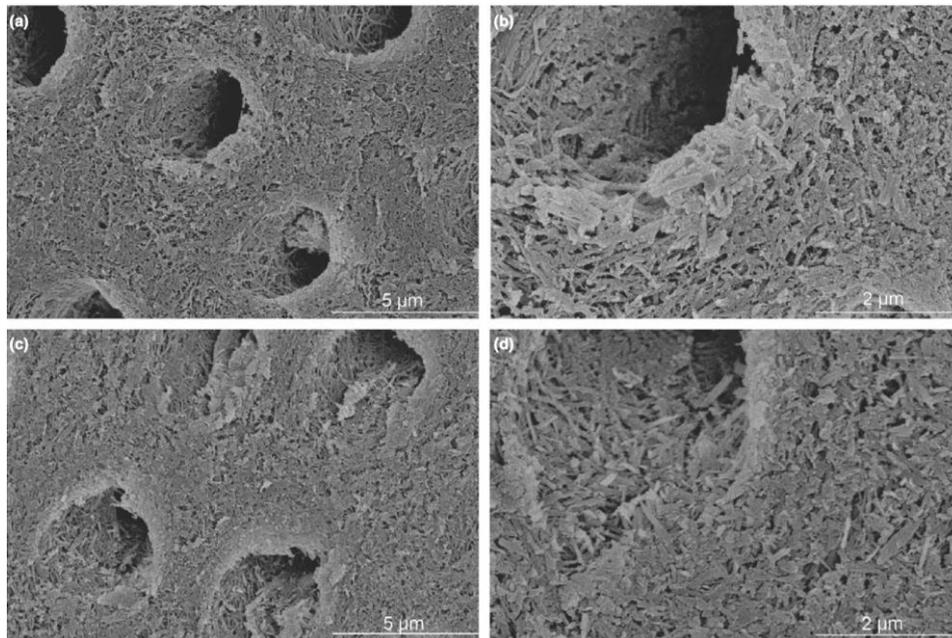


Figure 15 : Tubuli dentinaires, observés au MEB, non obstrués dans le groupe non traité (a) x8000 et (b) x20000, et partiellement obstrués dans le groupe traité au SDF (c) x8000 et (d) x20000, (Zhao et al, 2017), Arresting simulated dentine caries with adjunctive application of silver nitrate solution and sodium fluoride varnish: an in vitro study

Mei et al (2014) ont mené une étude *ex vivo* sur des dents humaines cariées traitées et non traitées au SDF. La morphologie de surface de la lésion arrêtée traitée au SDF, analysée sous microscope à balayage (MEB), montre une surface relativement lisse avec peu de fibres de collagène exposées (Fig. 16.A). La morphologie de surface de la lésion dentinaire active non traitée est poreuse et rugueuse (Fig.16.C), les fibres de collagène sont exposées, désorganisées et peu dispersées (Fig.16.D) (Mei et al. 2014b).

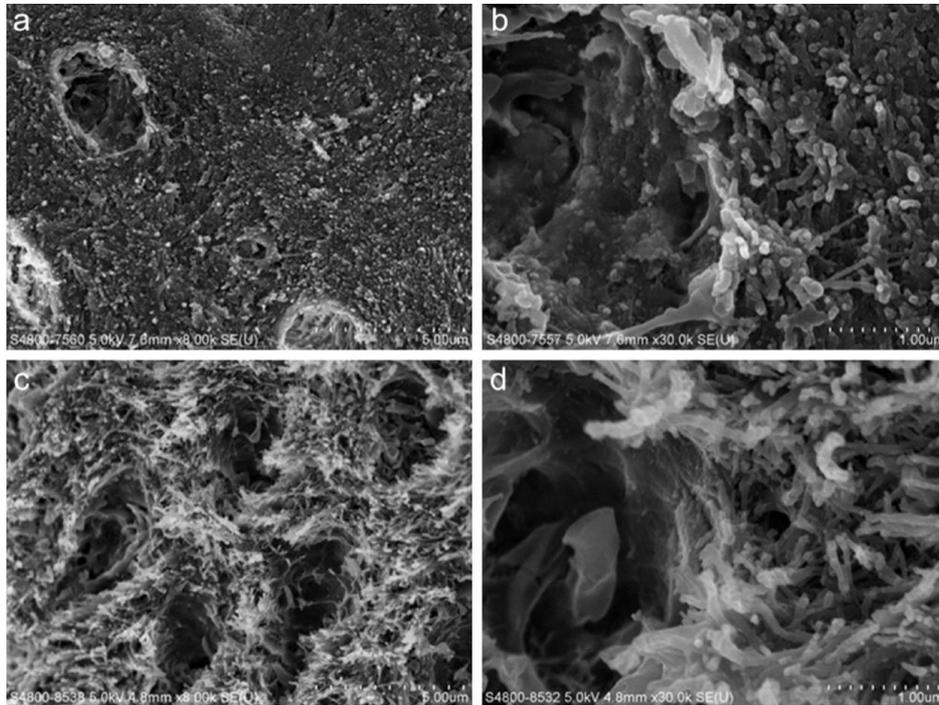


Figure 16 : Surface lisse et organisée, observée au MEB, d'une lésion dentinaire cariée et traitée au SDF (a) x8000 et (b) x3000,

Surface poreuse observée au MEB d'une lésion dentinaire active non traitée (c) x8000 et (d) x30000, (Mei et al 2014), *An ex vivo study of arrested primary teeth caries with silver diamine fluoride therapy*

De plus, les tubules dentinaires d'une dentine cariée et traitée au SDF ont montré une formation de dentine tertiaire. Korwar et al (2015) ont mené une étude *in vitro* visant à déterminer la réponse pulpaire suite à l'application de deux matériaux à haute teneur en fluor, le fluorure de diamine d'argent (SDF) et le CVI de type VII lorsqu'ils sont utilisés comme matériaux de coiffage indirect comparé à l'hydroxyde de calcium (Korwar et al. 2015). Le succès du coiffage indirect est déterminé cliniquement par des dents vitales asymptomatiques et histologiquement par un dépôt de dentine tertiaire (TDD) adjacent au site de la lésion.

Les quatre groupes comparés sont :

- groupe A : SDF 38 %
- groupe B : CVI de type VII
- groupe C : hydroxyde de calcium
- groupe D : boulette de coton (témoin)

Les résultats montrent que les tissus pulpaire adjacents à la préparation de la cavité ne présentaient aucune cellule inflammatoire (neutrophiles, macrophages, lymphocytes, plasmocytes) ni artérioles dilatées dans la zone riche en cellules subodontoblastiques de

Hohl, suggérant l'absence d'inflammation dans aucun des groupes. La couche subodontoblastique de Hohl est une zone de faible épaisseur riche en cellules, qui contient principalement des cellules fibroblastiques, des cellules mésenchymateuses indifférenciées et des cellules dendritiques assurant la surveillance immunitaire du tissu. Un dépôt de dentine tertiaire (TDD) a été observé dans 5 sur 9 échantillons du groupe SDF, 6 sur 9 échantillons du groupe CVI de type VII et 3 sur 9 échantillons dans le groupe hydroxyde de calcium. Aucun des échantillons du groupe témoin n'a montré de dépôt de dentine tertiaire (Fig.17.D). Une dentine tertiaire de type réparateur a été observée dans les groupes CVI de type VII et SDF (Fig 17.A B et C). Ces échantillons présentaient des odontoblastes cubiques à noyau basophile dense, emprisonnés dans la dentine tertiaire nouvellement formée, indiquant la formation d'ostéodentine.

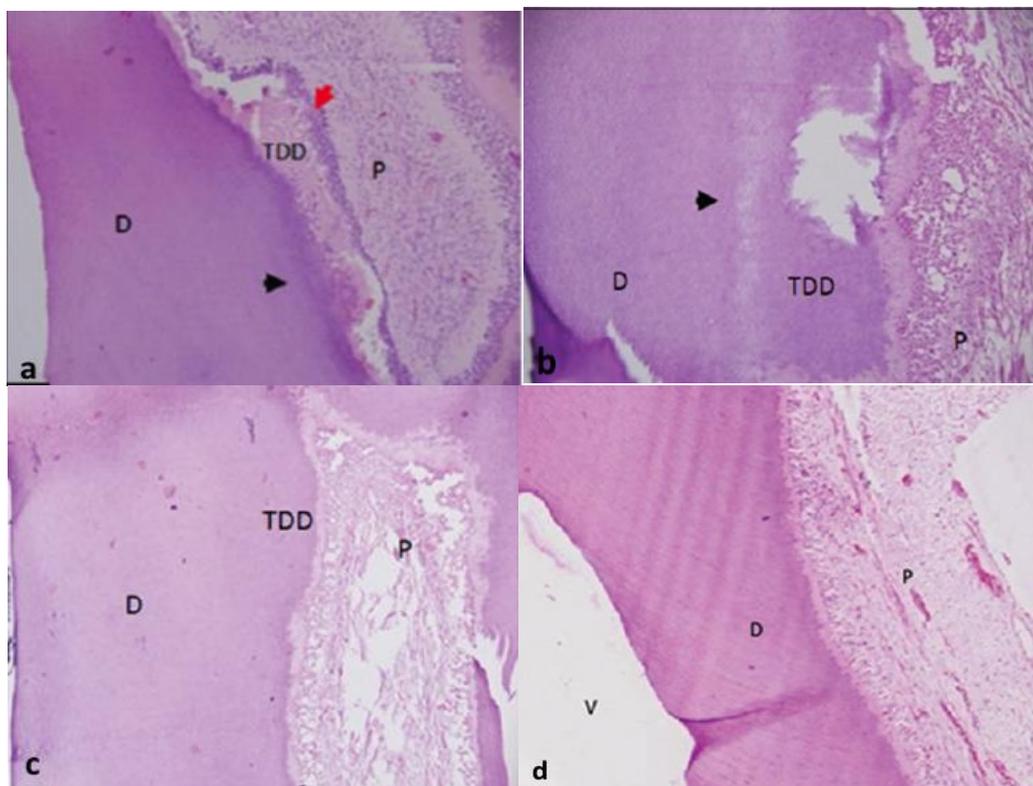


Figure 17 : Formation de dentine tertiaire (TDD) dans les groupes traités au SDF (a), au CVI (b) et à l'hydroxyde de calcium (c). Pas de formation dans le groupe témoin (d)(Korwar et al, 2015), *Pulp response to high fluoride releasing glass ionomer, silver diamine fluoride, and calcium hydroxide used for indirect pulp treatment: An in-vivo comparative study*

Tableau 2 : Tableau récapitulatif des études *in vitro* et *ex vivo* sur l'effet du SDF sur le complexe dentino-pulpaire

Auteur/ Journal	Type d'étude	Population/ échantillon	Type de dent	Matériaux utilisés (différents groupes)	Critères/ Méthodes d'évaluation	Suivi	Résultats
(Rossi et al. 2017) <i>Acta odontologica latinoamericana</i>	<i>ex vivo</i>	2 modèles : -8 dents temporaires humaines présentant des caries actives traitées au SDF -Molaires d'animaux	Dent animale et humaine temporaire	Application de SDF	-Etudier l'effet reminéralisant du SDF -Etudier l'effet du SDF sur le complexe dentino-pulpaire	7 jours	-Présence de zones d'hyperminéralisation dans la dentine inter-tubulaire sont présentes et peu de tubules sont obstrués dans le groupe traité au SDF. -Le SDF scelle les tubules sur le site d'application, avec une pénétration limitée. Le tissu pulpaire associé à la carie traitée montre un infiltrat inflammatoire chronique et une formation de dentine tertiaire, sans précipité d'Ag. -Dans le modèle animal expérimental, l'histologie de la pulpe non altérée de manière significative dans les cavités des molaires traitées au SDF.
(Bimstein et Damm 2018) <i>The Journal of Clinical Pediatric Dentistry</i>	<i>ex vivo</i>	Enfant de 4 ans présentant des caries profondes proches de la pulpe sur des dents temporaires traitées au SDF	Dent temporaire	Application de SDF à 38 %	Analyse histologique du complexe dentino-pulpaire	6 mois	-Signes de formation de dentine tertiaire et une inflammation pulpaire minime. Une couche odontoblastique intacte mais aplatie est adjacente à la dentine tertiaire irrégulière.
(Mei et al. 2013b) <i>Journal of Dentistry</i>	<i>in vitro</i>	72 échantillons déminéralisés, soit 18 par groupe	Dent permanente	Gp1 : SDF 38 % (SF) Gp2 : NaF 10 % (F) Gp3 : AgNO3 42 % (S) Gp4 : eau désionisée (W)	Etudier les effets inhibiteurs du SDF à 38 % sur la dentine déminéralisée.	-	-Déminéralisation évidente associée à une exposition du collagène dans les groupes S et W contrairement au groupe SF. -Des amas de grains sphériques granulaires observés dans les coupes transversales des échantillons des groupes SF et F. Ccl : L'utilisation de SDF à 38 % inhibe la déminéralisation et préserve le collagène de la dégradation dans la dentine déminéralisée.
(Korwar et al. 2015) <i>Contemporary Clinical Dentistry</i>	<i>in vitro</i>	9 adultes (garçons : 3 femmes : 6)	Dent permanente	Gp A : SDF 38 % (n : 9) Gp B : CVI type VII (n : 9) Gp C : Hydroxyde de calcium (n : 9) Gp D : boulette de coton (témoin)	Evaluer la réponse du SDF et du CVI type VII si utilisés comme matériaux de coiffage indirect (IPT).	A 6 semaines	-Pas de changement inflammatoire observé dans aucun des groupes. Les groupes A et B montrent un dépôt de dentine tertiaire (TDD) par rapport au groupe témoin. Aucune différence significative n'a été observée dans le TDD lors de la comparaison intergroupe. Ccl: capacité du SDF et du CVI de type VII à induire un TDD.
(Mei et al. 2014b) <i>Journal of</i>	<i>ex vivo</i> associée à un ECR	98 enfants âgés de 4 ans	Incisive centrale temporaire cariée	SDF 38 % 2x/an sur dents cariées actives A 24 mois : Gp1 : 6	Efficacité du produit si : asymptomatique, pas de signes pulpaire	6, 12, 18, 24 mois	-Surface relativement lisse avec peu de fibres de collagène exposées au niveau des lésions arrêtées (les fibres sont exposées et mal organisées au niveau des lésions actives).

dentistry				incisives temporaires mobiles présentant une carie arrêtée traitée au SDF (bi-annuel) Gp2 : 6 incisives mobiles présentant des caries dentinaires actives non traitées	(décoloration de la dent, hyper mobilité), dure au sondage (arrêt de la carie).		
(Zhao et al. 2017c) <i>International Dental Journal</i>	<i>in vitro</i>	54 échantillons dentinaires déminéralisés (artificiel) préparés à partir de 18 molaires humaines (3 ^e molaire)	Dent permanente	Gp 1 : solution de 25 % d'AgNO ₃ + NaF 5 % (SF) Gp 2 : 38 % de SDF (SDF, témoin positif) Gp 3 : eau désionisée (contrôle négatif) (W)	Etudier l'efficacité du SDF à arrêter la carie dentaire.	-	-Les fibres de collagène exposés dans le groupe W, mais pas dans les groupes SF et SDF Ccl : l'utilisation d'une solution de nitrate d'argent et d'un vernis au fluorure de sodium est efficace pour inhiber la déminéralisation de la dentine et la dégradation de son collagène.
(Li et al. 2019) <i>Caries Research</i>	<i>ex vivo</i>	10 incisives temporaires cariées traitées au SDF	Dent temporaire	Application du SDF à 38 %	-Etudier les effets du SDF à 38 % sur les dents cariées -Evaluer la pénétration et la distribution de l'argent dans les lésions carieuses traitées au SDF 38 %.	-	-Les particules d'argent pénètrent à travers le complexe pelliculaire de l'émail déminéralisé. L'Ag s'étend à travers les prismes d'émail et les tubules dentinaires, et forme des barrières enrichies en argent à la surface des lésions traitées. -Dans les lésions profondes, la précipitation en argent peut être observée dans la chambre pulpaire. Ccl : nouvelles preuves définissant le mode d'action du SDF pour arrêter les caries et suggèrent que l'application du SDF sur les dents temporaires devrait être utilisée avec prudence pour diverses lésions cariées

Abréviations : ECCR : essai clinique contrôlé randomisé ; ECR : essai clinique randomisé ; SDF : Silver diamine fluoride ; NaF : fluorure de sodium ; NSSF : Nano silver sodium fluoride ; NSF : nano silver fluoride ; MEB : microscope électronique à balayage ; EDS/EDX : spectroscopie de rayons X à dispersion d'énergie ; MO : microscope optique ; KI : iodure de potassium ; CHX : chlorexidine ; CTT : brossage croisé des dents (*cross tooth-brushing technique*) ; GIC (CVI) : ciment verre ionomère ; APF : fluorure de phosphate acidulé ; AHF : hexafluorosilicate d'ammonium ; CPC : chlorure de cétalpyridinium ; CR : Curodont Repair ; SiF : hexafluorosilicate d'ammonium ; AgF : Fluorure de diamine d'argent ; AgNO₃ : nitrate d'argent ; IRT : traitement restaurateur provisoire (CVI) ; HNO₃ : acide nitrique ; CFU : unités formant des colonies ; CLSM : microscopie confocale ; micro-CT : tomographie micro-informatique ; TEM : microscopie électronique à transmission ; KHN : knoop ; FTIR : spectroscopie infrarouge à transformation de Fourier ; DRX : diffraction des rayons X ; HYP : hydroxyproline ; TDD : dépôt de dentine tertiaire

4.2.1.3 Effets sur les bactéries cariogènes

La couche squameuse de phosphate d'argent formée après application du SDF augmente la résistance de la surface dentinaire à la dissolution acide et à la digestion enzymatique grâce à ses propriétés antibactériennes (Mei et al. 2013c).

Mei et al (2013) ont mené une étude pour analyser la formation de biofilm cariogène sur les lésions carieuses traitées au SDF et non traitées (groupe contrôle).

Cinq bactéries cariogènes (*Streptococcus mutans*, *Streptococcus sobrinus*, *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus rhamnosus* et *Actinomyces naeslundii*) ont été utilisées pour former un biofilm, générant des lésions carieuses sur des blocs de dentine humaine. Le SDF à 38 % a été appliqué sur les lésions du groupe test et de l'eau sur celles du groupe de contrôle. La cinétique de croissance (CFU) des bactéries (*Streptocoques Mutans*, *des lactobacilles* et *des actinomycètes*) a été calculée dans les groupes test et contrôle. Les résultats du log CFU total révèlent que le SDF a inhibé la croissance des cinq bactéries sur la dentine cariée à la fin du jour 7, du jour 14 et du jour 21 ($p < 0,01$). À la fin du 7^{ème}, l'UFC du groupe de test a chuté à des valeurs faibles (log UFC < 1) pour toutes les espèces. Bien que le log CFU ait augmenté avec le temps, les valeurs sont nettement inférieures à celles du groupe témoin (Mei et al. 2013c).

De plus, la microscopie confocale à balayage laser (CLSM) a été utilisée pour étudier la viabilité et la distribution des biofilms. Les cellules mortes ont été marquées en rouge avec la sonde PI, alors que les cellules vivantes ont été marquées en vert avec la sonde SYTO-9. Le ratio rouge sur vert a été calculé pour désigner le ratio de bactéries mortes à vivantes, respectivement. Un ratio élevé indique l'effet antimicrobien positif de l'agent thérapeutique étudié.

Plusieurs résultats ont été analysés suite aux observations obtenues au MEB et au CLSM (Fig.18). Concernant le groupe test, les bactéries sont rarement détectées à la surface de la dentine (Fig 18.A) et les orifices des tubules dentinaires sont plus petits comparé au groupe contrôle au 7^{ème} jour (Fig 18.B). De même, des agrégats de bactéries ont été observés sur les surfaces dentinaires traitées au 14^{ème} jour (Fig 18.E), et une monocouche de biofilm recouvrait la majorité de ces surfaces au 21^{ème} jour (Fig 18.I). Concernant le groupe témoin, le biofilm était abondant (Fig 18.F et J). Le ratio rouge sur vert, calculé à partir d'images

CLSM, a montré des ratios significativement plus élevés dans le groupe test que dans les groupes contrôle à la fin des jours 7, 14 et 21 (Fig. 18.C, D, G, H, K, I). Bien que des bactéries soient présentes à la surface traitée au SDF aux 7^{ème} et 21^{ème} jour, leur nombre reste significativement inférieur qu'au groupe test. Ainsi, l'application du SDF a permis d'inhiber la croissance du biofilm bactérien cariogène.

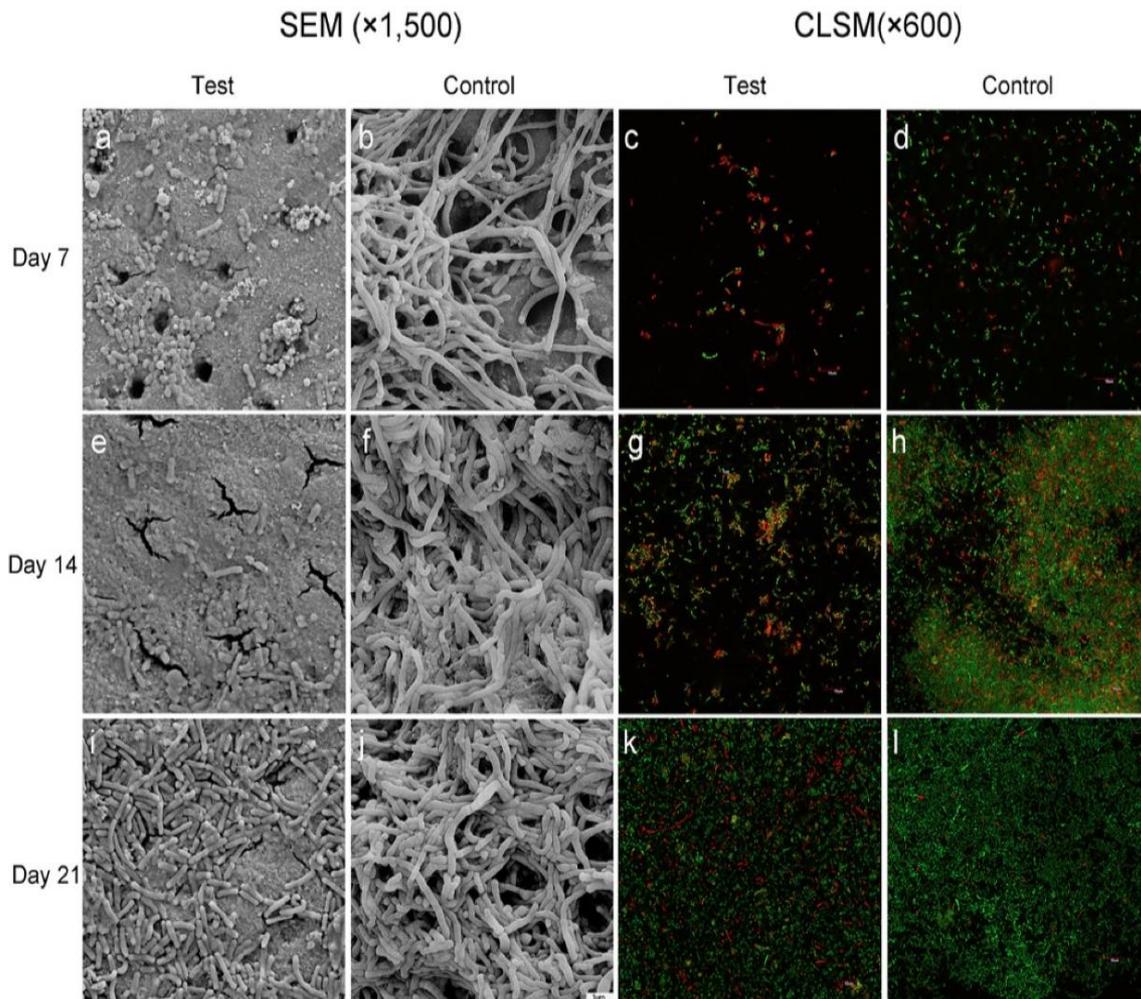


Figure 18 : Biofilm bactérien abondant, observé au MEB, sur les surfaces des lésions non traitées au SDF contrairement aux surfaces traitées. Nombre de bactéries mortes (en rouge), observé au CLSM, plus important dans le groupe traité au SDF que dans le groupe contrôle, (Mei et al 2013), *Antibacterial effects of silver diamine fluoride on multi-species cariogenic biofilm on caries*

L'étude *in vitro* menée par Knight et al (2009) précédemment décrite vise à comparer l'efficacité du traitement topique à l'AgF (fluorure d'argent) à celle d'AgF suivie de KI (iodure de potassium) sur la pénétration et la viabilité d'un organisme test, les *Streptococcus mutans*. Les surfaces extérieures des disques des 4 groupes, examinées au microscope

électronique à balayage (MEB) ont montré un biofilm de *S mutans* important couvrant toute la surface exposée de tous les disques de contrôle (Fig 19.A) et sur les disques traités au KI (Fig 19.B). En revanche, aucun biofilm bactérien discernable n'a été détecté sur les disques traités avec AgF (Fig 19.C) ou AgF / KI (Fig 19.D) (Knight et al. 2009). En conclusion, les traitements au SDF seul et au SDF suivi d'une application de KI ont eu des effets inhibiteurs significatifs sur la pénétration et la croissance des organismes pendant une exposition de 14 jours. De plus, l'application du KI n'a pas diminué l'effet antimicrobien de l'argent.

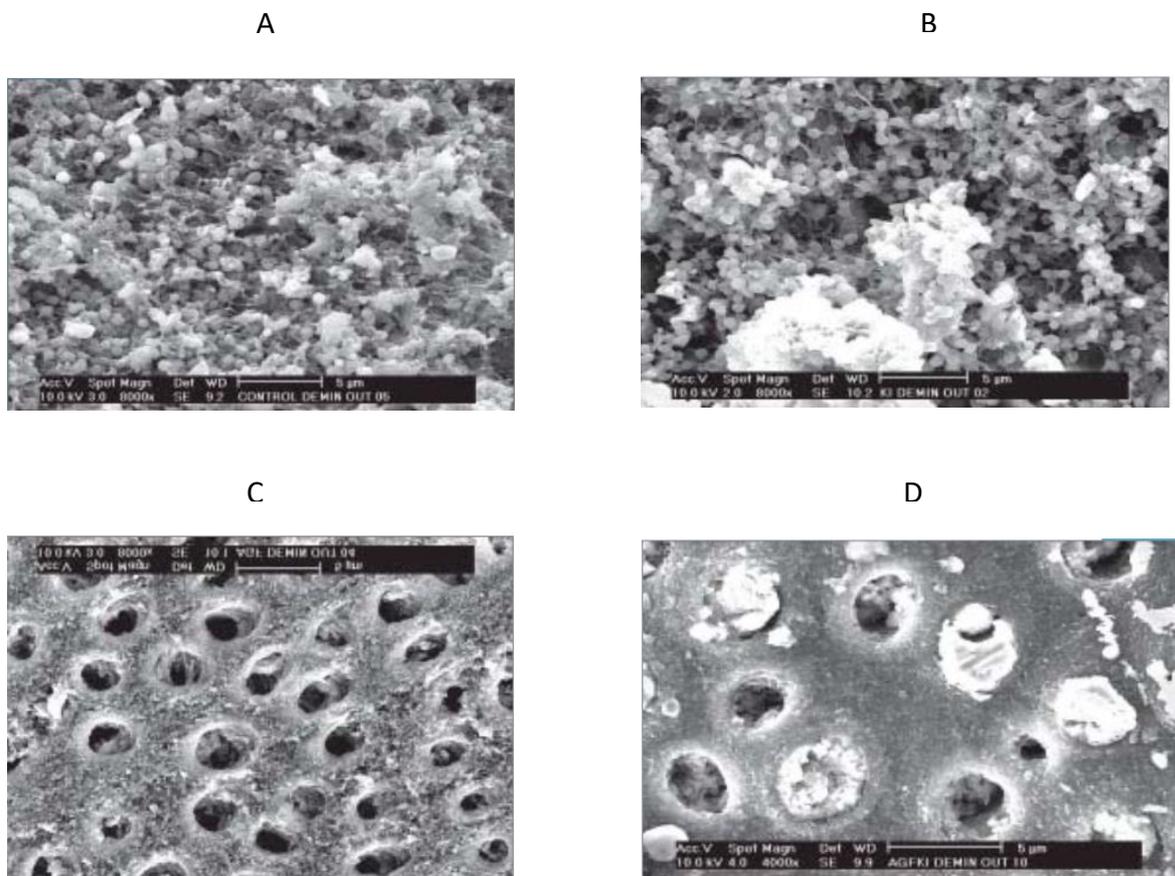


Figure 19 :

Biofilm apparent sur la surface d'un disque de dentine déminéralisé (témoin) non traité (A) et traité au KI (B), Pas de biofilm discernable sur la surface d'un disque dentinaire déminéralisé traité au AgF (C) et traité au AgF suivi de KI (D), (Knight et Al, 2009), *Inability to form a biofilm of Streptococcus mutans on silver fluoride and potassium iodide-treated demineralized dentin.*

Tableau 3 : Tableau récapitulatif des études *in vitro* et *ex vivo* sur l'effet du SDF sur le biofilm cariogène

Auteur/ Journal	Type d'étude	Population/ échantillon	Type de dent	Matériaux utilisés (différents groupes)	Critères/ Méthodes d'évaluation	Suivi	Résultats
(Mei et al. 2013a) <i>Medicina Oral, Patologia Oral Y Cirugia Bucal</i>	<i>in vitro</i>	30 blocs dentinaires déminéralisés (artificiel) issus de 3 ^e molaires humaines saines	Dent permanente	Gp test : SDF 38 % (n : 15) Gp contrôle : Eau (n : 15)	Etudier les effets du SDF sur les caries dentinaires actives associées à un biofilm cariogène.	-	Le log CFU de <i>S. mutans</i> et <i>L. acidophilus</i> dans le groupe test significativement inférieur au groupe contrôle. Ccl : le SDF a une activité antimicrobienne contre les biofilms cariogènes
(Yu et al. 2018b) <i>Journal of dentistry</i>	<i>in vitro</i>	104 blocs dentinaires déminéralisés issus de molaires humaines saines, soit 26 par groupe	Dent permanente	Gp1 : SDF 38 % + NaF 5 % Gp2 : SDF 38 % Gp3 : NaF 5 % Gp 4 : eau stérile desionisée	Etudier l'inhibition de la croissance bactérienne et l'effet reminéralisant du SDF + NaF sur les caries dentinaires actives.	-	-Le nombre de <i>S.mutans</i> dans le groupe 1 significativement plus élevé que celui du groupe 2 (p <0,001). Ccl : l'application de SDF avec ou sans NaF réduit la déminéralisation des caries dentinaires, mais le SDF exerce une inhibition de la croissance du biofilm plus forte que le SDF + NaF.
(Hamama et al. 2015) <i>Australian Dental Journal</i>	<i>in vitro</i>	45 disques dentinaires préparés à partir de prémolaires non cariées	Dent permanente	Gp1 : disques dentinaires sains (contrôle négatif) Les disques déminéralisés : Gp2 : pas de traitement (contrôle positif) Gp3 : SDF / KI Gp4 : CHX Gp5 : CHX + SDF / KI Gp6 : Carisolv Gp7 : Carisolv + SDF / KI Gp8 : Papacarie Gp9 : Papacarie + SDF / KI	Evaluer l'effet antimicrobien du SDF + KI sur la viabilité des bactéries. Rq : Les agents d'élimination chimio-mécanique des caries (CMCR) sont classés en fonction de leur composition chimique: à base d'hypochlorite de sodium (NaOCl) (carisolv) ou à base d'enzymes (Papacarie).	-	-La plupart des bactéries intra-tubulaires vivantes après traitement au gel à base de NaOCl et dans le groupe témoin positif (non traité). -Pourcentage plus élevé de bactéries mortes dans le groupe SDF / KI par rapport au traitement au gel à base de NaOCl et gel à base d'enzyme (p <0,05). Ccl : SDF + KI présente une forte activité antimicrobienne. L'application de SDF / KI à la suite d'agents CMCR Carisolv et Papacarie a considérablement réduit la viabilité des bactéries intra-tubulaires de ces groupes.
(Savas et al. 2015) <i>Journal of Oral Science</i>	<i>in vitro</i>	48 blocs d'émail issus d'incisives bovines saines déminéralisés (artificiel)	Dent animale	Gp1 : eau distillée Gp2 : SDF Gp3 : APF Gp4 : AHF Gp5 : AHF + CPC Gp6 : 0,2 % de CHX	Evaluer l'efficacité des agents antibactériens sur les biofilms cariogènes.		-Nombre de bactéries vivantes significativement réduit par tous les agents antibactériens (p <0,05). -Le SDF a l'activité antibactérienne la plus élevée (p <0,05). Ccl : le SDF a une action antibactérienne très efficace contre le biofilm cariogène de <i>S.mutans</i> . Aucun des autres agents fluorés utilisés dans cette étude, ni l'agent 0.2 % CHX, n'a montré un effet antibactérien comparable à celui du SDF.

(Knight et al. 2009) <i>Quintessence International</i>	<i>in vitro</i>	40 disques dentinaires déminéralisés (artificiel) issus de 40 3ème molaires humaines, soit 10 par groupe	Dent permanente	Gp1 : AgF + KI Gp2 : KI seul Gp3 : AgF seul Gp4 : aucun traitement (contrôle)	Evaluer si l'application d'AgF + KI sur une dentine partiellement déminéralisée affecte la formation d'un biofilm de <i>Streptococcus mutans</i> .	14 jours	-Biofilm de <i>S mutans</i> recouvre la totalité des surfaces exposées de tous les disques témoins et traitées au KI. Aucun biofilm bactérien discernable n'est détecté sur les disques traités avec AgF ou AgF / KI.
(Gupta et al. 2011) <i>Journal of conservative dentistry</i>	<i>in vitro</i>	Disques déminéralisés (artificiel) issus de 45 prémolaires, soit 15 par groupe	Dent permanente	Gp1 : hydroxyde de calcium Gp 2 : SDF Gp 3 : CPG type VII	Etudier l'efficacité antimicrobienne et le potentiel reminéralisant du SDF et du CVI.	-	Efficacité antimicrobienne contre <i>S. mutans</i> par les groupes hydroxyde de calcium et SDF était supérieure à celle du groupe CPG VII.
(Mei et al. 2013c) <i>Annals of Clinical Microbiology and Antimicrobials</i>	<i>in vitro</i>	72 blocs de dentines préparés à partir de 3 ^e molaires humaines	Dent permanente	Gp test : 38 % SDF (n : 36) Gp contrôle : eau distillée stérile (n : 36)	Etudier le mécanisme d'action du SDF dans l'arrêt de la carie dentaire.	7, 14, 21 jours	-Moins d'unités formant des colonies dans le groupe de test par rapport au groupe de contrôle (p <0,01). -Croissance bactérienne moins importante dans le groupe test et un biofilm cariogène abondant dans le groupe témoin (p <0,01). Ccl : SDF à 38 % inhibe la formation de biofilms cariogènes multi-espèces sur les lésions carieuses de la dentine et réduit le processus de déminéralisation.
(Vinson et al. 2018) <i>Journal of Dentistry for Children</i>	<i>in vitro</i>	Culture de <i>S. mutans</i> pour établir un biofilm <i>S. mutans</i> sur des plaques de culture tissulaire		Les plaques sont réparties dans 4 groupes : Gp1 : SDF 38 % Gp2 : SDF 38 %+ SSKI Gp3 : SSKI Gp4 : groupe témoin négatif non traité	Etudier les effets inhibiteurs du SDF avec et sans solution saturée d'iodure de potassium (SSKI) sur un biofilm de <i>Streptococcus mutans</i> établi.	-	- Plus de CFU dans le groupe contrôle que dans les groupes SSKI, SDF et SDF + SSKI (p <0,0001). -Le groupe SDF avait significativement moins d'UFC que le groupe SDF + SSKI (p = 0,02). Ccl : SDF seul, SDF + SSKI et SSKI seul ont perturbé un biofilm établi de <i>S. mutans</i> . SDF seul a eu la plus grande perturbation globale.

Abréviations : ECCR : essai clinique contrôlé randomisé ; ECR : essai clinique randomisé ; SDF : Silver diamine fluoride ; NaF : fluorure de sodium ; NSSF : Nano silver sodium fluoride ; NSF : nano silver fluoride ; MEB : microscope électronique à balayage ; EDS/EDX : spectroscopie de rayons X à dispersion d'énergie ; MO : microscope optique ; KI : iodure de potassium ; CHX : chlorure d'hexachlorure de potassium ; CTT : brosse croisée des dents (*cross tooth-brushing technique*) ; GIC (CVI) : ciment verre ionomère ; APF : fluorure de phosphate acidulé ; AHF : hexafluorosilicate d'ammonium ; CPC : chlorure de cétylpyridinium ; CR : Curodont Repair ; SiF : hexafluorosilicate d'ammonium ; AgF : Fluorure de diamine d'argent ; AgNO₃ : nitrate d'argent ; IRT : traitement restaurateur provisoire (CVI) ; HNO₃ : acide nitrique ; CFU : unités formant des colonies ; CLSM : microscopie confocale ; micro-CT : tomographie micro-informatique ; TEM : microscopie électronique à transmission ; KHN : knoop ; FTIR : spectroscopie infrarouge à transformation de Fourier ; DRX : diffraction des rayons X ; HYP : hydroxyproline ; TDD : dépôt de dentine tertiaire

Le SDF permet ainsi (Horst et al. 2016):

- d'inhiber le processus de déminéralisation ;
- de conserver le collagène en inhibant l'effet des cathepsines de cystéine et des MMPs de la matrice liés à la dégradation du collagène ;
- d'augmenter la micro-dureté des lésions dentaires après son application ;
- d'inhiber la croissance des bactéries cariogènes.

4.2.1.4 Effets sur la prévention des lésions carieuses

Punyanirun et al. (2017) ont mené une étude *in vitro* comparant l'efficacité du SDF et du dentifrice fluoré dans la reminéralisation des caries amélares non cavitaires. Le groupe test (SDF) a démontré une densité minérale significativement plus élevée jusqu'à une profondeur de 120 μm et un pourcentage de reminéralisation plus élevé ($p < 0,05$) par rapport au groupe contrôle (dentifrice fluoré) (Punyanirun et al. 2017).

Zhao et al. (2017) ont mené une étude *in vitro* qui permet d'analyser l'effet du SDF+KI dans la prévention des caries secondaires sous les restaurations au CVI. Des restaurations cervicales au CVI ont été réalisées sur 30 prémolaires sur lesquelles des agents tels que le SDF + KI (groupe 1) ou le SDF seul (groupe 2, contrôle positif) ont été appliqués. Dans le groupe 3, aucun traitement n'est réalisé (contrôle négatif). La déminéralisation de la dentine adjacente à la restauration a été évaluée par spectroscopie par tomodynamométrie (micro-CT) et infrarouge à transformation de Fourier (FTIR) à 14 jours. Les images micro-CT ont montré que les profondeurs des lésions des groupes 1, 2 étaient significativement inférieures par rapport au groupe 3 ($p < 0,001$) (Fig.20) (Zhao et al. 2017a).

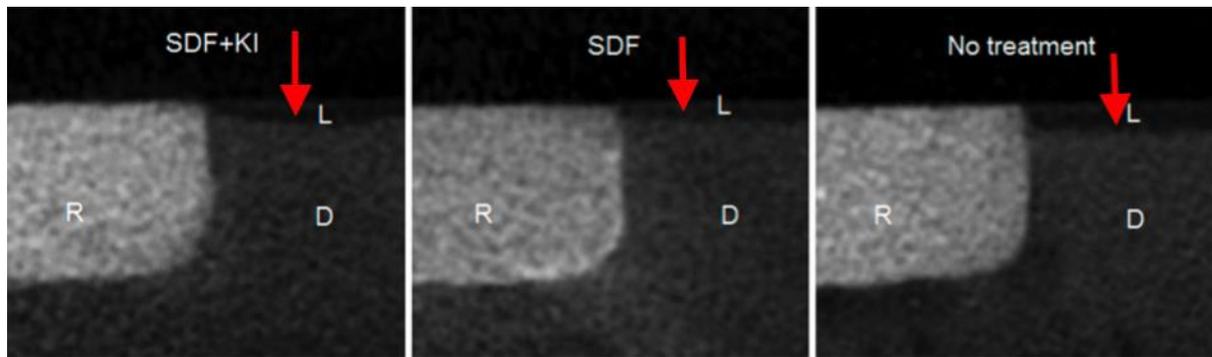


Figure 20 : Résultats du micro-CT analysant les profondeurs de lésion dans les trois groupes, (Zhao et al. 2017), *Effect of Silver Diamine Fluoride and Potassium Iodide Treatment on Secondary Caries Prevention and Tooth Discolouration in Cervical Glass Ionomer Cement Restoration*
La flèche rouge indique la profondeur de la lésion (L), R correspond à la restauration au CVI et D à la surface dentinaire

Tableau 4 : Tableau récapitulatif des études *in vitro* et *ex vivo* sur l'effet du SDF dans la prévention des lésions carieuses

Auteur/ Journal	Type d'étude	Population/ échantillon	Type de dent	Matériaux utilisés (différents groupes)	Critères/ Méthodes d'évaluation	Suivi	Résultats
(Punyanirun et al. 2017) <i>Journal of Dentistry</i>	<i>in vitro</i>	18 plaques amélares cariées (artificielles)	Dent permanente	Gp1 : SDF 38 % + dentifrice fluoré Gp2 : dentifrice fluoré seul (témoin)	Etudier l'effet reminéralisant du SDF à 38 % sur les caries amélares précoces associées à un dentifrice fluoré de 1 000 ppm par rapport au dentifrice seul.	-	-Densité de minéraux significativement plus élevée jusqu'à une profondeur de 120 µm dans le groupe SDF et un pourcentage de reminéralisation plus élevé (p <0,05) par rapport au groupe de contrôle. Ccl : L'utilisation adjuvante de SDF améliore la reminéralisation des lésions carieuses initiales par rapport à l'utilisation d'un dentifrice à 1 000 ppm de fluorure seul.
(Zhao et al. 2017a) <i>International Journal of Molecular Sciences</i>	<i>in vitro</i>	30 prémolaires saines extraites. Des cavités réalisées, soit 10 par groupe	Dent permanente	Gp1 : SDF 38 % + KI + CVI Gp2 : SDF 38 % + CVI (témoin positif) Gp3 : Restauration CVI seule (contrôle négatif)	Examiner l'effet du SDF + KI sur la prévention de la carie secondaire et la décoloration des dents lors de la restauration au CVI	-	-Les profondeurs des lésions diminuées dans les 3 groupes (p <0,001) Ccl : Le traitement SDF + KI a réduit la formation de caries secondaires sous les restaurations aux CVI, mais pas autant efficace que le traitement SDF seul.
(Mei et al. 2016b) <i>International Dental Journal</i>	<i>in vitro</i>	6 prémolaires humaines saines extraites 4 cavités réalisées sur chacune de ces dents	Dent permanente	Gp1 : SDF 38 % + CVI Gp2 : CVI Gp3 : SDF 38 % + Composite Gp4 : composite	Etudier l'utilisation de SDF à 38 % pour prévenir des caries secondaires dans les restaurations CVI et à la résine composite.	-	-Différence statistiquement significative entre les groupes 1 et 2 et les groupes 3 et 4 -La profondeur de la lésion était réduite dans les restaurations avec conditionnement au SDF (p <0,001). Ccl : un conditionnement au SDF à 38 % peut augmenter la résistance des restaurations GIC et CR aux caries secondaires.
(Zhao et al. 2017b) <i>Journal of dentistry</i>	<i>in vitro</i>	32 prémolaires humaines saines extraites, soit 8 par groupe. Des cavités sont réalisées.	Dent permanente	Gp1 : CVI (FUJI VII) Gp2 : CVI (FUJI VII) + SDF 38 % Gp3 : CVI modifié par CPP-ACP (FUJI VII EP) Gp4 : SDF 38 % + CVI modifié par CPP-ACP	Etudier l'effet du SDF et l'incorporation CPP-ACP de caséine sous un CVI afin de prévenir les caries secondaires.	-	-Le traitement au SDF et la modification au CPP-ACP ont eu un effet significatif sur la profondeur de la lésion externe (p <0,001). -Augmentation du calcium et du phosphore au niveau de la dentine radulaire adjacente à la restauration dans les groupes 3 et 4 Ccl : le traitement au SDF et l'incorporation de CPP-ACP dans le matériau CVI peuvent empêcher le développement de caries radulaires secondaires.

Abréviations : ECCR : essai clinique contrôlé randomisé ; ECR : essai clinique randomisé ; SDF : Silver diamine fluoride ; NaF : fluorure de sodium ; NSSF : Nano silver sodium fluoride ; NSF : nano silver fluoride ; MEB : microscope électronique à balayage ; EDS/EDX : spectroscopie de rayons X à dispersion d'énergie ; MO : microscope optique ; KI : iodure de

potassium ; CHX : chlorexidine ; CTT : brossage croisé des dents (*cross tooth-brushing technique*) ; GIC (CVI) : ciment verre ionomère ; APF : fluorure de phosphate acidulé ; AHF : hexafluorosilicate d'ammonium ; CPC : chlorure de cétylpyridinium ; CR : Curodont Repair ; SiF : hexafluorosilicate d'ammonium ; AgF : Fluorure de diamine d'argent ; AgNO₃ : nitrate d'argent ; IRT : traitement restaurateur provisoire (CVI) ; HNO₃ : acide nitrique ; CFU : unités formant des colonies ; CLSM : microscopie confocale ; micro-CT : tomographie micro-informatique ; TEM : microscopie électronique à transmission ; KHN : knoop ; FTIR : spectroscopie infrarouge à transformation de Fourier ; DRX : diffraction des rayons X ; HYP : hydroxyproline ; TDD : dépôt de dentine tertiaire

4.2.2 Les études *in vivo*

4.2.2.1 *Les effets sur les lésions carieuses actives*

A chaque visite de contrôle, l'efficacité du SDF sur les lésions traitées est évaluée par des critères cliniques tels que la couleur de la lésion (jaune, noire, brune) et sa texture (molle, dure, crayeuse, brillante) lors du sondage. La présence ou l'absence de douleur et d'infection sont notées au début et à chaque visite de rappel au moyen d'un examen et d'un entretien avec les parents. Les lésions sombres, noires et dures au sondage, sans douleur ni infection sont considérées comme des résultats positifs. La texture molle, la couleur jaunâtre, la présence de douleur ou d'une infection indiquent un échec du traitement (Clemens et al. 2017) (Horst et al. 2016). Cependant, ce sont des critères subjectifs car ils dépendent de l'examineur et peuvent donc différer d'un examineur à un autre.

Plusieurs essais cliniques randomisés ont été menés dans le but de comparer le SDF à d'autres techniques dans l'arrêt de la progression carieuse.

Dans leur essai clinique contrôlé randomisé en double aveugle, Santos et al. (2012) ont évalué l'efficacité de la technique ART à arrêter la progression carieuse par rapport au SDF. La technique ART « traitement restaurateur atraumatique » consiste à éliminer ou non la carie à l'aide d'instruments manuels puis à appliquer un CVI, sans besoin d'anesthésie ni forage. Dans cette étude, le SDF ou le CVI a été appliqué directement sur la surface cariée sans éviction carieuse au préalable. A 12 mois, le SDF était plus efficace [RR = 66,9%] que la technique ART (RR = 38,6%) dans l'arrêt des caries, montrant une différence statistiquement significative ($p < 0,05$) (Elias dos Santos Junior et al. 2012).

Zhi et al. (2014) ont également comparé l'efficacité d'une application de SDF (annuelle ou biannuelle) à la technique ART dans l'arrêt de la carie dentaire. Lors du traitement, les débris grossiers de la carie ont été éliminés à l'aide d'instruments manuels. A 24 mois, les taux d'arrêt des caries étaient respectivement de (Zhi et al. 2012):

- 79 % pour le groupe 1 (application annuelle de SDF 38 %) ;
- 91 % pour le groupe 2 (application bi annuelle de SDF 38 %) ;
- 82 % pour le groupe 3 (ART tous les 12 mois) ($p = 0,007$).

Concernant les approches non restauratrices, les agents fluorés sont connus et utilisés pour contrôler la progression carieuse. Le vernis au fluorure de sodium est l'un des agents fluorés les plus couramment adoptés pour favoriser la reminéralisation de l'émail et de la dentine. Cependant, malgré les effets bénéfiques du fluor, son application ne permet pas d'arrêter les caries dentinaires. Chu et al. (2002), et Duangthip et al. (2016) ont mené des essais cliniques randomisés sur des enfants dans le but de comparer l'efficacité du SDF au vernis fluoré à 5 % dans l'arrêt de la progression carieuse. Les résultats montrent que le SDF est plus efficace comparé à l'application de vernis fluorés dans l'arrêt des lésions carieuses (Chu et al. 2002) (Duangthip et al. 2016).

Concernant les agents non fluorés, il existe d'autres agents utilisés pour contrôler les lésions carieuses, notamment la chlorexidine, le xylitol et la caséine phosphopeptide-phosphate de calcium amorphe (CPP-ACP) (Duangthip et al. 2017a). L'effet thérapeutique de ces différents agents sur l'arrêt de la carie est rarement rapporté dans la littérature. Leur indication principale est de prévenir de l'apparition de lésions carieuses ou de reminéraliser des lésions carieuses précoces non cavitaires (Mäkinen et al. 1995) (Walsh et al. 2015) (Li et al. 2014). Une étude comparant plusieurs agents antibactériens sur l'inhibition du biofilm cariogène a été retenue. Savas et al. (2015) ont mené une étude *in vitro* qui a mis en évidence un pouvoir antimicrobien du SDF supérieur aux autres agents fluorés (fluorure de phosphate acidulé, hexafluorosilicate d'ammonium, hexafluorosilicate d'ammonium + chlorure de cétylpyridinium) utilisés dans cette étude et à l'agent non fluoré 0.2 % de chlorexidine ($p < 0,05$) (Savas et al. 2015).

Tableau 5 : Tableau récapitulatif des études *in vivo* sur l'effet du SDF sur les lésions carieuses actives

Auteur/ Journal	Type d'étude	Population/ échantillon	Type de dent	Matériaux utilisés (différents groupes)	Critères/ Méthodes d'évaluation	Suivi	Résultats
(Duangthip et al. 2018) <i>Journal of Dentistry</i>	ECCR	371 enfants entre 3-5 ans présentant au moins une carie active non traitée (code ICDAS 3 à 6)	Dent temporaire antérieure/postérieure	Gp1 : 3 x SDF 30 % 1x/ an (n : 124) Gp2 : 3 x SDF 30 % à une semaine d'intervalle (n : 122) Gp3 : 3 x NaF 5 % à une semaine d'intervalle (n : 125)	Comparer l'effet de 3 applications de SDF par rapport à 3 applications de NaF dans l'arrêt de la carie. Arrêt de la carie si sondage dur (la sonde ne pénètre pas dans la surface traitée)	6, 12, 18, 24, 30 mois	-Lésions code ICDAS 5 ou 6) : taux d'arrêt de la carie du groupe 1 significativement supérieur à celui des groupes 2 et 3 (p <0,001). -Les lésions code 3 ou 4 de l'ICDAS : taux d'arrêt non significatifs entre les 3 groupes (p > 0,05). Ccl : application 1x/an de SDF plus efficace que 3 applications hebdomadaires de vernis NaF ou de solution SDF pour arrêter les caries actives sur les dents temporaires.
(Tirupathi et al. 2019) <i>Journal of Clinical and Experimental Dentistry</i>	ECR double aveugle	159 caries actives issues de 50 enfants âgés entre 6 et 10 ans	Dent temporaire	Gp 1 : NSSF 5 % (n : 76) Gp2 : SDF 38 % (n : 83)	Evaluer l'effet cariostatique du SDF et du NSSF dans l'arrêt de la progression carieuse par l'activité des caries (sondage mou et pénètre dans la lésion), la profondeur, la taille, la couleur, la présence ou l'absence de douleur	1, 3, 6, 12 mois	-Pas de différences significatives entre le nombre de lésions carieuses actives et celles arrêtées dans les groupes NSSF et SDF lors d'une visite (p > 0,05) au cours du suivi de 12 mois. Ccl : l'application annuelle de 5 % de NSSF est supérieure ou égale au SDF à 38 % pour arrêter la progression de la carie dentinaire.
(Clemens et al. 2017) <i>Journal of Public Health Dentistry</i>	Essai clinique à court terme	118 caries actives issues de 32 enfants âgés 2-5 ans.	Dent temporaire	SDF à 38 %	Evaluer l'efficacité du SDF dans l'arrêt des lésions carieuses et dans la réduction ou la prévention des douleurs et infections dentaires. Efficacité du produit si : arrêt de la carie par inspection visuelle et tactile (noire et dure au sondage), pas de douleur ni infection.	3 semaines (réapplication de SDF si carie molle), 3 mois	-Une centaine de ces lésions étaient noires et dures et étaient considérées comme arrêtées après 1 seule application (taux d'arrêt de 98,0%, IC : 95 - 100%). -Pas d'association significative entre la durée d'application du SDF et l'efficacité du traitement par le SDF (p : 0,68).
(Shah et al. 2013) <i>Indian Journal of Dental</i>	Essai prospectif <i>in vivo</i> randomi-	123 enfants (Garçons : 82 Filles : 41) âgés entre 7 et 9 ans	Dent temporaire et permanente	Gp1 : SDF 38 % sur dents temporaires et sur les 1ères molaires permanentes (n : 41)	Comparer l'efficacité du SDF en tant qu'agent antibactérien et antiplaque <i>in vivo</i> avec un vernis au	6, 12, 18 mois	-Réduction significative du score de plaque ainsi que du nombre de <i>S. mutans</i> quelque soit le groupe (p <0,05). -En comparaison intergroupe, pas de différence significative observée dans le score plaque, mais

<i>Research: Official Publication of Indian Society for Dental Research</i>	sé			Gp2 : NaF 6 % sur dents temporaires et sur les 1ères molaires permanentes (n : 41) Gp3 : APF gel 1,23 % sur dents temporaires et sur les 1ères molaires permanentes (n : 41)	fluorure et un gel acidulé de fluorure de phosphate (APF).		réduction significative du nombre de <i>S. mutans</i> observée dans le groupe 1 par rapport aux groupes 2 et 3, alors qu'aucune différence significative observée entre les groupes 2 et 3. Ccl : l'application <i>in vivo</i> de SDF sur l'émail diminue considérablement le nombre de <i>S. mutans</i> par rapport au vernis fluoré et au gel APF.
(Yee et al. 2009) <i>Journal of Dental Research</i>	ECCR	976 enfants (Garçons : 545 Filles : 431) âgés entre 3-9 ans.	Dent temporaire	Gp1 : SDF 38 % sans agent réducteur (n : 243) Gp2 : SDF 38 % + acide tannique en tant qu'agent réducteur (n : 249) Gp3 : SDF 12 % seul (n : 243) Gp4 : pas de traitement (contrôle) (n : 241)	Evaluer l'état de surface cavitaire : -surfaces dures au toucher (décolorées ou non) -la sonde ne pénètre pas dans les parois cavitaires - lésions initiales : microcavité localisée de l'émail ou émail décoloré -Dents restaurées non cariées : la restauration est permanente et pas de carie apparente	6, 12, 24 mois	-Le nombre moyen de surfaces cariées arrêtées significativement plus élevé dans les deux groupes traités au SDF à 38 % par rapport au SDF à 12 % et aux groupes de contrôle. -L'application unique de 38 % de SDF avec ou sans acide tannique permet d'arrêter les caries après 6 mois (p <0,001), après 1 an (p <0,001), et à 2 ans (p <0,01). L'acide tannique ne conférait aucun avantage supplémentaire. Ccl : Le traitement au SDF est efficace pour arrêter les caries
(Llodra et al. 2005) <i>Journal of Dental Research</i>	ECCR	452 enfants (Garçons : 229 Filles : 223) présentant des caries actives sur les dents temporaires et des 1ères molaires permanentes en bouche.	Dent temporaire Dent permanente (1ère molaire)	Dents temporaires et permanentes : Gp1 : SDF 38 % (n : 225) Gp2 : contrôle (n : 227)	Analyse dans dentition temporaire du nombre de : - nouvelles surfaces avec des caries actives, - des surfaces avec des caries inactives -des dents non vitales Analyse des 1ères molaires permanentes : -nouvelles surfaces avec des caries actives (prévention) -surfaces avec des caries inactives (arrêt)	6, 12, 18, 24, 30, 36 mois	-Plus de surfaces avec des caries inactives dans le groupe SDF (p <0,05) et un pourcentage plus élevé de taches noires (97 %) par rapport au groupe témoin -Un nombre moyen plus élevé de nouvelles surfaces cariées dans le groupe témoin par rapport au groupe SDF concernant les 1ères molaires permanentes (p <0,001). Ccl : SDF est efficace dans la réduction des caries sur des dents temporaires et des 1ères molaires permanentes.
(Santos et al. 2012) <i>International Dental Journal</i>	ECCR	91 enfants présentant des lésions carieuses dentinaires actives sur	Dent temporaire	Gp1 : SDF 30 % (n : 48) Gp2 : IRT (sans éviction carieuse) (FujiX) (n : 43)	Evaluer l'arrêt de la carie La carie est inactive : un tissu dur au sondage et de couleur foncée. Pour le groupe IRT, il faut	6, 12 mois	-A 12 mois, le SDF était à nouveau plus efficace [RR = 66,9 %] que le IRT (RR = 38,6 %) dans l'arrêt des caries montrant une différence statistiquement significative (p <0,05). Ccl : La technique SDF a montré de meilleurs résultats

		les dents temporaires			vérifier que le CVI est toujours présent dans la cavité.		que la IRT pour arrêter les caries sur les dents temporaires.
(Fung et al. 2018) <i>Journal of Dental Research</i>	ECCR	888 enfants (3-4 ans) présentant au moins une carie active sur les dents temporaires, soit 222 par groupe	Dent temporaire	Gp 1 : SDF 12 % 1x/an Gp2 : SDF 12 % 2x/an Gp3 : SDF 38 % 1x/an Gp4 : SDF 38 % 2x/an	Comparer la différence entre les concentrations et les fréquences d'application dans l'arrêt de la carie dentaire.	6, 12, 18, 24, 30 mois	-Les taux d'arrêt des caries significativement élevés dans les groupes 1, 2, 3 et 4 ($p < 0,001$). Les caries traitées au SDF à 38 % ont un taux d'arrêt plus élevé que celles traitées SDF à 12 % ($p < 0,001$). Ccl : le SDF à 38 % est plus efficace que celui à 12 % pour arrêter les caries actives des dents temporaires.
(Zhi et al. 2012) <i>Journal of Dentistry</i>	ECR	212 enfants (3-4 ans) présentant au moins une carie active sur les dents temporaires	Dent temporaire	Gp1 : SDF 38 % tous les 12 mois (n : 71) Gp2 : SDF 38 % tous les 6 mois (n : 69) Gp3 : CVI tous les 12 mois (sans éviction carieuse) (n : 72)	Comparer les 3 groupes dans l'arrêt de la carie. Carie arrêtée si surface lisse et dure au sondage	6, 12, 18, 24 mois	-Taux d'arrêt des caries significativement élevés dans les Gp1, Gp2 et Gp3 ($p = 0,007$). -Comparé à ceux du groupe 1, les lésions carieuses du groupe 2 avaient 2,98 fois plus de chances d'être arrêtées ($p = 0,007$), tandis que les lésions du groupe 3 avaient des chances similaires ($p > 0,05$). Ccl : L'augmentation de la fréquence d'application 2x/an peut augmenter le taux d'arrêt des caries.
(Milgrom et al. 2018) <i>Journal of dentistry</i>	ECCR double aveugle	66 enfants (24 à 72 mois) présentant au moins une carie dentaire active non traitée	Dent temporaire	Gp1 : SDF 38 % (n : 30) Gp2 : eau teintée en bleu (témoin) (n : 36)	Inspection visuelle et tactile : surface lisses et sondage dur Le critère d'évaluation principal est l'arrêt de la carie 14 à 21 jours après l'intervention.	14 à 21 jours	La proportion moyenne de lésions carieuses arrêtées dans le groupe 1 est plus élevée (0,72; IC à 95 %; 0,55 à 0,84) que dans le groupe placebo (0,05; IC à 95 %; 0,00, 0,16).
(Lo et al. 2001) <i>Journal of dental Research</i> (étude très similaire à Chu et al. (2002))	ECCR Prospectif	375 enfants âgés entre 3 et 5 ans (Garçons : 209 Filles : 166)	Dent temporaire supérieure avec carie dentinaire active	Gp1 : Excavation manuelle + SDF 38 % 1x/an (n : 76) Gp2 : SDF 38 % 1x/an (n : 77) Gp3 : Excavation + NaF tous les 3 mois (n : 76) Gp4 : NaF seul tous les 3 mois (n : 73) Gp5 : contrôle (n : 73)	Inspection tactile et visuelle : arrêt de la carie si la sonde ne pénètre pas, que la dent soit noire ou pas. Evalue le nombre de nouvelles surfaces cariées, l'arrêt des caries, les dents non vitales	6, 12, 18 mois	-Différences significatives dans le nombre moyen de surfaces cariées arrêtées entre les 5 groupes. -Plus de lésions cariées arrêtées dans le groupe traité au SDF 1x/an que dans les autres groupes ($p < 0,0001$). Ccl : SDF est plus efficace dans l'arrêt des caries dentinaires actives qu'un vernis fluoré.
(Dos Santos et al. 2014) <i>Journal of dentistry</i>	ECCR double aveugle	60 enfants moyenne d'âge 6ans (Garçons : 26 Filles : 33)	Dent temporaire cariée avec atteinte dentinaires	130 dents cariées divisées en 2 groupes Gp 1 : NSF (n : 63) Gp 2 : Témoin (n : 67)	Inspection tactile et visuelle. Arrêt de la carie : sonde qui ne pénètre pas, dures au sondage	7jours, 5, 12 mois	À 12 mois, 66,7 % des lésions des dents traitées au NSF sont toujours arrêtées, alors que le groupe témoin en présentait 34,7 % ($p = 0,003$). Ccl : SDF est efficace dans l'arrêt des lésions carieuses.

			sans atteinte pulpaire (ICDAS II)				
(Duangthip et al. 2016) <i>Journal of dentistry</i>	ER	304 enfants âgés entre 3 et 4 ans	Dent temporaire antérieure/postérieure présentant des caries actives	1670 DT cariées Gp1 : SDF 30 % 1x/an (n : 581) Gp 2 : 3 x SDF 30 % espacées d'une semaine (n : 488) Gp3 : 3 x NaF 5 % espacées d'une semaine (n : 601)	Inspection tactile (sondage) et visuelle Arrêt de la carie : Surface dure et lisse, sonde qui ne pénètre pas	6, 12, 18 mois	-A 18 mois, les taux d'arrêt de la carie significativement élevés au niveau de la surface des dents dans les groupes 1, 2 et 3 (p <0,001). Ccl : les 2 protocoles d'application du SDF peuvent arrêter la progression carieuse des caries de la dentine par rapport au protocole d'application du NaF.
(Fung et al. 2016) <i>JDR clinical and translational research</i>	ECR double aveugle	888 enfants entre 3-4 présentant au moins une carie active (sondage mou), soit 222 par groupe	Dent temporaire antérieure ou postérieure avec caries actives	Gp1 : SDF 12 % 1x/an Gp2 : SDF 12 % 2x/an Gp3 : SDF 38 % 1x/an Gp4 : SDF 38 % 2x/an	Efficacité de l'arrêt de la carie par inspection visuelle et tactile (sondage dur)	6, 12, 18 mois	-Les taux d'arrêt des caries sont significativement élevés dans les groupes 1, 2, 3 et 4 (p <0,001). -Les lésions traitées au SDF (bi-annuelle) avaient un taux d'arrêt plus élevé que celles recevant l'application annuelle de SDF. Ccl : le SDF est plus efficace pour arrêter les caries dentinaires à une concentration de 38 % plutôt qu'à 12 % et lorsqu'il est appliqué 2x/an plutôt que tous les ans.
(Gao et al. 2019) <i>JDR clinical and translational research</i>	ECR double aveugle	1070 enfants (3-4) qui présentent au moins une carie dentinaire active non traitée	Dent temporaire	Gp A : application 2x/an AgNO3 25 % + NaF 5 % (n : 535) Gp B : application 2x/an de SDF 38 % + vernis placebo (n : 535)	La carie est considérée comme arrêtée si les surfaces sont lisses et le sondage dur.	6, 12, 18 mois	-A 18 mois, pas de différences significatives dans le nombre moyen de surfaces arrêtées dans les groupes A et B (P = 0,664). Ccl : une application 2x/an d'une solution à 25 % d'AgNO3 suivie d'un vernis à 5 % de NaF équivaut à un traitement au SDF à 38 % pour arrêter les caries dentinaires.
(Chu et al. 2002) <i>Journal of Dental Research</i>	ECR	375 enfants (3-5 ans) présentant des caries actives sur les dents antérieures	Dent temporaire supérieure avec carie dentinaire active	Gp1 : Excavation manuelle + SDF 38 % 1x/an (n : 76) Gp2 : SDF 38 % (n : 77) Gp3 : Excavation + NaF tous les 3 mois (n : 76) Gp4 : NaF seul tous les 3 mois (n : 73) Gp5 : contrôle (n : 73)	Inspection tactile et visuelle : arrêt de la carie si la sonde ne pénètre pas, que la dent soit noire ou pas. Evalue le nombre de nouvelles surfaces cariées, l'arrêt des caries, les dents non vitales	6, 12, 18, 24, 30 mois	- Plus grand nombre de lésions arrêtées dans le groupe SDF que dans les autres groupes (p<0,001).
(Zhang et al. 2013) <i>Caries</i>	ECCR prospectif	266 sujets âgés ayant au moins 5 dents présentant	Dent permanente	Gp1 : OHI + placebo (n : 84) Gp2 : OHI + SDF 38 % (n :	Les caries arrêtées enregistrées si aucune dentine molle n'était	12, 24 mois	- Le groupe 3 avait moins de surfaces radiculaires avec de nouvelles caries que le groupe 1 (p <0,05). - Nombre plus important de surfaces radiculaires

Research		des surfaces radiculaires exposées		98) Gp3 : OHI + SDF 38 % + EHO (n : 84)	détectée au sondage : la surface radiculaire est lisse et de couleur marron foncé ou noire. Evaluer si les caries présentes se sont arrêtées, et si il n'y a pas de nouvelles lésions		cariées actives arrêtées dans les groupes 2 et 3 par rapport au groupe 1 (p<0,05). Ccl: L'application 1x/an de SDF conjointement avec l'EHO tous les deux ans est efficace pour arrêter les caries radiculaires chez les sujets âgés.
(Li et al. 2016) <i>Journal of dentistry</i>	ECR	83 personnes âgées avec 157 surfaces radiculaires présentant une lésion carieuse active	Dent définitive	Gp1 eau (contrôle placebo) Gp2 : SDF 38 % 1x/an Gp3 : SDF 38 % + KI 1x/an	Examiner l'efficacité de SDF dans le traitement des caries radiculaires et évaluer la couleur des lésions cariées arrêtées	6, 12, 24, 30 mois	-Taux d'arrêt des caries étaient respectivement de 45 %, 90 % et 93 % dans Gp1 (contrôle), Gp2 (SDF) et Gp3 (SDF / KI) (p <0,001). -Les proportions de caries radiculaires arrêtées dans les groupes SDF et SDF + KI n'était pas significativement différent (p > 0,05). Ccl : L'application de la solution SDF, avec ou sans application de KI par la suite, est efficace pour arrêter les caries radiculaires chez les personnes âgées.

Abréviations : ECCR : essai clinique contrôlé randomisé ; ECR : essai clinique randomisé ; SDF : Silver diamine fluoride ; NaF : fluorure de sodium ; NSSF : Nano silver sodium fluoride ; NSF : nano silver fluoride ; MEB : microscope électronique à balayage ; EDS/EDX : spectroscopie de rayons X à dispersion d'énergie ; MO : microscope optique ; KI : iodure de potassium ; CHX : chlorexidine ; CTT : brossage croisé des dents (*cross tooth-brushing technique*) ; GIC (CVI) : ciment verre ionomère ; APF : fluorure de phosphate acidulé ; AHF : hexafluorosilicate d'ammonium ; CPC : chlorure de cétylpyridinium ; CR : Curodont Repair ; SiF : hexafluorosilicate d'ammonium ; AgF : Fluorure de diamine d'argent ; AgNO₃ : nitrate d'argent ; IRT : traitement restaurateur provisoire (CVI) ; HNO₃ : acide nitrique ; CFU : unités formant des colonies ; CLSM : microscopie confocale ; micro-CT : tomographie micro-informatique ; TEM : microscopie électronique à transmission ; KHN : knoop ; FTIR : spectroscopie infrarouge à transformation de Fourier ; DRX : diffraction des rayons X ; HYP : hydroxyproline ; TDD : dépôt de dentine tertiaire ; OHI : instruction à l'hygiène orale ; OHE : éducation à la santé bucco-dentaire

4.2.2.2 Les effets sur la prévention des lésions carieuses

Plusieurs études *in vivo* ont permis de démontrer l'effet du SDF dans la prévention des lésions carieuses chez l'enfant et l'adulte. Un essai clinique contrôlé randomisé mené par Chu et al. (2002) sur des dents temporaires chez des enfants en âge préscolaire a révélé que le nombre moyen de nouvelles lésions sur une période de 30 mois dans le groupe traité au SDF était de 0,47 par rapport à 0,7 dans le groupe traité au vernis fluoré (4 applications annuelles), versus 1,58 nouvelles lésions dans le groupe témoin (eau stérilisée) ($p < 0,001$) (Chu et al. 2002). L'essai clinique contrôlé randomisé mené par Llodra et al. (2005) a été réalisé sur des molaires temporaires et des premières molaires permanentes. Cet essai a révélé que le développement de nouvelles lésions carieuses sur les dents permanentes était significativement plus faible dans le groupe SDF (0,4 nouvelles lésions) que dans le groupe témoin (1,1 nouvelles lésions) sur 36 mois ($p < 0,001$) (Llodra et al. 2005).

De plus, pour prévenir l'apparition des lésions carieuses précoces et contrôler leur progression, il peut être combiné à des alternatives existantes non invasives telles que le brossage des dents, l'application d'une solution cariostatique (vernis fluoré) et les scellements de sillons. Braga et al. (2009) ont montré que la mise en place du SDF parmi les différentes techniques déjà connues (brossage des dents quotidien, l'application d'un vernis fluoré et le scellement des sillons au CVI) est efficace pour prévenir et contrôler la progression des caries initiales non cavitaires présentes sur les premières molaires permanentes. Ils démontrent qu'à 12 mois, le SDF et le CVI sont tout aussi efficaces pour arrêter les lésions ($p > 0,05$), mais qu'ils étaient plus efficaces que le brossage des dents. A 18 et 30 mois, aucune différence n'a été observée entre les 3 groupes ($p > 0,05$). (Braga et al. 2009).

Chez l'adulte, Zhang et al. (2013) ont constaté que l'application annuelle de SDF associée à une éducation du patient à l'hygiène orale s'est avérée efficace pour prévenir des nouvelles lésions carieuses radiculaires chez les sujets âgés (Zhang et al. 2013).

Tableau 6 : Tableau récapitulatif des études *in vivo* sur l'effet du SDF dans la prévention des lésions carieuses

Auteur/ Journal	Type d'étude	Population/ échantillon	Type de dent	Matériaux utilisés (différents groupes)	Critères/ Méthodes d'évaluation	Suivi	Résultats
(Chu et al. 2002) <i>Journal of Dental Research</i>	ECR	375 enfants (3-5 ans) présentant des caries actives sur les dents antérieures	Dent temporaire supérieure avec carie dentinaire active	Gp1 : Excavation manuelle + SDF 38 % 1x/an (n : 76) Gp2 : SDF 38 % (n : 77) Gp3 : Excavation + NaF tous les 3 mois (n : 76) Gp4 : NaF seul tous les 3 mois (n : 73) Gp5 : contrôle (n : 73)	Inspection tactile et visuelle : arrêt de la carie si la sonde ne pénètre pas, que la dent soit noire ou pas. Evalue le nombre de nouvelles surfaces cariées, l'arrêt des caries, les dents non vitales	6, 12, 18, 24, 30 mois	- Plus grand nombre de lésions arrêtées dans le groupe SDF comparé aux enfants des autres groupes (p <0,001). - Plus de nouvelles lésions carieuses dans le groupe témoin (p <0,001) que dans les groupes SDF et NaF.
(Llodra et al. 2005) <i>Journal of Dental Research</i>	ECCR	452 enfants (Garçons : 229 Filles : 223) présentant des dents temporaires cariées activement et des 1ères molaires permanentes en bouche.	Dent temporaire Dent permanente (1ère molaire)	Dents temporaires et permanentes : Gp1 : SDF 38 % (n : 225) Gp2 : contrôle (n : 227)	Analyse dans dentition temporaire du nombre de : - nouvelles surfaces cariées, - surfaces cariées arrêtées -des dents non vitales Analyse des 1ères molaires permanentes : -nouvelles surfaces avec des caries actives (prévention) -surfaces cariées arrêtées	6, 12, 18, 24, 30, 36 mois	-Plus de surfaces cariées inactives (p <0,05) et un pourcentage plus élevé de taches noires dans le groupe SDF par rapport au groupe témoin. -Nombre moyen de nouvelles surfaces cariées plus élevé dans le groupe témoin par rapport au groupe SDF concernant les 1ères molaires permanentes (p <0,001). Ccl : la solution de SDF est efficace pour la réduction des caries et pour prévenir des nouvelles lésions carieuses sur les dents temporaires et les premières molaires permanentes.
(Braga et al. 2009) <i>Journal of Dentistry for Children</i>	ECR	68 1ère molaires permanentes présentant une carie occlusale initiales non cavitaires	Dent permanente	Gp1 : brossage des dents (CTT) (n : 18) Gp2 : SDF 10 % (n : 20) Gp3 : CVI (n : 20)	Inspection visuelle et radiographique de l'arrêt de la carie. Dans les évaluations de suivi pour le groupe CVI, seuls les sites occlusaux dans lesquels le produit d'étanchéité avait été perdu ou des parties de la surface dentaire récemment éruptée pouvaient être évaluées.	3, 6, 12, 18, 30 mois	-À 12 mois, le SDF et le CVI sont équivalents pour arrêter les lésions (P> 0,05), mais plus efficaces que le CTT. -A 18 et 30 mois, pas de différence significative entre les 3 groupes (P> 0,05). Ccl : toutes les techniques testées sont également efficaces pour contrôler la carie occlusale initiale lors de l'éruption des 1ères molaires permanentes après 30 mois de suivi.
(Lo et al. 2001) <i>Journal of dental Research</i>	ECCR prospectif	375 enfants âgés entre 3 et 5 ans (Garçons : 209 Filles : 166)	Dent temporaire supérieure avec carie dentinaire	Gp1 : Excavation manuelle + SDF 38 % 1x/an (n : 76) Gp2 : SDF 38 % (n : 77) Gp3 : Excavation + NaF tous les 3 mois (n : 76)	Inspection tactile et visuelle : arrêt de la carie si la sonde ne pénètre pas, que la dent soit noire ou pas. Evalue le nombre de	6, 12, 18 mois	-Différences significatives dans le nombre de surfaces dentaires cariées arrêtées entre les 5 groupes : les enfants recevant une application annuelle de SDF présentaient plus de lésions cariées arrêtées que les enfants d'autres groupes (p <0,0001).

			active	Gp4 : NaF seul tous les 3 mois (n : 73) Gp5 : contrôle (n : 73)	nouvelles surfaces cariées, l'arrêt des caries, les dents non vitales		-Les enfants du groupe témoin développent plus de nouvelles lésions carieuses que le groupe SDF seul (p <0,001).
(Tan et al. 2010) <i>Journal of Dental Research</i>	ECR	306 personnes âgées présentant des caries radiculaire actives	Dent permanente (adultes)	Gp1 : OHI (n : 83) Gp2 : OHI + CHX tous les 3 mois (n : 71) Gp3 : vernis NaF tous les 3 mois (n : 80) Gp4 : SDF 1x/an (n : 72)	Comparer l'efficacité de 4 méthodes de prévention de nouvelles caries radiculaire	Chaque année jusqu'à 3 ans	- Les nombres moyens de surfaces radiculaire présentant des nouvelles caries étaient similaires dans les groupes 2, 3 et 4 (p> 0,05). Ccl : Le SDF, le NaF et la CHX ont été plus efficaces dans la prévention des nouvelles caries radiculaire que l'OHI seule.
(Liu et al. 2012) <i>Journal of Dental Research</i>	ECR	501 enfants (8-10 ans) présentant au moins une 1 ^{ère} molaire permanente saine ou cariée (amélaire précoce)	Dent permanente	Gp1 : sealant résine (n : 124) Gp2 : vernis NaF (n : 124) Gp3 : SDF 38 % (n : 125) Gp4 : eau stérilisée, placebo (n : 128)	Etudier l'efficacité des fluorures topiques et des sealant dans la prévention des caries dentaires	6, 12, 18, 24 mois	-Pas de différences significatives dans l'apparition de nouvelles caries entre les 3 groupes de traitement (p > 0.05). Ccl : le sealant, le vernis NaF et le SDF sont toutes efficaces pour prévenir les caries des sillons des molaires permanentes.
(Monse et al. 2012) <i>BMC oral health</i>	ECR prospectif	704 écoliers âgés de 6 à 8 ans. Produit appliqué sur 1 ^e molaire permanente saine	Dent permanente	Gp1 : SDF 38 % Gp2 : sealant ART Gp3 : pas de traitement Ils ont été ensuite divisé en 2 groupes : un groupe qui se brosse les dents, l'autre non	évaluer et comparer l'effet de 38% de SDF aux techniques ART et à l'absence de traitement pour prévenir des lésions carieuses de la dentine sur les surfaces occlusales des premières molaires permanentes saines	18 mois	-Dans le groupe de brossage, pas de différences significatives dans l'augmentation des surfaces cariées entre le groupe 1 et 3. L'augmentation des surfaces cariées dans le groupe 2 était inférieure à celle du groupe sans traitement (p<0,01). -Dans le groupe sans brossage, l'augmentation des surfaces cariées dans le groupe SDF et le groupe scellant était inférieure à celle du groupe non traité (p<0.001). Ccl : Le SDF à 38 % sur la surface occlusale des premières molaires permanentes n'est pas une méthode efficace pour prévenir les lésions carieuses contrairement au scellement ART.
(Zhang et al. 2013) <i>Caries research</i>	ECCR prospectif	266 sujets âgés ayant au moins 5 dents présentant des surfaces radiculaire exposées	Dent permanente	Gp1 : OHI + placebo (n : 84) Gp2 : OHI + SDF 38 % (n : 98) Gp3 : OHI + SDF 38 % + EHO	-Evaluer l'efficacité du SDF et une éducation de santé bucco-dentaire pour prévenir et arrêter les caries radiculaire. -Evaluer si les caries présentes sont arrêtées, et s'il n'y a pas de nouvelles lésions	12, 24 mois	- Le groupe 3 avait moins de surfaces radiculaire avec de nouvelles caries que le groupe 1 (p <0,05). Ccl: L'application annuelle de SDF associée à l'OHE tous 2 ans s'est avérée efficace pour prévenir les nouvelles caries radiculaire et arrêter les caries radiculaire chez les sujets âgés.

Abréviations : ECCR : essai clinique contrôlé randomisé ; ECR : essai clinique randomisé ; SDF : Silver diamine fluoride ; NaF : fluorure de sodium ; NSSF : Nano silver sodium fluoride ; NSF : nano silver fluoride ; MEB : microscope électronique à balayage ; EDS/EDX : spectroscopie de rayons X à dispersion d'énergie ; MO : microscope optique ; KI : iodure de potassium ; CHX : chlorexidine ; CTT : brossage croisé des dents (*cross tooth-brushing technique*) ; GIC (CVI) : ciment verre ionomère ; APF : fluorure de phosphate acidulé ; AHF : hexafluorosilicate d'ammonium ; CPC : chlorure de cétypyridinium ; CR : Curodont Repair ; SiF : hexafluorosilicate d'ammonium ; AgF : Fluorure de diamine d'argent ; AgNO₃ : nitrate d'argent ; IRT : traitement restaurateur provisoire (CVI) ; HNO₃ : acide nitrique ; CFU : unités formant des colonies ; CLSM : microscopie confocale ; micro-CT : tomographie micro-informatique ; TEM : microscopie électronique à transmission ; KHN : knoop ; FTIR : spectroscopie infrarouge à transformation de Fourier ; DRX : diffraction des rayons X ; HYP : hydroxyproline ; TDD : dépôt de dentine tertiaire ; OHI : instruction à l'hygiène orale ; OHE : éducation à la santé bucco-dentaire

4.2.2.3 *Les effets sur l'hypersensibilité dentinaire*

Seulement deux études de la littérature ont évalué l'efficacité du SDF sur des dents hypersensibles (Craig et al. 2012) (Castillo et al. 2011). Craig et al. (2012) ont mené un essai clinique contrôlé randomisé en double aveugle sur des patients présentant des hypersensibilités dentinaires au niveau des deux arcades dans le but de comparer l'efficacité du SDF suivi d'une application de iodure de potassium (KI) et celle d'une préparation à base d'acide oxalique pour réduire l'hypersensibilité de la dentine. Les produits contenant de l'oxalate font partie du groupe des agents d'occlusion des tubules (Craig et al. 2012). Une solution d'AgF/KI est appliquée sur la dent correspondante d'un quadrant et l'oxalate de potassium sur la dent correspondante du quadrant opposé. La différence moyenne entre l'EVA au départ et à 7 jours pour les dents traitées au SDF + KI était supérieure à celle des dents traitées avec la préparation à base d'acide oxalique ($p = 0,0134$). L'évaluation subjective des sujets concernant les modifications de l'hypersensibilité de la dentine a montré que le traitement obtenu au SDF + KI était plus efficace ($p = 0,0129$).

Tableau 7 : Tableau récapitulatif des études *in vivo* sur l'effet du SDF sur l'hypersensibilité dentinaire

Auteur/ Journal	Type d'étude	Population/ échantillon	Type de dent	Matériaux utilisés (différents groupes)	Critères/ Méthodes d'évaluation	Suivi	Résultats
(Craig et al. 2012) <i>Australian Dental Journal</i>	ECR double aveugle	19 sujets présentant une hypersensibilité dentinaire des deux côtés de leur arcade supérieure ont été sélectionnés.	Dent permanente	Gp1 : SDF 38 % + KI Gp2 : acide oxalique	comparer l'efficacité de SDF + KI à une préparation à base d'acide oxalique pour réduire l'hypersensibilité de la dentine.	A 1 semaine, le niveau de sensibilité de la dentine a été évalué.	-La différence moyenne entre l'EVA au départ et à 7 jours pour les dents traitées au SDF + KI était supérieure à celle des dents traitées à l'acide oxalique (p = 0,0134). Ccl: Le SDF + KI ont un potentiel pour le traitement de l'hypersensibilité de la dentine
(Castillo et al. 2011) <i>Journal of Dental Research</i>	ECCR	Sur 2 sites (Lima et Cusco), 126 adultes avec au moins une dent sensible à l'air comprimé	Dent permanente	Gp1 : SDF 38 % (n : 63) Gp2 : eau stérile (n : 63)	Evaluer l'efficacité et la sécurité du SDF.	A 24h et à 7 jours, la douleur a été évaluée à l'aide d'une échelle visuelle analogique (EVA) de 100 mm.	Le SDF réduit la douleur à 7 jours sur les deux sites. Sur le site de Lima, différence significative dans la variation des scores de douleur entre le début et le 7ème jour entre les 2 groupes (p <0,001). À Cusco, différence significative dans la variation des scores de douleur entre le début et le 7ème jour entre les 2 groupes (P = 0,002).

Abréviations : ECCR : essai clinique contrôlé randomisé ; ECR : essai clinique randomisé ; SDF : Silver diamine fluoride ; NaF : fluorure de sodium ; NSSF : Nano silver sodium fluoride ; NSF : nano silver fluoride ; MEB : microscope électronique à balayage ; EDS/EDX : spectroscopie de rayons X à dispersion d'énergie ; MO : microscope optique ; KI : iodure de potassium ; CHX : chlorure de chlorure de cétylepyridinium ; CTT : brossage croisé des dents (*cross tooth-brushing technique*) ; GIC (CVI) : ciment verre ionomère ; APF : fluorure de phosphate acidulé ; AHF : hexafluorosilicate d'ammonium ; CPC : chlorure de cétylepyridinium ; CR : Curodont Repair ; SiF : hexafluorosilicate d'ammonium ; AgF : Fluorure de diamine d'argent ; AgNO₃ : nitrate d'argent ; IRT : traitement restaurateur provisoire (CVI) ; HNO₃ : acide nitrique ; CFU : unités formant des colonies ; CLSM : microscopie confocale ; micro-CT : tomographie micro-informatique ; TEM : microscopie électronique à transmission ; KHN : knoop ; FTIR : spectroscopie infrarouge à transformation de Fourier ; DRX : diffraction des rayons X ; HYP : hydroxyproline ; TDD : dépôt de dentine tertiaire ; OHI : instruction à l'hygiène orale ; OHE : éducation à la santé bucco-dentaire

4.3 Discussions

4.3.1 Prévention des lésions carieuses

La prévention chez l'enfant

Les études *in vivo* retenues ont montré que le SDF permettait de prévenir de nouvelles lésions sur les dents temporaires (Llodra et al. 2005) , (Lo et al. 2001), (Chu et al. 2002). Seule l'étude menée par Llodra et al. (2005) intègre les premières molaires permanentes en plus des dents temporaires (Llodra et al. 2005). Trois autres essais ont été menés sur des premières molaires permanentes seulement et comparent le SDF à d'autres agents.

Braga et al. (2009) compare le SDF au brossage des dents et au scellement de sillons au CVI et a révélé que le SDF était plus efficace que le brossage des dents ou le CVI à 3 et 6 mois, mais qu'ils étaient tous aussi efficaces pour contrôler les lésions non cavitaires à 30 mois (Braga et al. 2009). Deux autres études comparant le SDF à d'autres agents pour prévenir des lésions carieuses sur les premières molaires permanentes n'ont pas montré d'efficacité supérieure du SDF. En effet, Liu et al. (2012) ont constaté que la pose de sealant à base de résine, l'application de vernis fluoré NaF et l'application annuelle d'une solution de SDF sont toutes efficaces pour prévenir les caries des fosses et des fissures dans les molaires permanentes ($p > 0,05$), mais qu'elles étaient toutes plus efficaces que le groupe contrôle (eau) (Liu et al. 2012). Monse et al. (2012) ont constaté que les restaurations atraumatiques au CVI étaient plus efficaces qu'une seule application de SDF après 18 mois (Monse et al. 2012). De plus, les essais inclus ont calculé le nombre de nouvelles caries uniquement sur les dents étudiées et non sur l'ensemble de la dentition. Llodra et al. n'ont inclus aucune donnée sur les dents antérieures et l'étude de Chu et al. n'inclut aucune donnée sur les dents postérieures.

Prévention chez les adultes et les personnes âgées

Dans l'étude menée par Zhang et al. (2013), le facteur de prévention était moins élevé que dans l'étude de Tan et al. (2010). Cette différence pourrait s'expliquer par des différences de durée d'étude, de nombre d'applications du SDF au cours de l'étude et d'état de santé

des groupes d'étude. Néanmoins, bien que le facteur de prévention diffère, le nombre moyen de nouvelles caries dans les deux études est similaire (Tan et al. 2010), (Zhang et al. 2013). À partir de ces résultats, l'utilisation d'une application de SDF chez les personnes âgées présentant un risque accru de caries radiculaires serait recommandé, qu'elle soit utilisée seule ou en association avec une éducation en matière d'hygiène buccale et d'autres traitements (verniss fluoré et des scellements de sillons). De plus, dans les études retenues concernant la prévention chez l'adulte, aucune étude sur la carie coronaire n'est trouvée contrairement aux études sur les caries radiculaires. Le SDF pourrait être efficace pour arrêter et prévenir les caries coronaires chez les adultes plus âgés. L'application de SDF sur ces surfaces peut aider à conserver les dents naturelles et à augmenter leur résistance à de nombreux facteurs de risque carieux, tels que la xérostomie, une mauvaise hygiène buccale et un pH faible. Des investigations supplémentaires seraient alors bénéfiques pour mettre en évidence l'efficacité du SDF dans la prévention et le contrôle des caries sur les surfaces coronaires.

4.3.2 Hypersensibilité dentinaire

Les résultats issus des études suggèrent que le SDF est efficace pour réduire l'hypersensibilité des dents permanentes. Cependant, seulement deux études *in vivo* ont été réalisées pour comparer l'effet du SDF à d'autres agents dans l'hypersensibilité dentinaire (Craig et al. 2012) (Castillo et al. 2011). De plus, l'histopathologie de la carie dentaire diffère de celle de l'hypersensibilité dentinaire. Il serait souhaitable de réaliser des études *ex vivo* et *in vitro* sur le mécanisme d'action du SDF sur dents hypersensibles.

4.3.3 Arrêt de la progression de la lésion carieuse

Plusieurs études *in vitro* et *ex vivo* ont montré que le SDF inhibe la déminéralisation de la surface cariée, préserve la dégradation du collagène, augmente la micro-dureté des lésions dentaires et inhibe la croissance des bactéries cariogènes. Cependant, l'efficacité antibactérienne de différents agents, dont le SDF, est majoritairement testée sur le modèle cariogénique du biofilm de *S. mutans* (Yu et al. 2018b), (Savas et al. 2015), (Knight et al. 2009), (Gupta et al. 2011), (Vinson et al. 2018). Bien que la bactérie *S. mutans* soit l'un des

agents pathogènes les plus importants associés à l'initiation et à la progression de la carie, le modèle de biofilm de *S. mutans* seul ne simule pas exactement la communauté microbienne complexe de la cavité buccale. Dans l'étude menée par Mei et al. (2013), des informations essentielles sur les effets antibactériens du SDF sur un biofilm à deux espèces (*S. mutans* et *L. acidophilus*) sont fournis. Ces bactéries sont considérées comme les deux bactéries les plus importantes associées aux caries dentinaires (Mei et al. 2013a). Seule une autre étude menée par Mei et al. (2013) utilise cinq bactéries cariogènes courantes pour former un biofilm cariogène (*Streptococcus mutans*, *Streptococcus sobrinus*, *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus rhamnosus* and *Actinomyces naeslundii*), et présente plus d'analogie avec la réalité bien qu'il est encore loin d'être comparable avec le biofilm naturel causant les caries dentinaires (Mei et al. 2013c). De plus, dans les études comparatives du SDF à d'autres agents, la majorité de ces études montrent une efficacité supérieure du SDF par rapport aux autres agents (NaF, nitrate d'argent AgNO₃, fluorure de phosphate acidulé (APF), hexafluorosilicate d'ammonium (AHF), chlorure de cétylpyridinium (CPC)) (Chu et Lo 2008a), (Yu et al. 2018b), (Yu et al. 2018a), (Mei et al. 2012), (Savas et al. 2015). Cependant, une seule étude *in vitro* montre que la reminéralisation est plus importante dans les groupes traités au Curodont Repair (CR), au fluorure de phosphate acidulé (APF) et à l'hexafluorosilicate d'ammonium (SiF) que dans le groupe traité au SDF, bien que ce dernier permet de reminéraliser la surface cariée et de diminuer ainsi la profondeur de la lésion (Savas et al. 2016).

Les études *in vivo* aboutissent à une conclusion similaire confirmant l'efficacité de SDF dans l'arrêt de la progression carieuse comparée à l'absence de traitement et à plusieurs autres modalités de traitement. En effet, plusieurs études ont montré l'efficacité supérieure du SDF dans le contrôle de la progression carieuse par rapport au vernis fluoré, au fluorure de phosphate acidulé (APF), aux techniques ART (Santos et al. 2012), (Shah et al. 2013), (Duangthip et al. 2016), (Duangthip et al. 2018), (Chu et al. 2002), (Lo et al. 2001). Seulement trois études montrent une efficacité du SDF similaire au CVI, au nitrate d'argent suivi d'un vernis fluoré et au fluorure de sodium incorporé à des nanoparticules d'argent (NSSF) dans le contrôle de la progression carieuse (Zhi et al. 2012), (Gao et al. 2019), (Tirupathi et al. 2019).

La majorité de ces études sont menées sur des dents temporaires. Les études menées sur les adultes (personnes âgées) sont limitées et n'en comptent qu'une seule (Li et al. 2016). Les méthodes d'évaluation de l'arrêt de la carie sont similaires d'une étude à une autre mais restent mal définies. L'activité de la lésion détermine si la carie est arrêtée ou non. Après inspection visuelle et tactile, les surfaces traitées sont lisses et dures au sondage. Cependant les critères d'efficacité varient d'une étude à une autre et l'activité de la lésion n'est pas la seule méthode d'évaluation. Tirupathi et al. (2019) évaluent la taille, la profondeur, la couleur de la lésion et la douleur ressentie ou non après application du produit (Tirupathi et al. 2019). D'autres auteurs ajoutent à ces critères la présence ou non d'une infection pendant les examens de suivi (Clemens et al. 2017). Cependant, ces méthodes d'analyse restent subjectives car il existe une différence entre les examinateurs dans la classification du statut de la carie en raison des expériences cliniques et des opinions différents. Ainsi, des recherches supplémentaires sont nécessaires pour développer des mesures précises, objectives et reproductibles de l'activité de la lésion carieuse.

D'autre part, lors de l'évaluation des caries actives à l'examen initial, les critères d'inclusion et d'exclusion concernant la lésion carieuse diffèrent d'une étude à une autre. Certains vont inclure seulement l'activité de la lésion (Yee et al. 2009), (Llodra et al. 2005), (Lo et al. 2001), (Milgrom et al. 2018). D'autres incluent plus de critères tels que la sévérité de la lésion (code ICDAS par exemple), l'atteinte pulpaire, la mobilité, l'infection et la douleur (Zhi et al. 2012), (Santos et al. 2012), (Clemens et al. 2017), (Fung et al. 2018), (Duangthip et al. 2018), (Dos Santos et al. 2014), (Duangthip et al. 2016), (Li et al. 2016).

De plus, l'efficacité du produit à arrêter la carie ne dépend pas seulement de la composition du produit. D'autres facteurs locaux tels que la localisation de la dent (antérieure ou postérieure), le site et la taille de la lésion, la fréquence d'application et la concentration du produit, et des facteurs plus généraux tels que le statut socio-économique, l'éducation parentale, l'hygiène buccale (présence de plaque) et l'âge du patient auquel il a débuté son brossage, sont à prendre en compte. Ces facteurs sont significativement associés à l'efficacité du traitement dans plusieurs essais cliniques réalisés. Plusieurs essais ont souligné que les dents antérieures avaient des taux d'arrêt beaucoup plus élevés que les dents postérieures (Fung et al. 2016), (Fung et al. 2018), (Duangthip et al. 2016), (Duangthip et al. 2018), (Zhi et al. 2012). Des facteurs tels que la concentration en fluor et en argent et

la fréquence d'application sont essentiels dans l'arrêt de la carie. Les études ont utilisé des concentrations élevées de SDF à 38 % (44 800 ppm de F; 253 870 ppm d'Ag) (Zhi et al. 2012), et à 30 % (35 400 ppm de F; 200 400 ppm d'Ag) (Duangthip et al. 2016). Ces concentrations élevées de SDF ont permis d'obtenir une meilleure efficacité pour arrêter les caries dentinaires sur les dents temporaires par rapport à de faibles concentrations (12 % - 14,150 ppm F; 80 170 ppm Ag) (Yee et al. 2009). De plus, Zhi et al. (2012) ont constaté que l'augmentation de la fréquence d'application tous les 6 mois peut augmenter le taux d'arrêt des lésions carieuses (Zhi et al. 2012). Les deux facteurs, la concentration et la fréquence d'application, ont été comparés dans deux mêmes études, dans lesquelles le SDF est plus efficace pour arrêter les caries dentinaires sur les dents temporaires à une concentration à 38 % plutôt qu'à 12 % et lorsqu'il est appliqué deux fois par an plutôt qu'une fois par an (Fung et al. 2016) (Fung et al. 2018). Néanmoins, il n'y a pas de consensus dans la littérature sur la concentration et la fréquence optimales des applications pour arrêter les caries. Il serait nécessaire de réaliser davantage d'essais cliniques comparatifs pour formuler la stratégie de traitement optimal dans l'utilisation du SDF.

4.3.4 Sécurité du SDF

Aucun des essais cliniques n'a rapporté des effets secondaires systémiques aigus (toxicité aigüe) dans les conditions des essais individuels chez l'enfant ou l'adulte. Des effets secondaires mineurs ont été décrits, tels qu'une irritation gingivale transitoire et un goût métallique chez un petit nombre de participants (Vasquez et al. 2012), (Duangthip et al. 2017b). Parmi les essais cliniques randomisés dans lesquels le SDF est appliqué dans le but d'arrêter la progression carieuse chez les enfants ou chez les adultes, le seul effet secondaire observé est « une petite lésion blanche légèrement douloureuse au niveau de la muqueuse, qui a disparu à 48 heures sans traitement » (Chu et al. 2002) (Llodra et al. 2005) (Monse et al. 2012) (Zhi et al. 2012) (Zhang et al. 2013) (Santos et al. 2012) (Castillo et al. 2011).

Bien que le SDF soit utilisé conformément aux recommandations, la concentration élevée de fluorure a suscité certaines inquiétudes, en particulier lors des applications répétées sur de très jeunes enfants. Les fortes concentrations d'argent ont suscité des préoccupations similaires. La seule étude portant sur la pharmacocinétique du SDF après application orale a

été réalisée sur seulement 6 adultes sur une période de 4 heures en utilisant 6 ml (environ un cinquième de goutte) pour traiter 3 dents de chaque sujet. Leur conclusion était que les concentrations sériques de fluorure et d'argent ne devraient présenter qu'un faible risque de toxicité lorsqu'elles sont utilisées occasionnellement chez l'adulte (Vasquez et al. 2012). Il serait donc nécessaire de réaliser davantage d'essais cliniques évaluant le risque de toxicité sur des enfants.

De plus, la toxicité potentielle de l'argent sur la pulpe est mal évaluée dans la littérature. La majorité des études montrent des tubules dentinaires normaux et le tissu pulpaire associé à la carie traitée montre un infiltrat inflammatoire chronique et une formation de dentine tertiaire, sans précipité d'argent dans la chambre pulpaire, seulement présent à la surface et dans les tubuli dentinaires à une certaine profondeur. Cependant, Li et al. (2019) ont constaté que le degré de pénétration de l'argent et le champ de distribution sont positivement liés au degré de déminéralisation de l'émail et de la dentine. Dans les cavités profondes traitées au SDF, l'argent peut être observé dans la chambre pulpaire. C'est pourquoi la solution de SDF sur les dents temporaires devrait être utilisée avec prudence pour diverses lésions carieuses. L'évaluation de la sévérité de la lésion (si la lésion carieuse est proche de la pulpe ou non) lors de l'examen clinique montre ainsi son importance avant l'application du produit (Li et al. 2019).

L'effet secondaire principal de l'utilisation du SDF est la coloration sombre du tissu dentaire carié, ce qui a suscité des inquiétudes quant à la satisfaction des parents (Nelson et al. 2016). Une étude sur 799 enfants de 37 écoles maternelles à Hong Kong, a révélé que la satisfaction des parents à l'égard de l'apparence dentaire de leurs enfants à 30 mois était de 71 % à 62 %, malgré le noircissement des lésions carieuses après application du SDF à 38 % (66 % à 76 %) (Duangthip et al. 2017b). De nombreuses études suggèrent l'utilisation d'iodure de potassium appliqué après l'application de SDF pour contrôler ou inverser la coloration (Patel et al. 2018) (Zhao et al. 2017a). Cependant, l'un des essais pour adultes a rapporté que l'application d'iodure de potassium n'avait aucun effet sur la réduction de la coloration noire sur les caries radiculaires chez les personnes âgées. Les distributions par couleur des lésions cariées arrêtées n'étaient pas significativement différentes entre les groupes SDF et SDF / KI ($p > 0,05$) (Li et al. 2016).

Un groupe de travail sur les lignes directrices, formé par l'Académie Américaine de Dentisterie Pédiatrique (AAPD) a élaboré des lignes directrices et une recommandation fondée sur des preuves concernant l'application de SDF à 38 % pour arrêter les lésions carieuses des dents temporaires dans le cadre d'un programme complet de gestion de la carie. Après avoir pris en compte le faible coût du traitement et la maladie carieuse, les membres du groupe de travail étaient convaincus que les avantages de l'application du SDF dans les populations cibles l'emportaient sur ses effets indésirables possibles (Crystal et al. 2017). Malgré cela, des investigations supplémentaires seraient bénéfiques pour apporter plus de précisions concernant son utilisation sur les dents temporaires et définitives.

5. Conclusion

Le Silver Diamine Fluoride est présenté comme une modalité avantageuse en odontologie. Sa facilité d'application, son faible coût et son efficacité clinique indiquent son utilisation en tant qu'alternative intéressante aux traitements conventionnels des caries dentaires et de l'hypersensibilité dentinaire, et serait adopté désormais à des fins thérapeutiques et préventives. La disponibilité du SDF en tant que traitement des caries fournit une nouvelle approche qui pourrait aider à diminuer significativement la prévalence des lésions carieuses et à améliorer la qualité de vie liée à la santé bucco-dentaire. Cependant, la nécessité d'études portant sur la concentration du SDF, la fréquence d'application et le suivi des soins restaurateurs est indispensable pour préciser l'utilisation de ce produit dans le temps.

6. Bibliographie

- Agence française de sécurité sanitaire des produits de santé (AFSSAPS). Utilisation du fluor dans la prévention de la carie dentaire avant l'âge de 18 ans [Internet]. 2008 [cité 12 août 2018]. Disponible sur: https://ansm.sante.fr/var/ansm_site/storage/original/application/7db1d82db7f5636b56170f59e844dd3a.pdf
- American academy of pediatric dentistry. Chairside Guide: Silver Diamine Fluoride in the Management of Dental Caries Lesions. *Pediatr Dent*. 2017;39(6):478-9.
- Bimstein E, Damm D. Human Primary Tooth Histology Six Months after Treatment with Silver Diamine Fluoride. *J Clin Pediatr Dent*. 2018;42(6):442-4.
- Braga MM, Mendes FM, De Benedetto MS, Imperato JCP. Effect of silver diammine fluoride on incipient caries lesions in erupting permanent first molars: a pilot study. *J Dent Child Chic Ill*. 2009;76(1):28-33.
- Castillo JL, Rivera S, Aparicio T, Lazo R, Aw T-C, Mancl LL, et al. The short-term effects of diammine silver fluoride on tooth sensitivity: a randomized controlled trial. *J Dent Res*. 2011;90(2):203-8.
- Chaussain-Miller C, Fioretti F, Goldberg M, Menashi S. The role of matrix metalloproteinases (MMPs) in human caries. *J Dent Res*. 2006;85(1):22-32.
- Chu CH, Lo ECM. Microhardness of dentine in primary teeth after topical fluoride applications. *J Dent*. 2008a;36(6):387-91.
- Chu CH, Lo ECM. Promoting caries arrest in children with silver diamine fluoride: a review. *Oral Health Prev Dent*. 2008b;6(4):315-21.
- Chu CH, Lo ECM, Lin HC. Effectiveness of silver diamine fluoride and sodium fluoride varnish in arresting dentin caries in Chinese pre-school children. *J Dent Res*. 2002;81(11):767-70.
- Clemens J, Gold J, Chaffin J. Effect and acceptance of silver diamine fluoride treatment on dental caries in primary teeth. *J Public Health Dent*. 2017;
- Craig GG, Knight GM, McIntyre JM. Clinical evaluation of diamine silver fluoride/potassium iodide as a dentine desensitizing agent. A pilot study. *Aust Dent J*. 2012;57(3):308-11.
- Crystal YO, Marghalani AA, Ureles SD, Wright JT, Sulyanto R, Divaris K, et al. Use of Silver Diamine Fluoride for Dental Caries Management in Children and Adolescents, Including Those with Special Health Care Needs. *Pediatr Dent*. 2017;39(5):135-45.
- Dos Santos VE, Filho AV, Ribeiro Targino AG, Pelagio Flores MA, Galembeck A, Caldas AF, et al. A New "Silver-Bullet" to treat caries in children – Nano Silver Fluoride: A randomised clinical trial. *J Dent [Internet]*. 2014 [cité 25 janv 2018];42(8):945-51. Disponible sur: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S030057121400164X>
- Duangthip D, Chen KJ, Gao SS, Lo ECM, Chu CH. Managing Early Childhood Caries with Atraumatic Restorative Treatment and Topical Silver and Fluoride Agents. *Int J Environ Res Public Health*. 2017a;14(10):1204.
- Duangthip D, Chu CH, Lo ECM. A randomized clinical trial on arresting dentine caries in preschool children by topical fluorides--18 month results. *J Dent*. 2016;44:57-63.

Duangthip D, Fung MHT, Wong MCM, Chu CH, Lo ECM. Adverse Effects of Silver Diamine Fluoride Treatment among Preschool Children. *J Dent Res.* 2017b;97(4):395-401.

Duangthip D, Wong MCM, Chu CH, Lo ECM. Caries arrest by topical fluorides in preschool children: 30-month results. *J Dent.* 2018;70:74-9.

Elias dos Santos Junior V, Maria Nassar de Vasconcelosy F, Rodrigues de Souza P, Gadelho Ribeiro A, Rosenblatt A. Adverse events on the use of interim therapeutic in schoolchildren: Silver diamine fluoride × interim therapeutic restorative – a pilot study. *Efeitos Advers Téc Provisórias Em Crianças Diamino Fluoreto Prata X Trat Restaur Provisório – Um Estudo Piloto* [Internet]. 2012;27(1):26-30. Disponible sur: <http://frodon.univ-paris5.fr/login?url=http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=ddh&AN=76383401&lang=fr&site=ehost-live>

Fung MHT, Duangthip D, Wong MCM, Lo ECM, Chu CH. Arresting Dentine Caries with Different Concentration and Periodicity of Silver Diamine Fluoride. *JDR Clin Transl Res.* 2016;1(2):143-52.

Fung MHT, Duangthip D, Wong MCM, Lo ECM, Chu CH. Randomized Clinical Trial of 12% and 38% Silver Diamine Fluoride Treatment. *J Dent Res.* 2018;97(2):171-8.

Gao SS, Duangthip D, Wong MCM, Lo ECM, Chu CH. Randomized Trial of Silver Nitrate with Sodium Fluoride for Caries Arrest. *JDR Clin Transl Res.* 2019;4(2):126-34.

Gao SS, Zhao IS, Duffin S, Duangthip D, Lo ECM, Chu CH. Revitalising Silver Nitrate for Caries Management. *Int J Environ Res Public Health.* 2018;15(1):80.

Gupta A, Sinha N, Logani A, Shah N. An ex vivo study to evaluate the remineralizing and antimicrobial efficacy of silver diamine fluoride and glass ionomer cement type VII for their proposed use as indirect pulp capping materials - Part I. *J Conserv Dent JCD.* 2011;14(2):113-6.

Hamama HH, Yiu CK, Burrow MF. Effect of silver diamine fluoride and potassium iodide on residual bacteria in dentinal tubules. *Aust Dent J.* 2015;60(1):80-7.

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.

Hien C N. Utilisations de fluorure diamine d'argent (FDA) [Internet]. 2017 [cité 25 févr 2018]. Disponible sur: https://www.sdi.com.au/wp-content/uploads/2017/03/SDF_Clinical_Summary_FRE.pdf

Horst JA, Ellenikiotis H, Milgrom PL. UCSF Protocol for Caries Arrest Using Silver Diamine Fluoride: Rationale, Indications and Consent. *J Calif Dent Assoc.* 2016;44(1):16-28.

Knight GM, McIntyre JM, Craig GG, Mulyani null, Zilm PS, Gully NJ. Inability to form a biofilm of *Streptococcus mutans* on silver fluoride- and potassium iodide-treated demineralized dentin. *Quintessence Int Berl Ger* 1985. 2009;40(2):155-61.

Korwar A, Sharma S, Logani A, Shah N. Pulp response to high fluoride releasing glass ionomer, silver diamine fluoride, and calcium hydroxide used for indirect pulp treatment: An in-vivo comparative study. *Contemp Clin Dent* [Internet]. 2015 [cité 2 avr 2019];6(3):288. Disponible sur: <http://www.contempclindent.org/article.asp?issn=0976-237X;year=2015;volume=6;issue=3;spage=288;epage=292;aulast=Korwar;type=0>

Li J, Xie X, Wang Y, Yin W, Antoun JS, Farella M, et al. Long-term remineralizing effect of casein phosphopeptide-amorphous calcium phosphate (CPP-ACP) on early caries lesions in vivo: a systematic review. *J Dent*. 2014;42(7):769-77.

Li R, Lo ECM, Liu BY, Wong MCM, Chu CH. Randomized clinical trial on arresting dental root caries through silver diamine fluoride applications in community-dwelling elders. *J Dent*. 2016;51:15-20.

Li Y, Liu Y, Psoter WJ, Nguyen OM, Bromage TG, Walters MA, et al. Assessment of the Silver Penetration and Distribution in Carious Lesions of Deciduous Teeth Treated with Silver Diamine Fluoride. *Caries Res*. 2019;1-10.

Liu BY, Lo ECM, Chu CH, Lin HC. Randomized trial on fluorides and sealants for fissure caries prevention. *J Dent Res*. 2012;91(8):753-8.

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*. 2005;84(8):721-4.

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*. 2001;80(12):2071-4.

Mäkinen KK, Bennett CA, Hujoel PP, Isokangas PJ, Isotupa KP, Pape HR, et al. Xylitol chewing gums and caries rates: a 40-month cohort study. *J Dent Res*. 1995;74(12):1904-13.

Mei M-L, Chu C-H, Low K-H, Che C-M, Lo E-C-M. 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 Cirugia Bucal*. 2013a;18(6):e824-831.

Mei ML, Ito L, Cao Y, Li QL, Chu CH, Lo ECM. The inhibitory effects of silver diamine fluorides on cysteine cathepsins. *J Dent*. 2014a;42(3):329-35.

Mei ML, Ito L, Cao Y, Li QL, Lo ECM, Chu CH. Inhibitory effect of silver diamine fluoride on dentine demineralisation and collagen degradation. *J Dent*. 2013b;41(9):809-17.

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*. 2014b;42(4):395-402.

Mei ML, Li Q, Chu C-H, Lo EC-M, Samaranayake LP. Antibacterial effects of silver diamine fluoride on multi-species cariogenic biofilm on caries. *Ann Clin Microbiol Antimicrob*. 2013c;12:4.

Mei ML, Li QL, Chu CH, Yiu CKY, Lo ECM. The inhibitory effects of silver diamine fluoride at different concentrations on matrix metalloproteinases. *Dent Mater Off Publ Acad Dent Mater*. 2012;28(8):903-8.

Mei ML, Lo EC-M, Chu C-H. Clinical Use of Silver Diamine Fluoride in Dental Treatment. *Compend Contin Educ Dent*. 2016a;37(2):93-8.

Mei ML, Zhao IS, Ito L, Lo EC-M, Chu C-H. Prevention of secondary caries by silver diamine fluoride. *Int Dent J*. 2016b;66(2):71-7.

Milgrom P, Horst JA, Ludwig S, Rothen M, Chaffee BW, Lyalina S, et al. Topical silver diamine fluoride for dental caries arrest in preschool children: A randomized controlled trial and microbiological analysis of caries associated microbes and resistance gene expression. *J Dent*. 2018;68:72-8.

Monse B, Heinrich-Weltzien R, Mulder J, Holmgren C, van Palenstein Helderma WH. Caries preventive efficacy of silver diamine fluoride (SDF) and ART sealants in a school-based daily fluoride toothbrushing program in the Philippines. *BMC Oral Health*. 2012;12:52.

Nascimento FD, Minciotti CL, Geraldeli S, Carrilho MR, Pashley DH, Tay FR, et al. Cysteine cathepsins in human carious dentin. *J Dent Res*. 2011;90(4):506-11.

Nelson T, Scott JM, Crystal YO, Berg JH, Milgrom P. Silver Diamine Fluoride in Pediatric Dentistry Training Programs: Survey of Graduate Program Directors. *Pediatr Dent*. 2016;38(3):212-7.

Nguyen V, Neill C, Felsenfeld J, Primus C. Potassium Iodide. The Solution to Silver Diamine Fluoride Discoloration? 2017 [cité 31 juill 2018]; Disponible sur: <https://juniperpublishers.com/adoh/pdf/ADOH.MS.ID.555655.pdf>

Patel J, Anthonappa RP, King NM. Evaluation of the staining potential of silver diamine fluoride: in vitro. *Int J Paediatr Dent*. 2018;

Petersen PE. Rapport sur la santé bucco-dentaire dans le monde 2003. Poursuivre l'amélioration de la santé bucco-dentaire au XXIe siècle – l'approche du Programme OMS de santé bucco-dentaire. Genève : Organisation mondiale de la santé ; 2003. 2003.

Punyanirun K, Yospiboonwong T, Kunapinun T, Thanyasrisung P, Trairatvorakul C. Silver diamine fluoride remineralized artificial incipient caries in permanent teeth after bacterial pH-cycling in-vitro. *J Dent*. 2017;

Rossi G, Squassi A, Mandalunis P, Kaplan A. Effect of silver diamine fluoride (SDF) on the dentin-pulp complex: ex vivo histological analysis on human primary teeth and rat molars. *Acta Odontol Latinoam*. 2017;30(1):5-12.

Santos VE dos, Vasconcelos FMN de, Ribeiro AG, Rosenblatt A. Paradigm shift in the effective treatment of caries in schoolchildren at risk. *Int Dent J* [Internet]. 2012 [cité 17 janv 2019];62(1):47-51. Disponible sur: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1875-595X.2011.00088.x>

Savas S, Kucukyilmaz E, Celik EU. Effects of Remineralization Agents on Artificial Carious Lesions. *Pediatr Dent*. 2016;38(7):511-8.

Savas S, Kucukyilmaz E, Celik EU, Ates M. Effects of different antibacterial agents on enamel in a biofilm caries model. *J Oral Sci*. 2015;57(4):367-72.

Shah S, Bhaskar V, Venkataraghavan K, Choudhary P, Ganesh M, Trivedi K. Efficacy of silver diamine fluoride as an antibacterial as well as antiplaque agent compared to fluoride varnish and acidulated phosphate fluoride gel: an in vivo study. *Indian J Dent Res Off Publ Indian Soc Dent Res*. 2013;24(5):575-81.

Tan HP, Lo ECM, Dyson JE, Luo Y, Corbet EF. A randomized trial on root caries prevention in elders. *J Dent Res*. 2010;89(10):1086-90.

Tirupathi S, Svsg N, Rajasekhar S, Nuvvula S. Comparative cariostatic efficacy of a novel Nano-silver fluoride varnish with 38% silver diamine fluoride varnish a double-blind randomized clinical trial. *J Clin Exp Dent*. 2019;11(2):e105-12.

Vasquez E, Zegarra G, Chirinos E, Castillo JL, Taves DR, Watson GE, et al. Short term serum pharmacokinetics of diamine silver fluoride after oral application. *BMC Oral Health*.

2012;12:60.

Vinson LA, Gilbert PR, Sanders BJ, Moser E, Gregory RL. Silver Diamine Fluoride and Potassium Iodide Disruption of In Vitro Streptococcus mutans Biofilm. *J Dent Child Chic Ill*. 2018;85(3):120-4.

Wakshlak RB-K, Pedahzur R, Avnir D. Antibacterial activity of silver-killed bacteria: the « zombies » effect. *Sci Rep*. 2015;5:9555.

Walsh T, Oliveira-Neto JM, Moore D. Chlorhexidine treatment for the prevention of dental caries in children and adolescents. *Cochrane Database Syst Rev*. 2015;(4):CD008457.

Yee R, Holmgren C, Mulder J, Lama D, Walker D, van Palenstein Helder W. Efficacy of silver diamine fluoride for Arresting Caries Treatment. *J Dent Res*. 2009;88(7):644-7.

Yu OY, Mei ML, Zhao IS, Li Q-L, Lo EC-M, Chu C-H. Remineralisation of enamel with silver diamine fluoride and sodium fluoride. *Dent Mater Off Publ Acad Dent Mater*. 2018a;.

Yu OY, Zhao IS, Mei ML, Lo ECM, Chu CH. Caries-arresting effects of silver diamine fluoride and sodium fluoride on dentine caries lesions. *J Dent*. 2018b;78:65-71.

Zhang W, McGrath C, Lo ECM, Li JY. Silver diamine fluoride and education to prevent and arrest root caries among community-dwelling elders. *Caries Res*. 2013;47(4):284-90.

Zhao IS, Mei ML, Burrow MF, Lo EC-M. Effect of Silver Diamine Fluoride and Potassium Iodide Treatment on Secondary Caries Prevention and Tooth Discolouration in Cervical Glass Ionomer Cement Restoration. *Int J Mol Sci*. 2017a;18(2):340.

Zhao IS, Mei ML, Burrow MF, Lo EC-M, Chu C-H. Prevention of secondary caries using silver diamine fluoride treatment and casein phosphopeptide-amorphous calcium phosphate modified glass-ionomer cement. *J Dent*. 2017b;57:38-44.

Zhao IS, Mei ML, Li Q-L, Lo ECM, Chu C-H. Arresting simulated dentine caries with adjunctive application of silver nitrate solution and sodium fluoride varnish: an in vitro study. *Int Dent J*. 2017c;67(4):206-14.

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. *J Dent*. 2012;40(11):962-7.

**Les opinions émises dans les dissertations présentées doivent être
considérées comme propres à leurs auteurs, sans aucune
approbation ni improbation de la Faculté de Chirurgie Dentaire.**

AMOYAL, Ilana. Connaissances scientifiques actuelles du Silver Diamine Fluoride (SDF) en odontologie. 2019. 71 p. : ill., tabl. Réf. Biblio. : p 66-71.

Sous la direction du Dr Bich-Tien NGO et de la co-directrice Professeure DE LA DURE MOLLA

Th : Chir Dent. : Paris 7 : 2019

RESUME en français :

Initialement découvert au Japon dans les années 80, le fluorure de diamine d'argent, aussi nommé « Silver Diamine Fluoride » (SDF), est disponible aux États-Unis et au Canada depuis quelques années. En 2014, il a été approuvé par la FDA (Food and Drug Administration) en tant que traitement contre l'hypersensibilité dentinaire et, depuis quelques mois pour sa capacité à stopper la progression des lésions carieuses chez les enfants et les adultes. Il est également indiqué dans la prévention de l'apparition de nouvelles lésions carieuses. Son utilisation serait une alternative intéressante aux traitements conventionnels des caries dentaires et de l'hypersensibilité dentinaire, et serait adopté désormais à des fins thérapeutiques et préventives. Son utilisation est simple et facile. Elle ne nécessite ni anesthésie locale, ni éviction carieuse manuelle ou rotative.

Après une description des généralités du produit, une revue de littérature permettra d'exposer et d'analyser les données actuelles du Silver Diamine Fluoride en odontologie. Elle sera suivie d'une analyse critique des études retenues et de discussions.

TITRE en anglais : Current scientific knowledge of SDF (Silver Diamine Fluoride) in dentistry

DISCIPLINE: Odontologie conservatrice-endodontie

MOTS-CLES Français : Fluorures (FMeSH); caries dentaires (FMeSH) ; enfant (FMeSH) ; adulte (FMeSH) ; fluorures topiques (FMeSH); Fluorure de diamine d'argent

MOTS-CLES Anglais : Dental caries (MeSH); child (MeSH); fluorides topical (MeSH) ; adult (MeSH) ; Silver diamine fluoride
