



HAL
open science

Analyse morphologique de l'émail atteint de MIH selon différents traitements de surface

Inès Quach

► **To cite this version:**

Inès Quach. Analyse morphologique de l'émail atteint de MIH selon différents traitements de surface. Sciences du Vivant [q-bio]. 2022. dumas-04008383

HAL Id: dumas-04008383

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-04008383>

Submitted on 19 Jun 2023

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

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



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

AVERTISSEMENT

Cette thèse d'exercice est le fruit d'un travail approuvé par le jury de soutenance et réalisé dans le but d'obtenir le diplôme d'État de docteur en chirurgie dentaire. Ce document est mis à disposition de l'ensemble de la communauté universitaire élargie.

Il est soumis à la propriété intellectuelle de l'auteur. Ceci implique une obligation de citation et de référencement lors de l'utilisation de ce document.

D'autre part, toute contrefaçon, plagiat, reproduction illicite encourt toute poursuite pénale.

UNIVERSITÉ PARIS CITÉ

FACULTÉ DE SANTÉ

UFR D'ODONTOLOGIE

Année 2022

N° D126

THÈSE

POUR LE DIPLÔME D'ÉTAT DE DOCTEUR EN CHIRURGIE DENTAIRE

Présentée et soutenue publiquement le : 29 novembre 2022

Par

Inès QUACH

**Analyse morphologique de l'émail atteint de MIH selon différents
traitements de surface**

Dirigée par Mme le Docteur Marianne Lagarde

JURY

Mme le Professeur Céline Gaucher

Président

Mme le Docteur Caroline Mocquot

Assesseur

M. le Docteur Philippe François

Assesseur

Mme le Docteur Marianne Lagarde

Assesseur

M. le Docteur Alexandre Comte

Invité



L'auteur s'engage à respecter les droits des tiers, et notamment les droits de propriété intellectuelle. Dans l'hypothèse où la thèse d'exercice comporterait des éléments protégés par un droit quelconque, l'auteur doit solliciter les autorisations nécessaires à leur utilisation, leur reproduction et leur représentation, auprès du ou des titulaires des droits. Le droit de citations doit s'exercer avec rigueur et discernement. Certaines citations peuvent comporter un extrait textuel de la source. Cet extrait textuel doit être relativement court (une quinzaine de lignes tout au plus), mis entre guillemets ou clairement séparé du corps du texte et bien évidemment référencé en citation. En ce qui concerne la citation sans extrait textuel (mention d'idées ou concepts originaux, données chiffrées, figures, etc.), il faut également en citer la source. Toute figure, tableau, graphique reproduit doit également être accompagné de la citation de la source. L'auteur est responsable du contenu de sa thèse d'exercice. Il garantit l'Université contre tout recours. Elle ne pourra en aucun cas être tenue responsable de l'atteinte aux droits d'un tiers.

Inès QUACH

Tableau des enseignants de l'UFR d'Odontologie

DÉPARTEMENTS	DISCIPLINES	PROFESSEURS DES UNIVERSITÉS	MAÎTRES DE CONFÉRENCES
1. DÉVELOPPEMENT, CROISSANCE ET PRÉVENTION	ODONTOLOGIE PÉDIATRIQUE	Mme M. AUJAY DE LA DURE-MOLLA Mme É. DURSUN Mme S. VITAL	M. P.-J. BERAT (MCU associé) Mme A.-L. BONNET M. F. COURSON Mme M. RIOU (MCU associé) Mme A. VANDERZWALM
	ORTHOPÉDIE DENTO-FACIALE	Mme E. LE NORCY	M. C. DUNGLAS M. P. GARREC Mme A. KAMOOUN Mme B. VI-FANE
	PRÉVENTION, ÉPIDÉMIOLOGIE, ÉCONOMIE DE LA SANTÉ ET ODONTOLOGIE LÉGALE	Mme S. AZOGUI-LEVY M. P. PIRNAY	Mme A.-C. BAS Mme A. GERMA Mme V. SMAIL-FAUGERON Mme A. TENENBAUM
2. CHIRURGIE ORALE, PARODONTOLOGIE, BIOLOGIE ORALE	PARODONTOLOGIE	Mme F. ANAGNOSTOU M. M. BIOSSE DUPLAN Mme M.-C. CARRA Mme M.-L. COLOMBIER Mme M. GOSSET	M. A. BRUN M. D. GUEZ M. S. JUNGO (MCU associé) M. S. KERNER
	CHIRURGIE ORALE	Mme G. LESCAILLE M. L. MAMAN Mme L. RADOÏ M. Y. ROCHE	Mme V. BAAROUN M. B. COURRIER Mme A.-L. EJEIL M. F. GAULTIER M. N. MOREAU M. T. NGUYEN Mme J. ROCHEFORT Mme I. TAÏHI M. H. TARRAGANO
	BIOLOGIE ORALE	Mme A. C. AZEVEDO (PU associée) Mme C. BARDET (PR) Mme A. BERDAL Mme C. CHAUSSAIN M. V. DESCROIX M. B. FOURNIER M. B. GOGLY Mme R. KOZYRAKI Mme S. SÉGUIER	Mme C. ANDRIQUE (MCU associée) M. C.-D. ARRETO M. J. BOUCHET (MCF) Mme H. CHARDIN M. P. COLLIN Mme M-H. COTTET Mme A. COUDERT (MCF) M. F. FERRÉ Mme C. GORIN Mme S. HOUARI-MEJRI Mme J. ISAAC (MCF) M. O. LE MAY M. G. LIGNON (MCU associé) Mme N NOWWAROTE (MCU associé) M. B. PAIVA (MCF)
3. RÉHABILITATION ORALE (DÉBUT)	DENTISTERIE RESTAURATRICE ENDODONTIE	Mme T. BOUKPESSI M. P. COLON Mme C. GAUCHER	Mme F. BERÈS Mme C. BESNAULT M. É. BONTE Mme A.-M. COLLIGNON M. F. DECUP Mme A. HARTMANN M. G. KUHN Mme C. MESGOUÉZ-MENEZ Mme C. MOCQUOT Mme N. PRADELLE PLASSE Mme M. ZANINI

DÉPARTEMENTS	DISCIPLINES	PROFESSEURS DES UNIVERSITÉS	MAÎTRES DE CONFÉRENCES
3. RÉHABILITATION ORALE (SUITE)	PROTHÈSES	Mme M.-V. BERTERETCHE Mme A. BRAUD M. O. FROMENTIN M. C. RIGNON-BRET M. B. TAVERNIER Mme C. WULFMAN	M. J.-M. CHEYLAN Mme H. CITTERIO Mme M.-J. CRENN M. M. DAAS M. D. DOT M. L. DUPAGNE (MCU associé) M. N. EID M. S. ESCURE Mme I. FOUILLOUX Mme L. FRIEDLANDER M. P. GATEAU M. D. MAURICE M. P. MOULIN M. P. RENAULT Mme É. SARFATI M. J.-E. SOFFER M. P. TRAMBA
	FONCTION-DYSFONCTION, IMAGERIE, BIOMATÉRIAUX	M. Y. BOUCHER Mme L. JORDAN M. J.-F. N'GUYEN M. B. SALMON	M. J.-P. ATTAL M. C. AZEVEDO Mme R. BENBELAÏD Mme A. BENOÎT A LA GUILLAUME (MCF) Mme J. BOSCO M. D. BOUTER M. J.-L. CHARRIER M. M. CHERRUAU M. H. DIAKONOFF (MCU associé) M. R. FELIZARDO M. B. FLEITER M. P. FRANÇOIS Mme F. MANGIONE M. A. PORPORATI (MCU associé) Mme F. TILOTTA
PROFESSEURS ÉMÉRITES		M. C. BÉRENHOLC M. P. BOUCHARD Mme M.-L. BOY-LEFÈVRE Mme M. FOLLIGUET Mme M. WOLIKOW M. R. GARCIA M. J.-J. LASFARGUES M. A. LAUTROU M. G. LEVY	M. B. PELLAT Mme A. POLIARD M. J.-L. SAFFAR

Liste mise à jour le 28 septembre 2022

Remerciements

À Mme le Professeur Céline Gaucher ; Docteur en Chirurgie dentaire ; Docteur de l'Université Paris Descartes ; Habilitée à Diriger des Recherches ; Professeur des Universités, UFR d'Odontologie - Université Paris Cité ; Praticien Hospitalier, Assistance Publique-Hôpitaux de Paris.

Vous me faites l'honneur de présider ce jury de thèse d'exercice. Un grand merci pour vos enseignements, vos conseils, votre accompagnement et votre dévouement envers tous les étudiants. Vous êtes un exemple de part votre richesse d'expériences et de connaissances, mais aussi sur le plan humain. Ce fut un plaisir d'apprendre à vos côtés. Veuillez trouver ici le témoignage de mon plus grand respect et de ma profonde reconnaissance.

À Mme le Docteur Caroline Mocquot ; Docteur en Chirurgie dentaire ; Docteur de l'Université Claude Bernard ; Maître de Conférences des Universités, UFR d'Odontologie - Université Paris Cité ; Praticien Hospitalier, Assistance Publique-Hôpitaux de Paris.

Vous me faites l'honneur de siéger parmi les membres de ce jury. Merci pour votre disponibilité. Je vous adresse mes sincères et respectueux remerciements.

À M. le Docteur Philippe François ; Docteur en Chirurgie dentaire ; Docteur de l'Université Paris 13 ; Maître de Conférences des Universités, UFR d'Odontologie - Université Paris Cité ; Praticien Hospitalier, Assistance Publique-Hôpitaux de Paris.

Vous me faites l'honneur de prendre part à ce jury de thèse. Veuillez trouver ici le témoignage de mes sincères et respectueux remerciements.

À Mme le Docteur Marianne Lagarde ; Docteur en Chirurgie dentaire ; Chef de Clinique des Universités - Assistant des Hôpitaux, UFR d'Odontologie - Université Paris Cité.

Vous me faites l'honneur de diriger cette thèse. Merci de m'avoir éclairée sur ce sujet dont il y a tant encore à apprendre et de m'avoir fait découvrir le monde de la recherche. Merci pour votre patience, votre accompagnement, votre soutien et votre bienveillance. Vos conseils ont été précieux et j'ai découvert avec surprise un réel attrait pour l'odontologie pédiatrique, en grande partie grâce à vous. Veuillez trouver dans ce travail ma profonde gratitude et mes plus sincères remerciements.

À M. le Docteur Alexandre Comte ; Docteur en Chirurgie dentaire ; Chef de Clinique des Universités - Assistant des Hôpitaux, UFR d'Odontologie - Université Paris Cité.

Vous me faites l'honneur de participer à cette soutenance de thèse. Merci pour votre accompagnement, vos bons conseils et bien sûr votre bonne humeur et humour sans fin. Ce fut un plaisir d'évoluer grâce à vos enseignements. Je vous adresse ma plus profonde reconnaissance et mes sincères remerciements.

Résumé et indexation en français et anglais

Résumé :

À travers l'analyse d'une revue systématique de littérature nous allons recenser les différentes méthodes de mordantage en matière de temps, qualité, et quantité, sur les dents atteintes de MIH. Après élaboration d'un protocole, nous mènerons un travail de recherche au laboratoire en observant au MEB les images des dents atteintes de MIH traitées par les différentes méthodes de mordantage décrites. Une analyse morphologique sera faite, et nous comparerons les résultats de façon à statuer sur une méthode de mordantage optimale pour pérenniser le collage sur dents atteintes de MIH.

Discipline ou spécialité :

Odontologie pédiatrique, Odontologie conservatrice, matériaux dentaires

Mots clés français (fMeSH et Rameau) :

fMeSH : Matériaux dentaire ; Microscopie électronique à balayage

Rameau : Hypominéralisation molaire-incisive ; Émail dentaire

Forme ou Genre :

fMeSH : Dissertation universitaire

Rameau : Thèses et écrits académiques

Abstract:

Through the analysis of a systematic review of the literature we will identify the different etching methods in terms of time, quality, and quantity, on teeth with MIH. After developing a protocol, we carry out research in the laboratory by observing the SEM images of teeth with MIH treated by the various etching methods described. A morphological analysis will be made, and we will compare the results in order to decide on an optimal etching method to sustain bonding on teeth affected by MIH.

Branch or specialty:

Pediatric Dentistry, Operative Dentistry, Dental Materials

English keywords (MeSH):

Dental materials ; Microscopy, Electron, Scanning

Publication type (MeSH):

Academic Dissertation

Liste des abréviations

- AFM : Atomic Force Microscopy / Microscopie à force atomique
- C : Carbone
- Ca : Calcium
- Cl : Chlorure
- CW : Creamy-white / blanc-crème
- FPM : First permanent molar / première molaire permanente
- HE : Hypomineralized enamel / émail hypominéralisé
- MIH : Molar Incisor Hypomineralisation / Molar Incisor Hypomineralization
- MET : Microscope électronique à transmission
- MR : Mordançage-rinçage
- MR2 ou MR3 : Mordançage-rinçage en 2 étapes ou 3 étapes
- NaOCl : Hypochlorite de sodium
- NE : Normal enamel / émail sain
- O : Oxygène
- P : Phosphore
- PEB : Post-eruptive breakdown / perte post-éruptive d'émail
- SAM : Système auto-mordançant
- SAM2 : Système auto-mordançant en 2 étapes
- SEM : Scanning Electron Microscopy / Microscope électronique à balayage
- YB : Yellow-brown / Jaune-brun
- μ SBS : Micro-shearbond strength / résistance au micro-cisaillement

Table des matières

INTRODUCTION	2
1 : MATERIEL ET METHODE	3
1.1 REVUE DE LITTERATURE	3
1.1.1 <i>Stratégie de recherche</i>	3
1.1.2 <i>Résultats</i>	4
1.2 TABLEAU DES RESULTATS	4
1.3 ELABORATION D'UN PROTOCOLE	22
2 : RESULTATS	24
2.1 PHOTOS DE L'ECHANTILLON.....	24
2.2 IMAGES DES DIFFERENTES TRANCHES VUES AU MEB : OBSERVATION	26
3 : ANALYSE : COMPARAISON DES RESULTATS AVEC LES IMAGES DE LA LITTERATURE	34
3.1 RAPPELS : MORPHOLOGIE DE L'EMAIL SAIN ET DE L'EMAIL HYPOMINERALISE.....	34
3.2 IMAGES DE LA LITTERATURE.....	37
4 : DISCUSSION ET LIMITES DU PROTOCOLE	43
4.1 APPARITION DU TERME "MIH"	43
4.2 PROPRIETE DE L'EMAIL ATTEINT DE MIH.....	43
4.2.1 <i>Contenu protéique</i>	43
4.2.2 <i>Couleur de la tâche</i>	44
4.3 TYPES DE DISSOLUTION.....	44
4.4 REMINERALISATION	45
4.5 MANQUE DE RESSOURCES ET DIFFICULTE DE MANIPULATION	46
CONCLUSION	47
BIBLIOGRAPHIE	48
TABLE DES FIGURES	50
TABLE DES TABLEAUX	52

Introduction

D'après Weerheijm *and al.* (1), les Hypominéralisations Molaires-Incisives (MIH) sont des anomalies qualitatives de l'émail touchant au moins une des quatre premières molaires permanentes, souvent également associées à l'atteinte des incisives permanentes.

La gestion des dents atteintes de MIH représente un réel défi dans le monde de la dentisterie pédiatrique et restauratrice, tant pour le patient que pour le praticien (2,3). En effet, la structure fragile de l'émail hypominéralisé conduit à une hypersensibilité, entraînant un défaut de brossage et donc une susceptibilité accrue aux lésions carieuses ainsi que des problèmes esthétiques. De part cette fragilité de structure, la perte prématurée d'émail (PEB) des patients atteints de MIH nécessite donc un besoin plus fréquent en restaurations que les patients sans MIH (3).

Cependant, plusieurs études ont montré des changements micro-morphologiques des tissus durs de la dent atteinte de MIH (4–6), influençant sans doute le processus d'adhésion. Ces changements de structure ne permettraient pas une rétention optimale des restaurations collées (5,7,8). En effet, une attaque acide efficace requiert une structure prismatique spécifique de l'émail qu'on ne retrouve pas dans les dents hypominéralisées (3).

De ce fait, il serait intéressant d'étudier toutes les stratégies permettant d'augmenter la rétention des restaurations collées sur les dents atteintes de MIH. Or, dans la littérature, très peu d'études ont été menées sur la structure caractéristique de l'émail hypominéralisé après attaque acide.

L'objectif de cette thèse est dans un premier temps de recenser les différentes méthodes de mordantage à travers l'analyse d'une revue systématique de littérature. Ensuite, après l'élaboration d'un protocole, un travail de recherche en laboratoire sera mené de façon à pouvoir observer au MEB des images de dents atteintes de MIH traitées par les différentes méthodes de mordantage décrites. Pour finir, une analyse morphologique sera faite, ainsi qu'une comparaison des résultats pour statuer sur une méthode optimale améliorant le collage sur dents atteintes de MIH.

1 : Matériel et méthode

1.1 Revue de littérature

L'objectif de cette revue est de recenser toutes les études in vitro et in vivo concernant les différentes méthodes de traitement des dents atteintes de MIH, et plus précisément concernant le mordantage.

1.1.1 Stratégie de recherche

Une recherche a été réalisée sur PUBMED en utilisant l'équation de mots-clés suivante avec la conjonction « AND » mai 2022 :

- mottled enamel OR non-endemic mottling of enamel OR internal enamel hypoplasia OR cheese molars OR non-fluoride enamel opacities OR idiopathic enamel opacities OR enamel hypomineralization OR enamel hypomineralisation OR hypomineralized molars OR hypomineralised molars OR molar incisor hypomineralization OR molar incisor hypomineralisation OR MIH
- etching

Les critères d'inclusion étaient :

- > Articles en anglais ou en français
- > Concernant les dents associées de MIH
- > Utilisant un système de mordantage

Les critères d'exclusion étaient :

- > Articles dans une autre langue que le français ou l'anglais
- > Articles publiés avant 2001
- > Ne concernant pas les humains
- > N'utilisant pas de système de mordantage
- > Ne concernant pas les dents associées au MIH (amélogénèse imparfaite, hypoplasie, fluorose, white spots, orthodontie, dents temporaires)

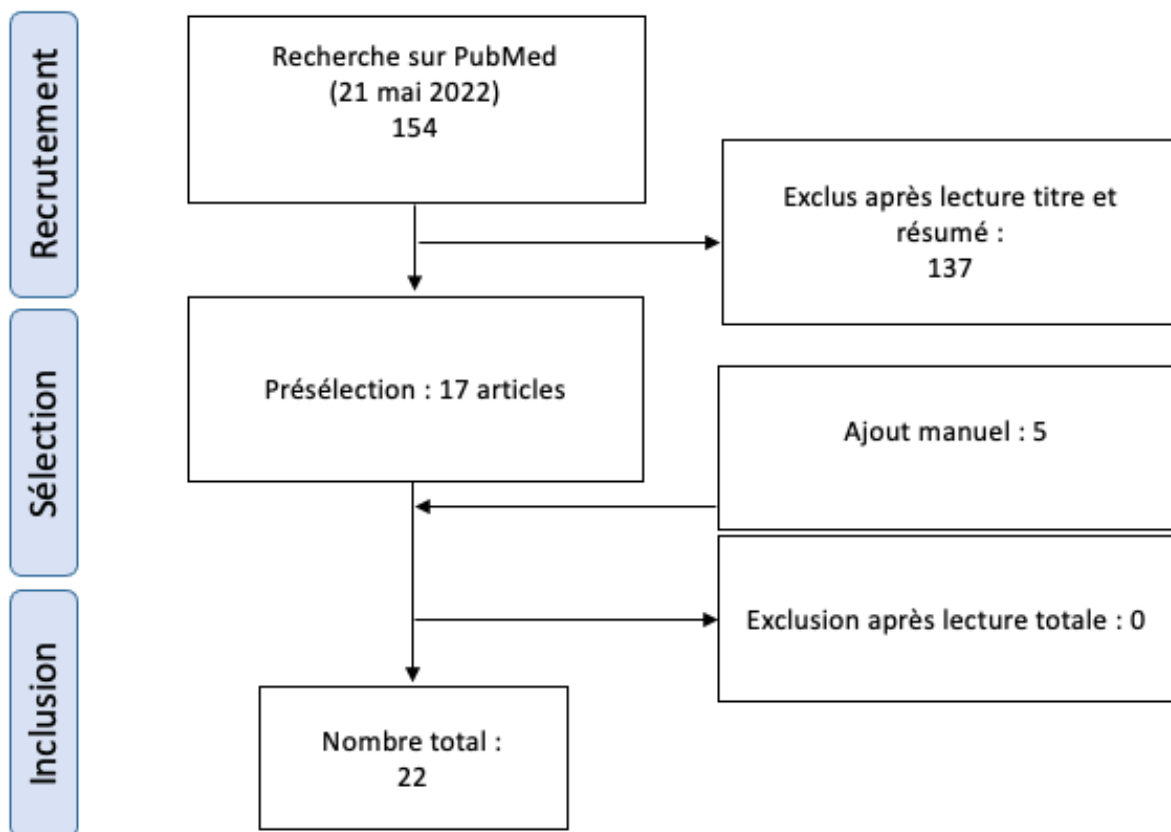
1.1.2 Résultats

En date du 21 mai 2022, 154 résultats ont émergé.

Les deux examinatrices, le Dr Marianne Lagarde et l'autrice Quach Inès, ont récupéré les résultats et ont sélectionné les articles en fonction des critères d'inclusion et d'exclusion ci-dessus.

Parmi les 154 références identifiées, 17 articles ont été sélectionnés. 5 articles ont ensuite été ajoutés manuellement (cf. figure 1).

Figure 1 : Flow chart de la revue systématique de littérature



Source : Auteur, 2021.

1.2 Tableau des résultats

Après lecture des articles, nous avons répertorié dans le tableau 1 les différents temps de mordançages cités dans les protocoles, ainsi que les types d'acides utilisés en précisant leur concentration en pourcentage (%).

Tableau 1 : Liste des différents temps de mordantage selon le type d'etching retrouvés dans notre revue systématique de la littérature

Type d'etching Temps de mordantage amélaire (sec)	Acide phosphorique (%)	Acide chlorhydrique (%)	Sévérité du MIH sur les dents étudiés	Problématique ⇒ Conclusion	Année, premier auteur (référence)
10	(32 %)		Dents hypominéralisées remplissant les critères de jugement MIH spécifiés par Weerheijm. L'émail hypominéralisé a été examiné en fonction de sa couleur afin de différencier la sévérité du défaut : CW ou YB	Comparer le collage sur l'émail hypominéralisé après prétraitement avec une solution d'hypochlorite de sodium (NaOCl) à 5 % ou un gel de papacarie à base de papaïne. ⇒ Sur l'émail hypominéralisé, la liaison avec l'adhésif est moins efficace par rapport à l'émail sain ⇒ Le prétraitement de l'émail avec des agents de déprotéinisation après mordantage à l'acide permet une meilleure adhésion de l'adhésif à l'émail	2017 EKAMBARAM (9)

				<p>hypominéralisé. Aucune différence significative n'a été trouvée entre les deux agents de déprotéinisation.</p> <p>⇒ La papaine à base de papacarie pourrait être un agent de déprotéinisation alternatif pour coller l'adhésif dentaire à l'émail hypominéralisé.</p>	
15	(37 %)		<p>FPMs extraites avec le diagnostic MIH, classées en 2 groupes selon leur opacité : CW HE et YB HE</p>	<p>Étudier l'effet de divers protocoles de prétraitement, impliquant le gel Papacarie Duo et l'adhésif universel Scotchbond™, sur la résistance au microcisaillement (μSBS) du collage du composite à l'émail hypominéralisé.</p> <p>⇒ Les trois facteurs suivants se sont révélés significatifs : (1) type de substrat d'émail, (2) prétraitement de déprotéinisation et (3) mode de mordantage (MR ou SAM).</p>	<p>2021 Lee (10)</p>

				<p>⇒ En comparant les échantillons CW HE et YB HE, une interaction significative entre le « prétraitement de déprotéinisation » et le « mode de mordantage » a été démontrée. Lorsqu'ils sont soumis à l'utilisation simultanée du gel Papacarie Duo et du mordantage à l'acide phosphorique (mode MR), les échantillons HE ont montré une augmentation statistiquement significative des valeurs de μSBS..</p>	
	(37 %)		<p>FPMs extraites avec le diagnostic MIH, classées en 2 groupes selon leur opacité : CW HE et YB HE</p>	<p>Étudier la morphologie de surface et la nanotopographie selon l'émail NE ou HE lorsqu'ils sont soumis à divers protocoles de prétraitement sous SEM et AFM.</p> <p>⇒ La déprotéinisation avec le gel Papacarie Duo suivie du mordantage à l'acide</p>	2022 Lee (11)

				<p>phosphorique a contribué à des motifs de mordançage profonds sur HE.</p> <p>⇒ Le mordançage à l'acide phosphorique a également entraîné une augmentation de la rugosité de surface sur tous les types de substrats amélaire.</p>	
20	(37 %)		<p>Dent atteinte de MIH avec des lésions d'hypominéralisation légère et modérée sans perte de substance et extraite pour raison orthodontique</p>	<p>Analyser l'ultrastructure et la composition minérale de la surface de l'émail d'une molaire MIH, avec et sans mordançage à l'acide.</p> <p>⇒ L'émail cliniquement sain sur la dent avec MIH a révélé une perte partielle du motif prismatique. La lésion légère était poreuse avec des fissures occasionnelles. La lésion modérée était plus poreuse, avec des fissures plus larges.</p> <p>⇒ La composition minérale des surfaces affectées avait une</p>	2015 BOZAL (3)

				<p>teneur en Ca et P plus faible et une teneur en O et C plus élevée. Dans les lésions modérées, la composition minérale avait une teneur plus élevée en Ca, P et Cl.</p> <p>⇒ L'attaque à l'acide a augmenté la présence de fissures et de pores profonds dans la structure de l'émail lésé.</p> <p>⇒ L'émail avec MIH, même sur des surfaces cliniquement intactes, présente de graves altérations de l'ultrastructure et des changements dans la composition ionique, qui affectent le motif de mordantage à l'acide et peuvent interférer avec l'adhérence.</p>	
	(37 %)		<p>Essai clinique</p> <p>Critères d'inclusion :</p> <p>- FPM atteintes de MIH nécessitant une restauration sur au moins 2</p>	<p>Evaluer les effets cliniques de la déprotéinisation de l'émail hypominéralisé et de différentes conceptions de cavités sur les</p>	2017 SONMEZ (12)

			<p>surfaces, associée à une lésion carieuse, sans signe clinique d'infection, conservable</p> <p>-</p> <p>- Émail hypominéralisé de couleur crème/jaunâtre près des bords de la cavité ou un défaut limité en surface</p> <p>- Relations occlusales et de contact normales avec les dents opposées et adjacentes.</p>	<p>performances des restaurations en composite placées dans les cavités des molaires atteintes de MIH.</p> <p>⇒ L'échec des restaurations était prédominant dans le groupe où du tissu hypominéralisé a été laissé autour des cavités.</p> <p>⇒ La déprotéinisation de l'émail hypominéralisé s'est avérée améliorer les taux de rétention des restaurations en composite.</p>	
30	(37 %)		<p>Essai clinique :</p> <p>Molaires non cariées avec opacités amélaire sans pertes post-éruptives d'émail</p>	<p>Evaluer, avec un suivi de 4 ans, du taux de rétention des sealants appliqués au niveau des sillons sur des molaires MIH (présentant des opacités) en utilisant deux méthodes d'application différentes (utilisation d'un adhésif (5^{ème} génération) avant application, ou de la technique etch and seal classique)</p> <p>⇒ Une rétention accrue du sealant dans le temps a été observée lors de l'utilisation d'un adhésif sur les</p>	2009 LYGIDAKIS (13)

				dents hypominéralisées avant application du sealant comparée à la technique etch and seal classique.	
	(35 %)		1ères molaires permanentes atteintes de MIH (selon les critères de jugement de Weerheijm) et ayant 3 zones d'hypominéralisation adaptées pour l'expérience.	<p>Déterminer si la déprotéinisation, utilisée en pré-traitement des dents MIH, affecte l'infiltration des résines de scellement ; les échantillons sont classés au hasard en 3 groupes :</p> <p>Contrôle : mordançage/scellement, 1) 5 % NaOCl/mordançage/scellement, 2) 5 % NaOCl/scellement (sans mordançage)</p> <p>⇒ Il n'y a pas de différence significative dans les résultats obtenus avec le groupe Contrôle et le groupe 1. L'utilisation de NaOCl n'ajoute donc rien au succès de la technique.</p> <p>⇒ Il y a une différence significative entre les résultats du groupe Contrôle et le groupe 2.</p>	2012 GANDHI (14)

				<p>L'omission de mordantage compromet l'efficacité du traitement.</p> <p>⇒ Il y a une forte probabilité (presque 50 %) d'obtenir un scellement de qualité « mauvaise » sur un émail MIH quelque soit le type de traitement réalisé.</p>	
	(37,5 %)		<p>Essai clinique : FPM atteintes de MIH avec PEB ou restaurations insatisfaisantes, cariées ou non, en excluant les malformations de l'émail associées à des syndromes, la fluorose dentaire, les FPM avec couronnes détruites, l'amélogénèse imparfaite et les appareils orthodontiques fixes.</p>	<p>Evaluer la survie clinique des restaurations directes en résine composite dans les FPM atteintes de MIH, en comparant deux systèmes adhésifs (SAM2, MR2).</p> <p>⇒ Il n'y a aucune différence significative dans la survie clinique des restaurations des FPM affectées par MIH quelque soit le système adhésif utilisé (SAM2 ou MR2) au bout de 18 mois.</p>	2017 De SOUSA (15)

	(32 %)		<p>Dents extraites pour raison carieuse ou orthodontique, avec émail hypominéralisé défini comme un défaut délimité blanc, jaune ou brun mesurant au moins 2mm de diamètre.</p> <p>Seules les dents sans signes d'effondrement postéruptif ont été utilisées.</p>	<p>Evaluer in vitro l'effet de l'hypochlorite de sodium à 5,25 % (NaOCl) sur la force de liaison des résines de scellement à l'émail hypominéralisé en comparant différents traitements de surface (mordançage seul, pré-traitement au NaOCl, post-traitement au NaOCl), soumis à l'émail sain et l'émail hypominéralisé.</p> <ul style="list-style-type: none"> ⇒ La résistance au cisaillement de l'émail hypominéralisé en mordançage seul et avec prétraitement au NaOCl était significativement plus faible comparé à l'émail sain. ⇒ L'application de NaOCl après mordançage a augmenté de manière significative la résistance au cisaillement de l'émail hypominéralisé menant à des valeurs similaires à l'émail sain. ⇒ La spectrophotométrie a confirmé que le NaOCl éliminait 	2020 YANG (7)
--	--------	--	---	---	---------------

				significativement plus de matière organique dans l'émail hypominéralisé.	
	(37 %)		Essai clinique : Dents antérieures atteintes de MIH avec des opacités jaunes-brunes plus ou moins développées chez des patients de 11, 12 et 7ans respectivement	Présenter la technique « etch-bleach-seal », d'analyser ses avantages et ses inconvénients, et de proposer quelques améliorations au protocole original, sur la base de trois rapports de cas. ⇒ La technique peut être indiquée pour le traitement des opacités antérieures jaunes-brunes des dents atteintes de MH ⇒ La combinaison des trois techniques « microabrasion/etch- bleach step/Icon infiltration » peut être utile pour le traitement des opacités antérieures jaunes-brunes des dents atteintes de MIH. ⇒ Le gain esthétique n'est jamais garanti pour les opacités.	2017 Prud'homme (16)

	(35 %)		<p>Essai clinique :</p> <p>FPM atteintes de MIH nécessitant une restauration (PEB, restauration antérieures non satisfaisantes)</p>	<p>Evaluer, de part un essai clinique randomisé, la survie des restaurations directes (selon un système avec mordançage préalable à l'adhésif et un système auto-mordançant) sur les FPM atteintes de MIH et de leur impact sur la douleur dentaire autodéclarée et l'anxiété dentaire.</p> <p>⇒ Les deux protocoles de restauration ont présenté une longévité similaire, diminuant les niveaux de douleur et d'anxiété autodéclarés.</p> <p>⇒ La réduction de la douleur a été observée plus tôt dans le protocole d'auto-mordançage (à 1mois contre 6mois).</p>	2021 ROLIM (17)
	(37,5 %, 35 %)		<p>Molaires ou incisives extraites atteintes de MIH.</p> <p>Critères d'inclusion :</p> <p>- Émail MIH : dents sans caries avec une zone affectée >1cm² (lésion</p>	<p>Evaluer l'adhérence du composite aux tissus dentaires durs atteints de MIH en considérant 3 axes :</p> <p>1. L'adhérence à l'émail et à la dentine pour les molaires saines et celles affectées</p>	2018 KRAMER(5)

			<p>légère à modérée), pas de défauts de surface type fissures.</p> <p>- Dentine MIH : spécimens sans caries avec des défauts modérés à sévères et un revêtement d'émail partiellement perdu.</p>	<p>2. La différence entre l'auto-mordançage et le mordançage-rinçage des adhésifs</p> <p>3. L'influence de l'application de NaOCl ou NaOCl/Icon</p> <p>⇒ Les valeurs d'adhérence les plus élevées ont été enregistrées avec des échantillons de dentine. Les résultats étaient indépendants de l'adhésif et du substrat dentinaire. Les échantillons d'émail sain présentaient des valeurs d'adhérence significativement plus élevées que l'émail MIH.</p> <p>⇒ Le SAM2 (Clearfil SE Bond) et le MR2 (Scotchbond Universal) ont montré les valeurs les plus faibles dans les échantillons d'émail affectés. Le MR3 (OptiBond FL), sur l'émail affecté, a montré de meilleurs résultats que le SAM2.</p>	
--	--	--	--	---	--

				<p>⇒ Un prétraitement supplémentaire de l'émail affecté avec du NaOCl ou du NaOCl/Icon n'a pas amélioré la liaison à l'émail, cependant il a causé moins d'échecs au pré-test.</p> <p>⇒ Les analyses micromorphologiques ont révélé que le mordantage conventionnel à l'acide phosphorique produit un motif de mordantage beaucoup moins prononcé dans l'émail affecté. La structure poreuse a été identifiée comme « maillon faible » de la liaison résine-émail.</p>	
90, 120, 120x2		(15 %)	FPM extraites diagnostiqués cliniquement comme étant atteints de MIH (selon Weerheijm). Les échantillons ont été classés en légers, modérés et sévères en notant la zone la plus gravement	Déterminer l'épaisseur de la couche de surface des lésions hypominéralisées de l'émail et étudier l'effet de l'infiltration de résine (ICON) sur les propriétés mécaniques de ces lésions.	2017 KUMAR(2)

			touchée en fonction de la couleur, de la présence ou de l'absence de PEB et de l'étendue de la lésion.	⇒ Il y avait une variation marquée dans l'épaisseur de la couche de surface des lésions hypominéralisées. L'infiltration de résine n'a pas augmenté la microdureté de manière significative.	
120		(15 %)	Essai clinique : Dents ayant des lésions de type « white spots » : caries dentaires, défauts de développement de l'émail (DDE), dont les dents atteintes de MIH, ou déminéralisations post-orthodontiques (POD).	Evaluer cliniquement l'efficacité à masquer les « white spots » d'une technique d'infiltration de résine récemment développée (ICON) pour arrêter les caries naissantes dans un concept micro-invasif. ⇒ 25 % des lésions des dents atteintes de DDE ont été masquées, contre 35 % et 40 % qui ont été partiellement masquées ou inchangées respectivement. ⇒ 61 % des lésions des dents atteintes de POD ont été masquées contre 33 % et 10 % qui	2011 KIM (18)

				ont été partiellement masquées ou inchangées respectivement.	
Non renseigné	(35 %)		- opacités jaunes-brunes - pertes post-éruptives d'émail et échec de restauration	<p>Comparaison de la résistance au cisaillement d'un collage sur émail sain et émail atteint de MIH selon deux types de système adhésif (3M ESPE single bond, Clearfil SE Bond)</p> <p>⇒ La résistance au cisaillement d'un composite collé sur émail hypominéralisé est significativement plus faible comparé à un collage sur émail sain. Cela s'explique par l'observation de la surface mordancée et de l'interface émail-adhésif.</p>	2006 WILLIAM (8)

				<p>⇒ Le type de fracture est essentiellement cohésif pour l'émail hypominéralisé et essentiellement adhésif pour l'émail sain.</p> <p>⇒ Le mordantage à l'acide phosphorique produit des porosités prismatiques et inter-prismatiques profondes dans l'émail sain, alors que pour l'émail hypominéralisé les porosités sont peu profondes.</p> <p>L'adhésif auto-mordançant n'affecte que très peu l'émail sain alors que l'émail hypominéralisé montre une surface mordancée mais avec des porosités peu profondes.</p> <p>⇒ L'interface émail-adhésif contrôle présente une couche hybride d'épaisseur uniforme, alors que celle de l'émail hypominéralisé est poreuse avec des fissures.</p>	
--	--	--	--	---	--

	(30 %)		Premières molaires extraites avec un diagnostic de MIH (sévérité de l'hypominéralisation non précisé)	Examiner l'émail sain et hypominéralisé à l'aide du MEB, des mesures de dureté et de la microanalyse aux rayons X. ⇒ Les propriétés mécaniques de l'émail des dents atteintes de MIH sont significativement plus faibles que celles de l'émail sain. Ces propriétés varient en fonction des propriétés chimiques et morphologiques.	2010 Fagrell (6)
--	--------	--	---	--	------------------

Source : Auteur, 2022.

L'article de Lagarde *et al.* (19), n'a pas été intégré au tableau car les auteurs procèdent eux aussi à l'élaboration d'une revue systématique de la littérature où ils intègrent les différentes publications détaillées ci-dessus.

D'après le tableau 1, dans les articles sélectionnés, deux types d'acide ont été utilisés pour le mordantage des dents atteintes de MIH selon différentes concentrations : l'acide chlorhydrique (15 %) et l'acide phosphorique à différentes concentrations (30 %, 32 %, 35 %, 37 % ou 37,5 %).

L'acide chlorhydrique est appliqué dans un cas pendant 120 secondes et dans l'autre cas avec des étapes successives de 90 et 120 secondes. Pour l'acide phosphorique, on peut noter des applications de 10, 15, 20 ou 30 secondes. Dans les articles de Fagrell (6) et celui de William (8), le temps de mordantage utilisé n'est pas mentionné.

L'acide phosphorique est, selon le tableau, l'acide le plus utilisé pour réaliser un mordantage. De plus, le temps de mordantage amélaire le plus recensé est de 30 secondes.

A partir de ces résultats, nous allons élaborer un protocole.

1.3 Élaboration d'un protocole

Après étude des articles, un protocole a été réalisé afin de mener un travail de recherche en laboratoire. L'objectif est de nous permettre d'observer au MEB des échantillons de dents atteintes de MIH traitées par les différents temps de mordantage recensés.

Voici le protocole retenu :

1. Sélection des échantillons
2. Inclusion des échantillons dans de la résine (Plexcil A6)
3. Utilisation du logiciel FIJI pour définir le meilleur plan de coupe des échantillons dans le but d'avoir plusieurs tranches d'une même tâche d'hypominéralisation sur lesquelles appliquer les différents temps de mordantage
4. Polissage des échantillons avec des disques à granulométries décroissantes pour la vue au MEB
5. Photo des échantillons polis
6. Mordantage sur les tranches photographiées et déprotéinisation de façon à avoir :
 - Echantillon contrôle atteint (sans etching, sans déprotéinisation)
 - Echantillon atteint avec déprotéinisation de 60 secondes
 - Echantillon atteint avec :
 - Etching à l'acide orthophosphorique à 37 %
 - 20 secondes
 - 30 secondes
 - Etching à l'acide orthophosphorique à 37v% + déprotéinisation de 60 secondes
 - 20 secondes
 - 30 secondes

7. Déshydratation : 4 bains de l'éthanol (25 % ; 50 % ; 75 % puis 95 %) et bain final à 100 %
8. Passage au métalliseur
9. Observation des échantillons au MEB

2 : Résultats

2.1 Photos de l'échantillon

Après sélection de l'échantillon, inclusion sous résine, et analyse avec le logiciel FIJI, nous avons déterminé un plan de coupe horizontal optimal. Ensuite, des tranches ont été réalisées de façon à avoir plusieurs échantillons d'une même tâche d'hypominéralisation d'une même dent.

Figure 2 : Photos de la dent atteinte sélectionnée vue au microscope polarisé



Figure 2a : face distale Figure 2b : face mésiale Figure 2c : face palatine Figure 2d : face vestibulaire

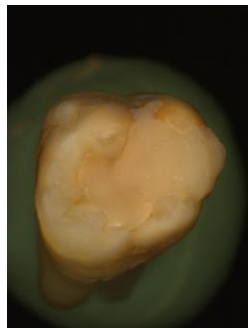


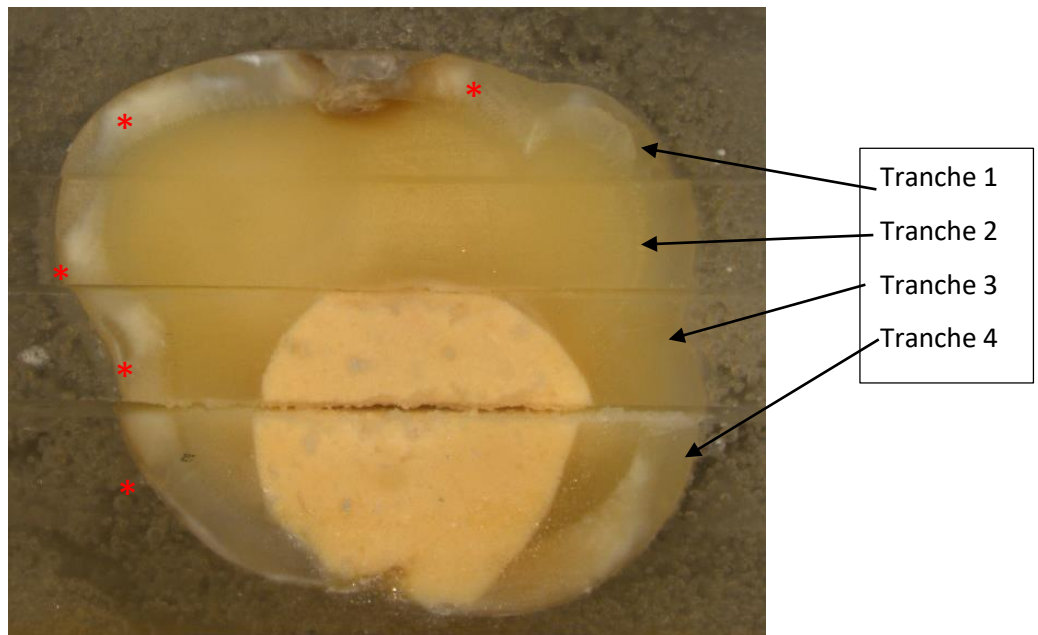
Figure 2e : face occlusale

Source : Auteur, 2021.

La dent sélectionnée ci-dessus est une dent maxillaire atteinte de MIH sur laquelle un soin occluso-distal a été réalisé à l'aide de ciment verre ionomère, puis qui a été extraite pour des raisons orthodontiques.

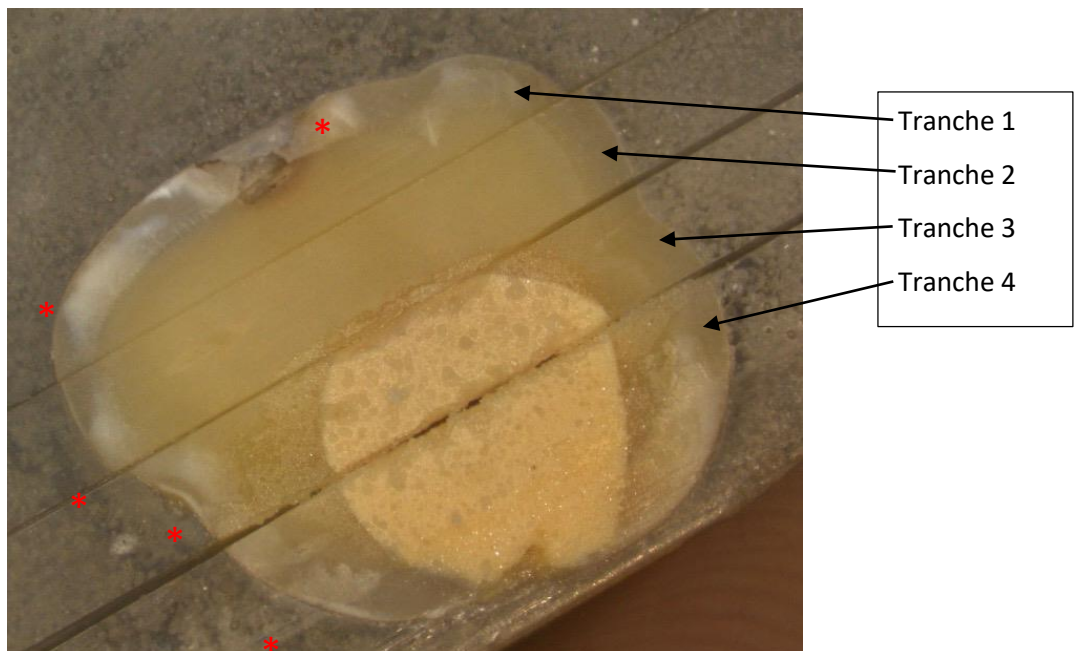
Nous pouvons observer des tâches opaques blanches/jaunes-brunes, correspondant aux zones d'hypominéralisation, sur toutes les faces. Des tranches ont été créées de façon à avoir sur chacune d'elles une partie des zones hypominéralisées (cf. figure 3, 4). Les zones hypominéralisées sont marquées d'une étoile rouge (*)

Figure 3 : Photo de l'échantillon de la dent atteinte sélectionnée coupé en tranches et vu au microscope polarisé



Source : Auteur, 2021.

Figure 4 : Photo de l'échantillon de la dent atteinte sélectionnée coupé en tranches vu au microscope non polarisé



Source : Auteur, 2021.

2.2 Images des différentes tranches vues au MEB : observation

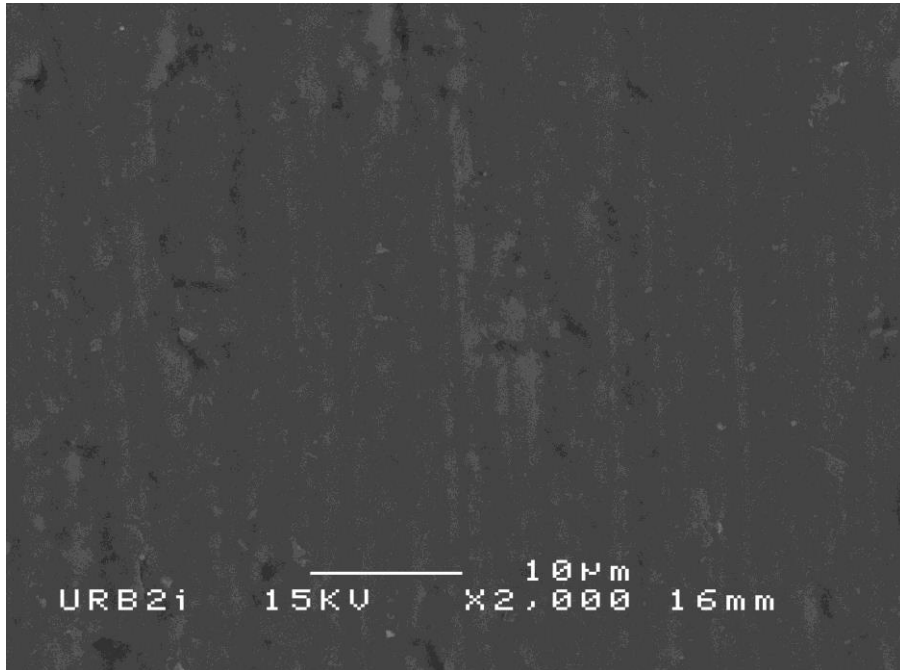
Suite à la mise en œuvre du protocole, une séance d'observation au MEB a été programmée au laboratoire URB2i, l'unité de Recherche en Biomatériaux Innovants et Interfaces hébergé par l'UFR d'odontologie de l'Université de Paris Cité (site Montrouge). L'observation des différentes tranches a été faite sous le même grossissement.

Après mordançage à l'acide orthophosphorique à 37 % et déprotéinisation sur les zones hypominéralisée des différentes tranches, nous avons obtenu :

- Tranche 1 : mordançage de 30 secondes sur la partie gauche et mordançage de 30 secondes suivi d'une déprotéinisation de 60 secondes sur la partie de droite,
- Tranche 2 : mordançage de 20 secondes, suivi d'une déprotéinisation de 60 secondes,
- Tranche 3 : déprotéinisation de 60 secondes uniquement,
- Tranche 4 : contrôle ; sans mordançage ni déprotéinisation.

Pour des raisons de ressources, la tranche du même échantillon avec mordançage de 20 secondes sans déprotéinisation n'a pas pu être réalisée. Cependant, le Dr. Marianne Lagarde a pu réaliser dans ces travaux précédents un mordançage à l'acide orthophosphorique (35 %) d'un échantillon d'email hypominéralisée atteint de MIH. Nous avons intégré son travail à la suite de nos observations (cf. figure 10).

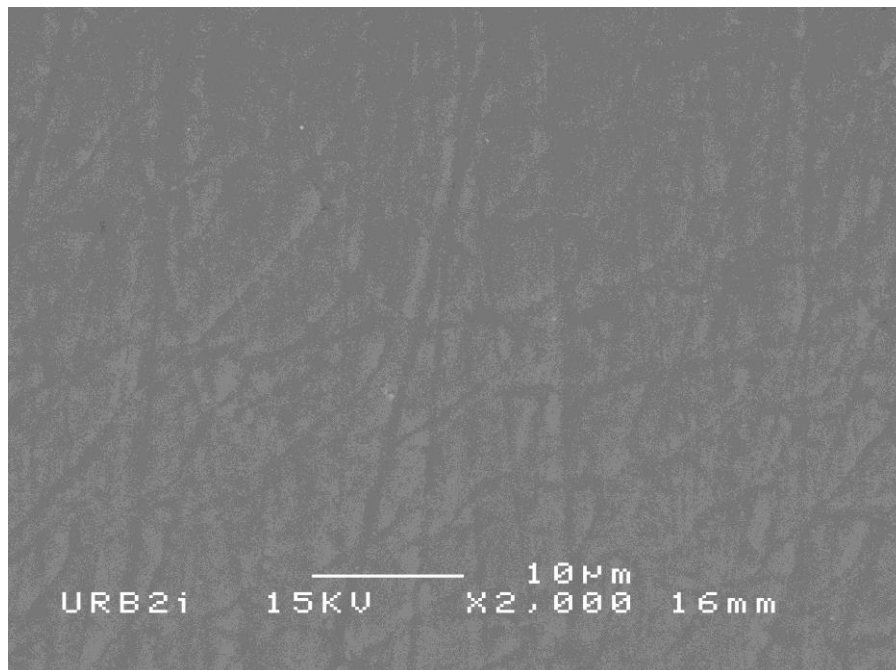
Figure 5 : Tranche contrôle (zone hypominéralisée sans mordantage, sans déprotéinisation) au MEB



Source : Auteur, 2021.

Sur la figure 5, en observant la tranche contrôle (zone hypominéralisée sans mordantage, sans déprotéinisation), nous devinons une structure prismatique, sans toutefois individualiser les prismes de manière évidente. Le motif prismatique est peu marqué.

Figure 6 : Tranche échantillon atteint avec déprotéinisation de 60 secondes au MEB



Source : Auteur, 2021.

Sur la figure 6, après une déprotéinisation de 60 secondes de la zone hypominéralisée, la structure prismatique de l'émail est davantage visible, mais de la même manière que sur la figure 5 (sans mordantage ni déprotéinisation), l'aspect est imprécis et la microstructure est difficilement caractérisable.

Figure 7 : Tranche échantillon atteint avec mordantage à l'acide orthophosphorique de 30 secondes
au MEB

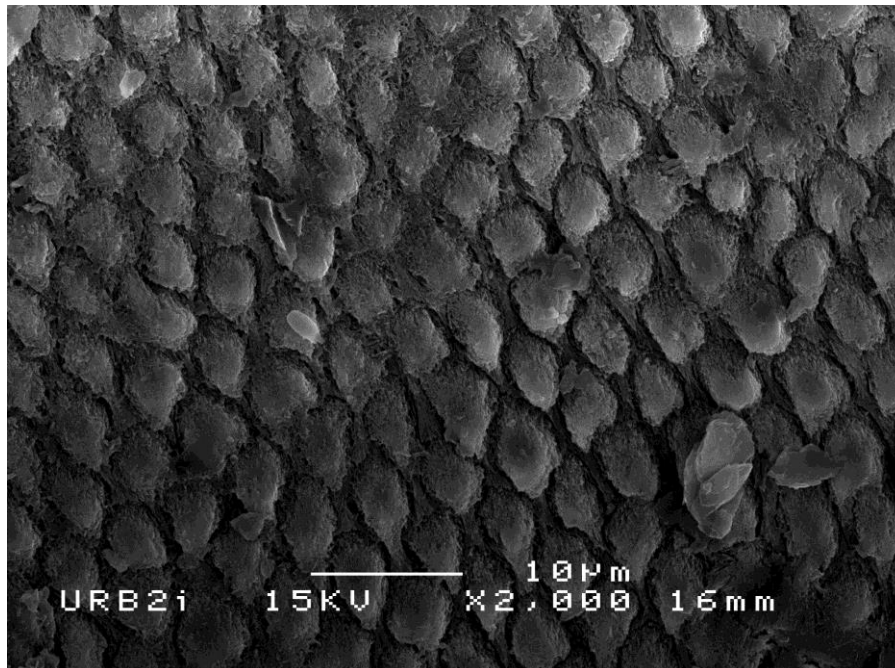


Figure 7a : localisation amélaire externe

Sur la figure 7a, située sur la zone la plus externe de l'émail hypominéralisé et avec un mordantage à l'acide phosphorique pendant 30 secondes sans déprotéinisation, nous pouvons appréhender distinctement la structure prismatique et interprismatique. Il y a une dissolution par l'acide intra- et inter-prismatique. Nous observons aussi que les prismes ont un aspect émoussé (dissolution intra-prismatique) et sont individualisables (dissolution inter-prismatique).

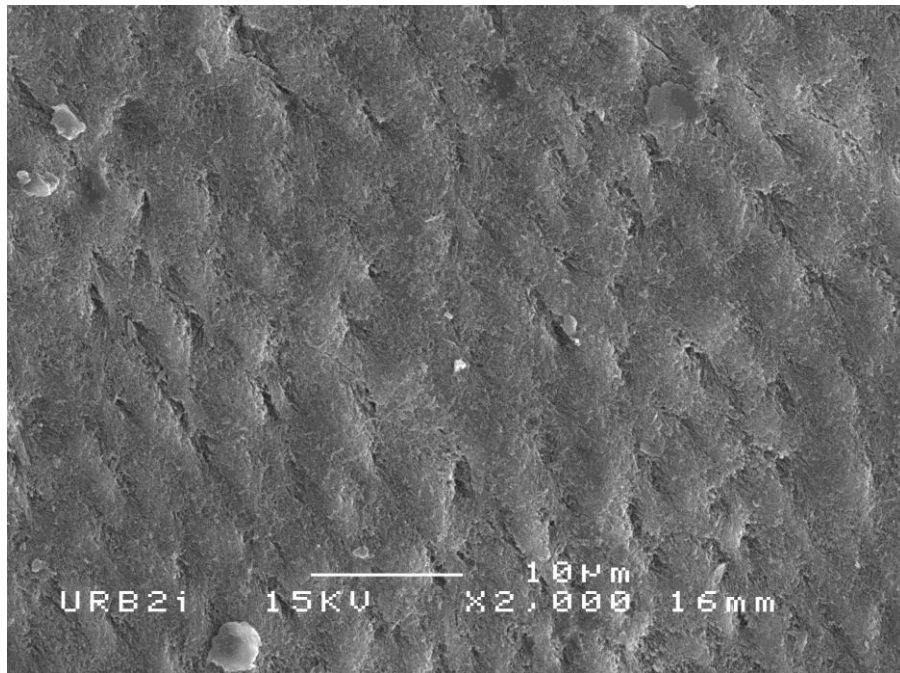
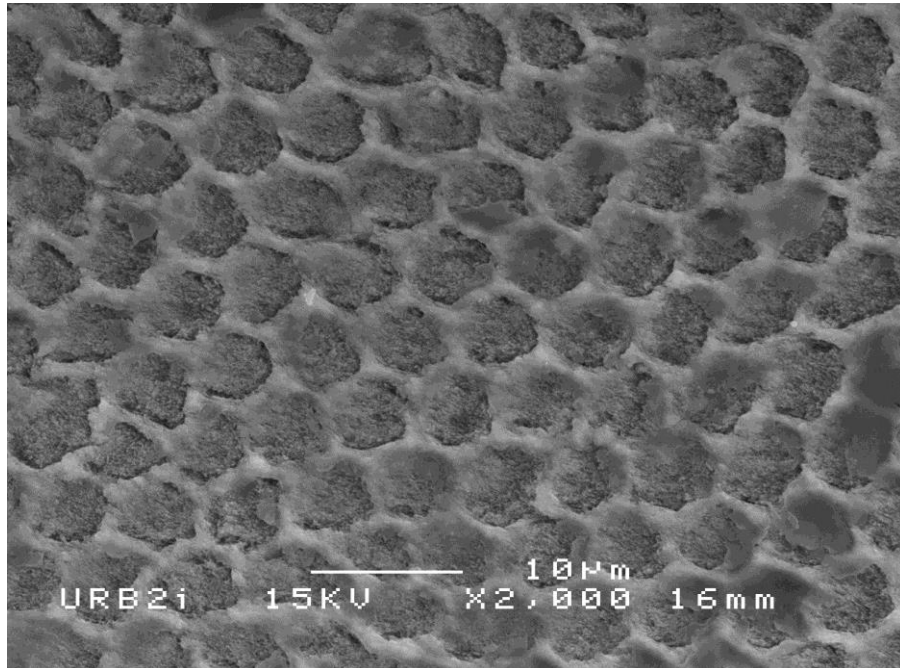


Figure 7b : localisation amélaire interne

Source : Auteur, 2021.

Sur la figure 7b, située sur une zone plus interne de l'émail hypominéralisée et avec un mordantage à l'acide phosphorique pendant 30 secondes sans déprotéinisation, il n'y a pas de structure prismatique définie. Nous pouvons deviner la présence d'un résidu assimilable à la boue dentinaire qui rend la caractérisation de la structure confuse.

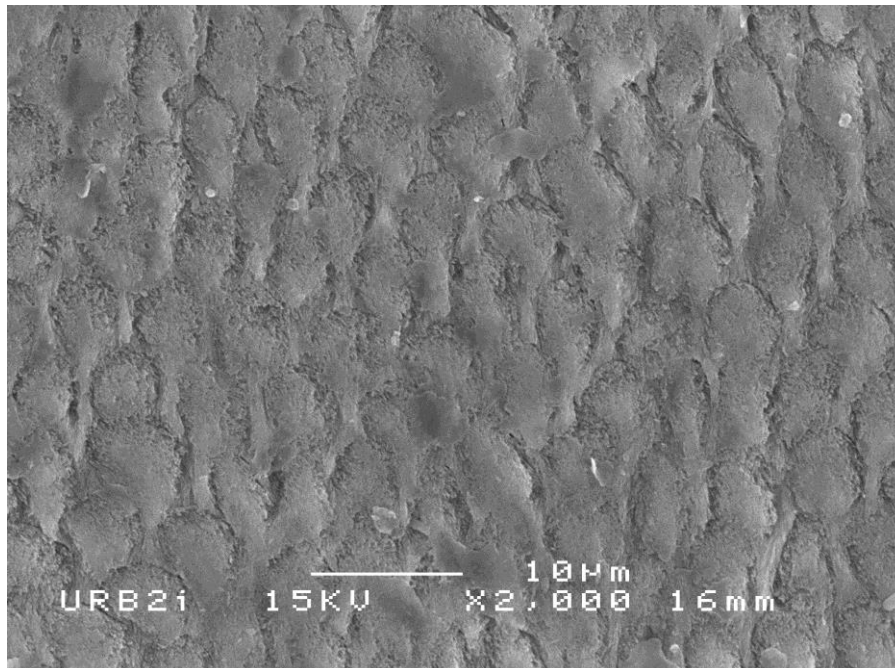
Figure 8 : Tranche échantillon atteint avec etching à l'acide orthophosphorique de 20 secondes et déprotéinisation de 60 secondes au MEB



Source : Auteur, 2021.

Sur la figure 8, avec un mordantage à l'acide phosphorique de 20 secondes et une déprotéinisation de 60 secondes, nous distinguons distinctement une structure prismatique et interprismatique. Il y a une dissolution intra-prismatique plus importante que la dissolution inter-prismatique et un motif de mordantage assimilable à l'effet « velcro » recherché par la procédure.

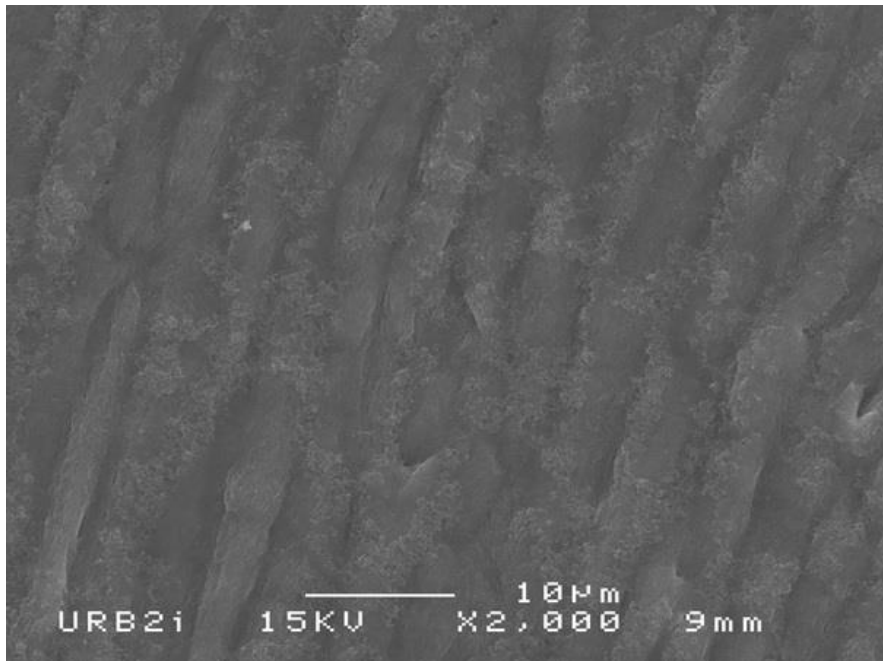
Figure 9 : Tranche échantillon atteint avec etching à l'acide orthophosphorique de 30 secondes et déprotéinisation de 60 secondes au MEB



Source : Auteur, 2021.

Sur la figure 9, après un mordantage de 30 secondes suivi d'une déprotéinisation de 60 secondes sur l'émail hypominéralisé, nous pouvons déceler une structure prismatique, mais le motif « velcro » n'est pas aussi caractérisable, les reliefs n'étant pas aussi marqué que sur la figure 8 avec un mordantage de 20 secondes suivi d'une déprotéinisation de 60 secondes.

Figure 10 : Image vue au MEB d'un émail MIH après mordantage de 20 secondes avec de l'acide orthophosphorique à 35 %



Source : Dr. Lagarde, 2021.

Sur la figure 10, après un mordantage de 20 secondes sur l'émail hypominéralisé, sans déprotéinisation, nous pouvons déceler une structure prismatique, ainsi qu'une certaine dissolution inter-prismatique. Ici encore, le motif de dissolution classique n'est pas nettement caractérisable, et semble recouvert d'une boue dentinaire.

3 : Analyse : comparaison des résultats avec les images de la littérature

Dans la littérature, différentes analyses de l'émail hypominéralisé atteint de MIH ont montré des changements morphologiques, chimiques et mécaniques, comparé à l'émail sain.

3.1 Rappels : morphologie de l'émail sain et de l'émail hypominéralisé

Durant l'amélogénèse, les améloblastes sans prolongement de Tomes sécrètent d'abord une couche d'émail aprismatique au contact de la dentine. Ensuite, les prolongements de Tomes vont quant à eux sécréter des prismes d'émail et une substance interprismatique composés de cristaux d'hydroxyapatite, formant ainsi, de façon bien organisée la structure prismatique de l'émail. Entre les prismes, une gaine de nature protéique est constituée ; celle-ci se comblera de matière minérale après maturation. Enfin, une dernière couche d'émail aprismatique est formée en surface (cf. figure 10).

Figure 11 : Schéma des différentes couches amélares

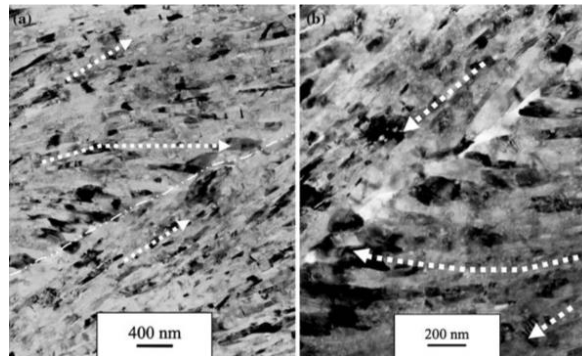


Source : Dr. Lagarde, 2021.

L'émail sain est donc constitué majoritairement de matière minérale, comprenant des cristaux d'hydroxyapatite $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{OH})$ organisés en prismes d'émail. Nous pouvons donc y trouver du calcium, du phosphate, de l'oxygène et de l'hydrogène. A cela s'ajoute une certaine quantité de carbonate, sodium, magnésium, chlorure, potassium et fluor. La matière organique ne représente qu'1 % de sa composition.

L'émail atteint de MIH ne présente pas les caractéristiques typiques de la structure prismatique présentée ce-dessus. En effet, Xie *et al.* ont montré à l'aide du MET que la gaine entre les prismes d'émail était plus large que celle de l'émail sain (cf. figure 12, 13) (4).

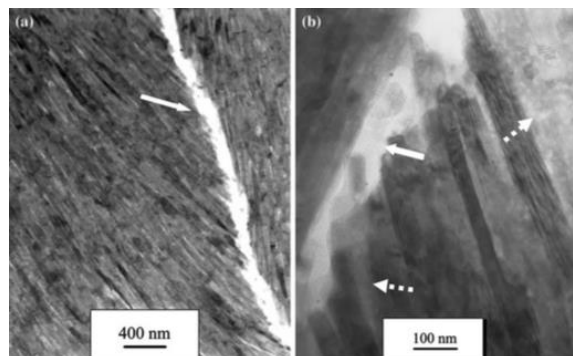
Figure 12 : Image d'un émail sain vu au MET



- (a) Prismes et gaine étroitement organisés et connectés (ligne en pointillé)
 (b) Prismes et gaine étroitement organisés et connectés, à plus fort grossissement. Les flèches brisées montrent l'orientation des prismes.

Source : Xie et al., « Transmission electron microscope characterisation of molar-incisor-hypomineralisation », 2008.

Figure 13 : Image d'un émail hypominéralisé vu au MET



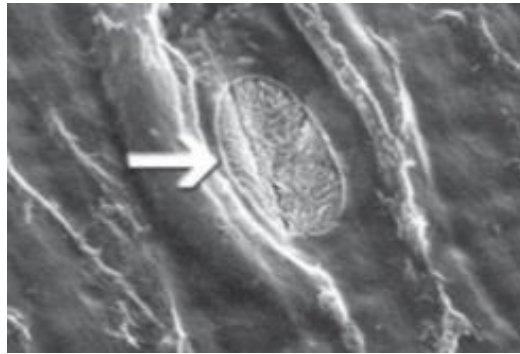
- (a) Gaine entre les prisme plus large comparée à l'émail sain (flèche blanche)
 (b) A plus fort grossissement : gaine faiblement minéralisée (flèche blanche) et zones de faible densité autour de la gaine (flèches brisées)

Source : Xie et al., « Transmission electron microscope characterisation of molar-incisor-hypomineralisation », 2008.

Cliniquement, cela se traduit par des défauts de translucidité et de couleur de l'émail, pouvant présenter des tâches opaques blanches et/ou jaunes-brunes.

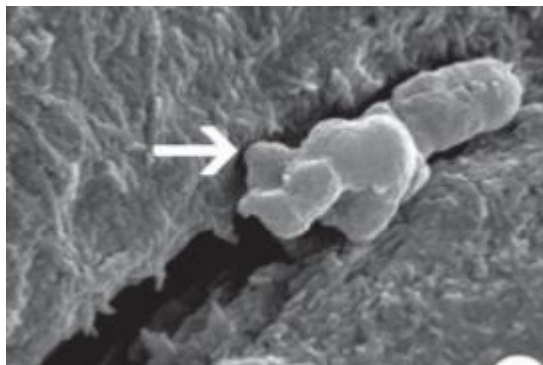
En effet, la microstructure présente des fissures et des porosités en nombre grandissant selon la sévérité de l'hypominéralisation (3). Les prismes d'émail sont moins distincts et les bords moins caractérisables. Il y a un manque d'organisation des cristaux d'émail sur différentes couches donnant un aspect irrégulier. Aussi, la structure interprismatique y est plus importante et la maturation de la gaine protéique autour des prismes est altérée, créant des espaces (cf. figure 14). Par conséquent, l'émail hypominéralisé présente un aspect plus poreux que l'émail sain. D'après Fagrell et al., cette porosité favoriserait le stockage de protéines ainsi que la pénétration de bactéries ; des bactéries peuvent être retrouvées à la surface mais aussi plus profondément, près de la jonction amélo-dentinaire (cf. figure 15). Cela pourrait alors expliquer les hypersensibilités subit par les patients atteints de MIH (3,6).

Figure 14 : Image d'une zone de rupture de la gaine prismatique d'un émail hypominéralisé vue au MEB (grossissement x3000), laissant apparaître les cristallites



Source : Fagrell et al., « Chemical mechanical and morphological properties of hypomineralized enamel of permanent first molars », 2010.

Figure 15 : Image d'une bactérie dans une zone poreuse d'un émail hypominéralisé vu au MEB (grossissement x20 000)



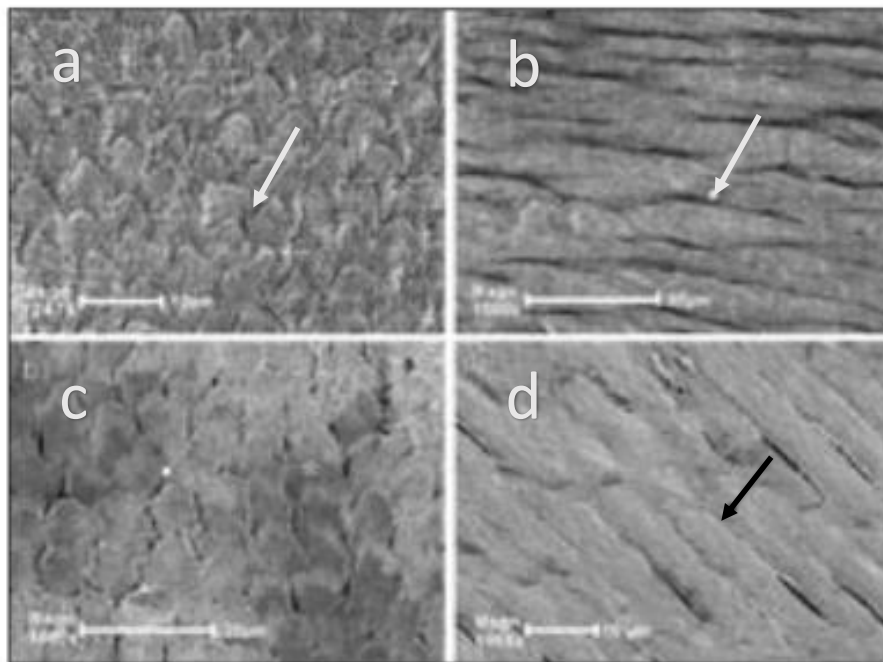
Source : Fagrell et al., « Chemical mechanical and morphological properties of hypomineralized enamel of permanent first molars », 2010.

Ces différences morphologiques nous amènent donc à chercher les effets du mordantage sur l'émail hypominéralisé comparé à l'émail sain.

3.2 Images de la littérature

Dès 2006, William *et al.* montre que le mordantage conventionnel à l'acide phosphorique (35 %), selon un même temps de mordantage, ne produit pas le même schéma de dissolution sur l'émail affectée par rapport à l'émail sain (8).

Figure 16 : Images au MEB d'un émail sain en section perpendiculaire (a) ou longitudinale (b), et d'un émail hypominéralisé en section perpendiculaire (c) ou longitudinale (d) après mordantage à l'acide phosphorique à 35 %

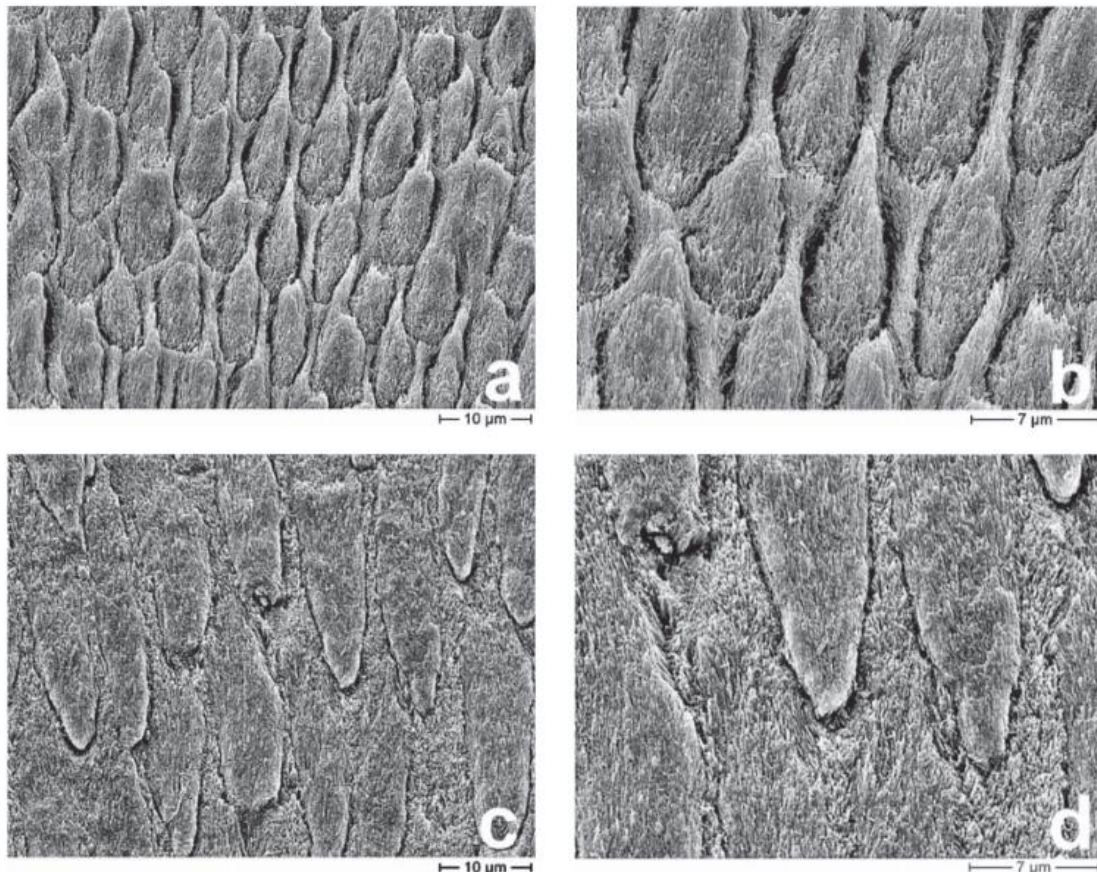


Source : William *et al.*, « Microshear bond strength of resin composite to teeth affected by molar hypomineralization using 2 adhesive systems », 2006.

On peut voir sur la figure 16 au niveau de l'émail sain (a, b) que la dissolution est uniforme, régulière et préférentiellement inter-prismatique (flèches blanches). Sur l'émail MIH (c, d), la dissolution n'est pas uniforme. Le schéma de mordantage recherché est beaucoup moins prononcé dans certaines zones et la dissolution dans les espaces inter-primastiques est moindre (flèche noire).

En 2010, Fagrell *et al.* (6) réitère l'observation au MEB pour comparer la structure de l'émail sain et hypominéralisé après mordantage conventionnel (cf. figure 17). Les résultats sont similaires à ceux de la figure 16. Les prismes d'émail sont moins distincts et les bords moins caractérisables pour l'émail MIH (cf. figure 17c, 17d). Les reliefs recherchés pour un collage efficace ne sont pas présents.

Figure 17 : Images de l'émail sain et de l'émail hypominéralisé d'une première molaire permanente vu au MEB



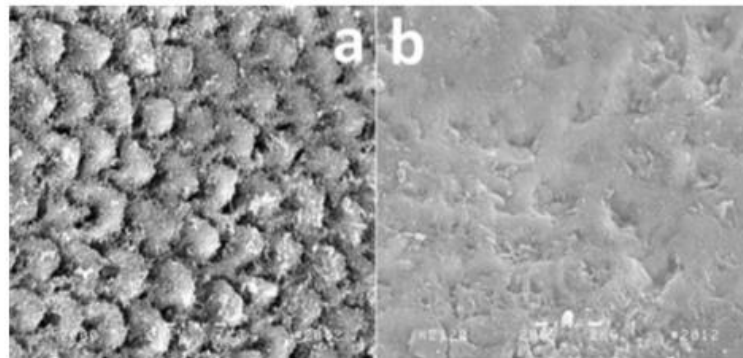
- (a) Email sain avec des prismes d'émail distincts et organisés (grossissement x2000).
- (b) Zone identique à la zone (a) mais avec un grossissement plus élevé (x4000).
- (c) Email hypominéralisé avec prismes d'émail moins distincts (grossissement x2000).
- (d) Zone identique à la zone (c) mais avec un grossissement plus élevé (x4000).

Source : Fagrell *et al.*, « Chemical mechanical and morphological properties of hypomineralized enamel of permanent first molars », 2010.

EN 2018, Krämer *et al.* (5) évaluent l'adhérence du composite à l'émail atteint de MIH. A l'aide d'analyses qualitatives supplémentaires, dont une observation au MEB d'un émail sain (cf. figure 18a) et hypominéralisé (cf. figure 18b) après mordantage de 30 secondes, ils expliquent la raison des

résultats de cette étude. Le mordantage conventionnel de l'émail avec de l'acide phosphorique produit un motif de dissolution beaucoup moins prononcé sur les échantillons affectés.

Figure 18 : Image au MEB d'émail sain (a) et d'émail hypominéralisé (b) après mordantage à l'acide phosphorique (grossissement x2000)

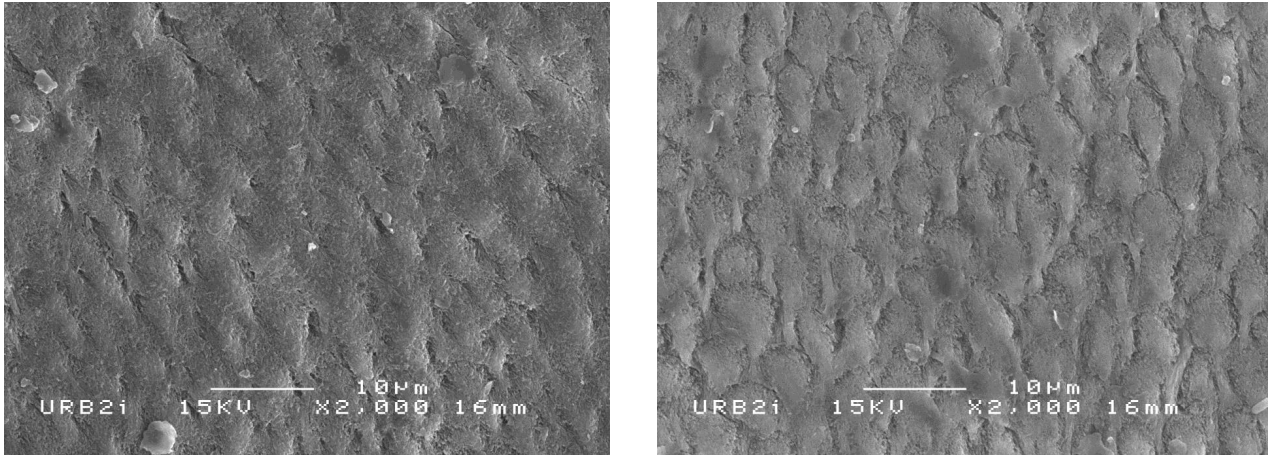


Source : Krämer *et al.*, « Bonding strategies for MIH-affected enamel and dentin », 2018.

Ces images sont cohérentes avec les images réalisées dans notre étude. Après un mordantage conventionnel de 30 secondes à l'acide phosphorique de l'échantillon atteint, la figure 7b montre également une structure prismatique non définie et non caractérisable. La stratégie établie par Buonocore en 1955 (20) pour améliorer l'adhésion sur un émail sain par mordantage à l'acide phosphorique, en créant des micro-rugosités, n'est ici pas efficace. En effet, il explique que les schémas de dissolution requis pour un collage optimal sont très spécifiques (cf partie discussion – types de dissolution). Les dissolutions de type I (intra-prismatique) ou de type II (inter-prismatique) sont nécessaires pour aboutir à un effet « velcro » favorable au collage.

De plus, après mordantage de 30 secondes, nous pouvons constater sur la figure 7b la présence d'une boue dentinaire assez conséquente masquant le relief sous-jacent. En analysant la composition chimique de l'émail hypominéralisé, quelques études ont relevé une augmentation du contenu protéique au détriment du contenu minéral (6,21). Une déprotéinisation après mordantage à l'hypochlorite de sodium à 5 % de concentration ou avec un gel à base de papaine a donc été suggérée pour améliorer le collage en évacuant ces protéines de surface. Des études ont en effet montré une amélioration significative du collage après mise en place d'une déprotéinisation de 60 secondes après le mordantage (5,7,12).

Voici la figure 7b (après mordantage de 30 secondes) et la figure 9 (après mordantage de 30 secondes et déprotéinisation de 60 secondes) :

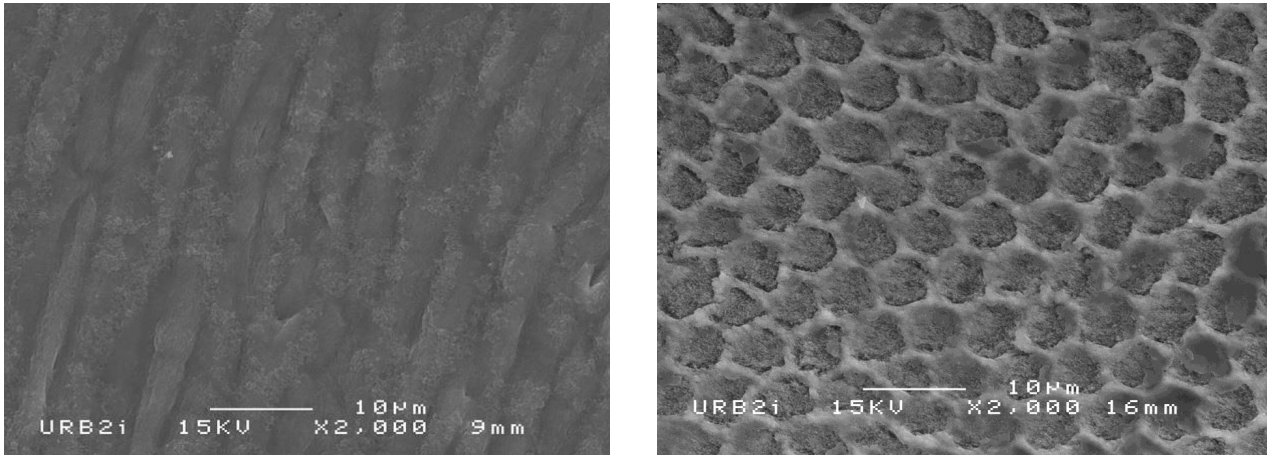


Nous pouvons constater que sur la même tache d'hypominéralisation avec un mordantage équivalent, la déprotéinisation a permis de nettoyer la couche protéique de la surface amélaire. Nous pouvons donc voir apparaître une structure prismatique. Cependant, le motif de dissolution présent n'est toujours pas favorable à un collage optimal : il semble y avoir eu une dissolution de intra- et inter-prismatique (dissolution de type III (20)), les prismes sont émoussés et le relief est moindre.

Après un mordantage de 20 secondes sur un émail MIH (cf. figure 10), la dissolution des prismes s'approche également d'une dissolution de type III, intra- et inter-prismatique, bien que la structure prismatique soit plus facilement caractérisable comparé à la figure 7b après un mordantage de 30 secondes. En effet, dans de récentes études, Bozal et *al.* montrent que sur l'émail atteint, après un mordantage conventionnel, le type de dissolution était principalement celle de type III, peu propice au collage (3).

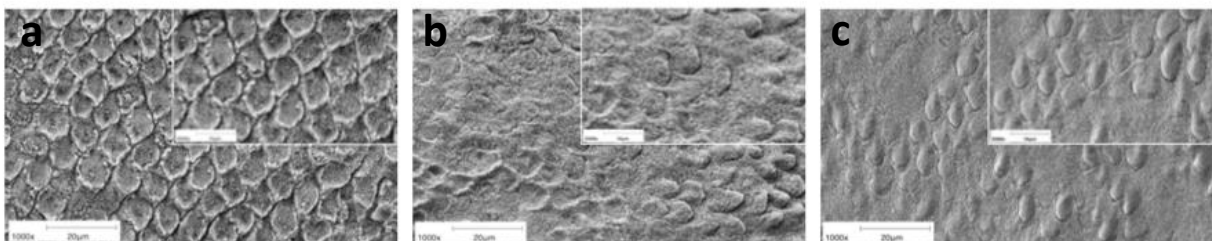
Après un mordantage de 20 secondes suivi d'une déprotéinisation de 60 secondes, nous pouvons plus clairement déceler la structure prismatique. Il y a une dissolution qui se rapproche plus nettement d'une dissolution de type I, majoritairement intra-prismatique, plus favorable au collage. Les reliefs sont plus prononcés, et le motif « velcro » peut être assimilé au motif de mordantage retrouvé sur l'émail sain.

Voici la figure 10 (après mordantage de 20 secondes) et la figure 8 (après mordantage de 20 secondes et déprotéinisation de 60 secondes) :



Dans de très récentes études réalisées par Lee *et al.* et publiées en février 2022 (11), des images au MEB comparent différentes surfaces amélaire après un mordantage de 15 secondes à l'acide phosphorique (37 %) : un émail sain, un émail hypominéralisé comprenant une tâche blanc-crème, et un émail hypominéralisé comprenant une tâche jaune-brune (cf. figure 18). Nous pouvons voir que pour l'émail sain, nous retrouvons un motif de dissolution de type I avec une dissolution essentiellement intra-prismatique. Pour la tâche blanc-crème, le motif de dissolution n'est pas uniforme, avec une dissolution intra- et inter-prismatique (type III). Enfin, concernant la tâche jaune-brune, nous pouvons observer une dissolution clairsemée et irrégulière inter-prismatique.

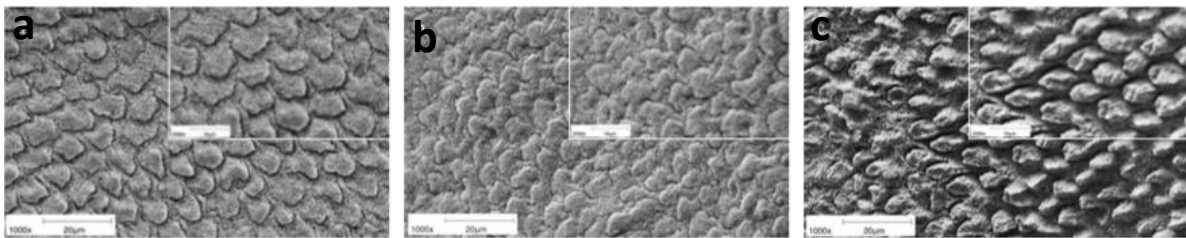
Figure 18 : Images vu au MEB montrant la morphologie de la surface d'un émail sain (a), d'une tâche blanc-crème d'un émail hypominéralisé (b) et d'une tâche jaune-brune d'un émail hypominéralisé (c) après un mordantage de 15 secondes à l'acide phosphotique 37 %



Source : Lee *et al.*, « Evaluation of developmentally hypomineralised enamel after surface pretreatment with Papacarie Duo gel and different etching modes: an in vitro SEM and AFM study », 2022.

Les mêmes observations ont également été réalisées mais avec un prétraitement consistant à déprotéiniser pendant 60 secondes la surface amélaire avec un gel à base de papaïne (molécule issue de la papaye verte) préalablement au mordantage (cf. figure 19). Pour l'émail sain, nous retrouvons encore une fois un motif de dissolution favorable au collage, ici majoritairement inter-prismatique (type II). Pour l'émail hypominéralisé, que cela concerne la tâche blanc-crème ou la tâche jaune-brune, nous pouvons observer un relief de surface beaucoup plus favorable au collage comparé au traitement en l'absence de déprotéinisation. La déprotéinisation a eu pour conséquence le retrait de l'excès de protéines et a mené à un motif de dissolution régulier et prédictible.

Figure 19 : Images vu au MEB montrant la morphologie de la surface d'un émail sain (a), d'une tâche blanc-crème d'un émail hypominéralisé (b) et d'une tâche jaune-brune d'un émail hypominéralisé (c) après une déprotéinisation de 60 secondes avec un gel à base de papaïne suivi d'un mordantage de 15 secondes à l'acide phosphotique 37 %



Source : Lee *et al.*, « Evaluation of developmentally hypomineralised enamel after surface pretreatment with Papacarie Duo gel and different etching modes: an in vitro SEM and AFM study », 2022.

Suite à toutes ces observations, nous pouvons constater qu'avec un traitement de surface conventionnel à l'acide phosphorique pendant 30 secondes, les motifs de dissolution favorables au collage (type I ou II), bien que retrouvés sur un émail sain de façon prédictible, ne sont pas présents lorsque cela concerne un émail MIH hypominéralisé. L'attaque acide aboutit à un motif de dissolution de type III, intra- et inter-prismatique, détruisant les prismes et le relief de collage recherché.

Après diminution du temps de mordantage à 15 ou 20 secondes, les prismes semblent moins émoussés et l'effet « velcro » favorable au collage semble se dessiner de façon plus caractérisable. De plus, un prétraitement par déprotéinisation permet d'éliminer la boue dentinaire assimilée à un excès de protéines et masquant le relief de la surface amélaire. Sur un émail hypominéralisé atteint de MH, un mordantage plus court en temps associé à une déprotéinisation semble donc permettre d'aboutir à un motif de dissolution favorable au collage et assimilable à celui retrouvé sur un émail sain.

4 : Discussion et limites du protocole

4.1 Apparition du terme “MIH”

Le terme MIH est apparu dans la littérature en 2001, suite à l'article publié par Weerheijm *et al.* intitulé *Molar-Incisor Hypomineralisation* (22). En effet, précédemment à cette publication, la désignation de cette anomalie de structure amélaire était caractérisé par différentes dénominations ne permettant pas de définir correctement l'élément étudié. Voici quelques exemples : « mottled enamel », « idiopathic enamel opacities », ou encore « cheese molars ». Ce phénomène était souvent confondu avec d'autres défauts comme les fluoroses ou les « white spots ».

Malgré ces diverses dénominations données notamment au congrès de l'EAPD en 2000 où quatre conférences furent présentées sur des défauts de développement de l'émail, une description clinique similaire du phénomène a permis aux auteurs de statuer sur un nom commun : MIH, soit Molar-Incisor Hypominéralisation. Ce nom désignera dès lors une hypominéralisation de 1 à 4 premières molaires permanentes, fréquemment associé à une atteinte des incisives.

Nous avons donc choisi dans notre revue de littérature d'exclure tous les articles publiés avant 2001, date de la caractérisation du MIH, pour éviter toute confusion.

4.2 Propriété de l'émail atteint de MIH

4.2.1 Contenu protéique

S'il y a une diminution du contenu minéral dans l'émail atteint de MIH, la composition chimique de l'émail reste la même dans les mêmes proportions. Le volume restant le même, il sera comblé par des protéines. Par conséquent, nous pouvons relever une augmentation du contenu protéique dans l'émail atteint (6,21). Le contenu protéique étant plus élevé que celui d'un émail sain, cela engendre en surface un excès de protéines qui entravent le protocole de collage conventionnel.

Des études ayant comparé la déprotéinisation pendant une minute après le mordantage, soit avec de l'hypochlorite à 5 % de concentration soit avec un gel à base de papaïne, ont montré soit une amélioration significative du collage soit une diminution dans le nombre de fractures spontanées avant réalisation du test de cisaillement qui évalue l'adhérence (5,12,19). L'observation des prismes montre un schéma de dissolution s'approchant du schéma observé sur émail sain lorsque l'application d'hypochlorite a lieu après le mordantage (7,19). Cette déprotéinisation est également retrouvée dans les protocoles de collage de l'émail atteint d'amélogenèse imparfaite.

Dans notre protocole, nous avons donc choisi d'appliquer pendant 60 secondes sur certains échantillons un prétraitement à l'hypochlorite de sodium à 5 % après mordantage pour comparer les résultats avec ou sans déprotéinisation de l'émail hypominéralisé.

4.2.2 Couleur de la tâche

Cliniquement, la dent atteinte de MIH présente deux types de défauts : des PEB dues à la fragilité de la structure, et des opacités délimitées de couleur blanches, jaunes, ou brunes.

Bien que la distribution et la caractérisation clinique des MIH soient souvent asymétriques en bouche, la couleur des opacités délimitées de l'émail est systématiquement considérée comme prédictive du risque de rupture post-éruptive (PEB) ; par conséquent, elle est fréquemment utilisée pour déterminer le degré de porosité et la sévérité du MIH (1). Une forme légère et moins poreuse présente souvent des opacités crémeuses/blanches, tandis qu'une forme sévère et plus poreuse se manifeste généralement par des opacités jaunes/brunes qui peuvent avoir subi des PEB étendues et/ou avoir été sujet à des restaurations.

L'échantillon que nous avons recueilli présentait des opacités blanches. Différentes tranches ont été réalisées pour les différentes manipulations requises. Cependant l'idéal aurait été de d'appliquer les différents traitements de surface sur une seule et même tranche afin de comparer à environnement égal les différentes observations au MEB. Par manque de ressources et d'outils, cela n'a pas été réalisable. En effet, il est possible que sur nos tranches, la profondeur de la déminéralisation, les propriétés et la sévérité de l'anomalie ne soit pas exactement similaires, ce qui crée un biais dans l'analyse des résultats.

4.3 Types de dissolution

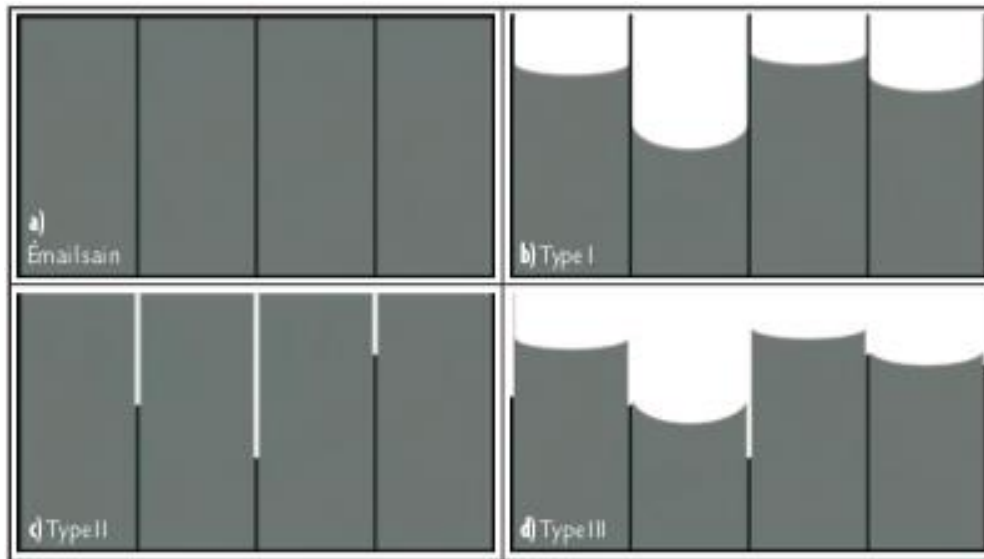
Buonocore a décrit trois types de dissolution des prismes d'émail (20) :

- Type I : dissolution au sein du prisme, intra-prismatique,
- Type II : dissolution autour du prismes, inter-prismatique,
- Type III : dissolution inter- et intra-prismatique.

Les dissolutions de type I et II permettant de recréer l'effet « velcro » sont favorable au collage.

Sur les observations précédentes, ainsi que dans une récente étude étudiant une lésion blanche et une lésion brune (3), nous pouvons constater que le type de dissolution principalement retrouvé avec un traitement de surface conventionnel est celui de type III donc peu propice au collage. Il est donc nécessaire d'approfondir les recherches pour optimiser le collage sur les dents atteintes de MIH.

Figure 20 : Schéma de dissolution de l'émail : (a) émail sain, (b) dissolution de type I, (c) dissolution de type II, (d) dissolution de type III



Source : Dr. Lagarde, 2021.

4.4 Reminéralisation

En comparant les images observées au MEB de l'émail atteint après un mordantage de 30 secondes, sur les figures 7a (localisation externe) et 7b (localisation interne), nous pouvons relever une réelle différence. En localisation externe, le schéma de dissolution est nettement assimilable à l'image qu'on pourrait trouver sur un émail sain, contrairement au schéma retrouvé en localisation interne à l'émail.

Nous pouvons corrélérer cela au phénomène de reminéralisation dont est sujet l'émail externe.

En effet, dans la cavité buccale, il y a un jeu de déminéralisation-reminéralisation. Entre autres, l'utilisation de dentifrices contenant du fluor permettent de favoriser la reminéralisation amélaire, réduire la déminéralisation de l'émail, et d'inhiber le métabolisme des bactéries cariogènes ainsi que la production d'acide.

Il semblerait donc que la lésion d'hypominéralisation soit plus sévère en interne qu'en externe ce qui pourrait expliquer les différentes observations de la figure 7. Nous avons donc préférentiellement utilisé l'image en localisation interne pour l'analyse de nos résultats.

4.5 Manque de ressources et difficulté de manipulation

Le protocole établi a été difficile à mettre en œuvre de part la rareté des échantillons et de la complexité de manipulation.

Comme énoncé ci-dessus, pour pouvoir comparer les résultats avec le moins de biais possible, il aurait été préférable de réaliser chaque traitement de surface sur une même tranche/zone de déminéralisation pour être certain d'étudier l'anomalie dans un même environnement. Cela n'a pas été possible pour nous pour des raisons de ressources, de matériel et d'outils d'analyse.

Aussi, des problèmes de manipulation ne nous ont pas permis de réaliser l'intégralité de notre protocole, notamment le traitement de surface avec une application de 20 secondes d'acide phosphorique sur notre échantillon. Nous nous sommes alors aidé des images au MEB réalisées par le Dr. Marianne Lagarde sur un autre échantillon pour comparer les résultats. L'échantillon, la tâche d'hypominéralisation et l'environnement étant différent, il existe donc, à ce niveau-ci, également un biais dans l'analyse des résultats.

Conclusion

Les changements micro-morphologiques de l'émail hypominéralisé atteint de MIH altère nettement le processus de collage. Les propriétés morphologiques, chimiques et mécaniques étant différents de ceux d'un émail sain, il est donc nécessaire de se demander si un traitement de surface conventionnel est approprié pour un collage efficace.

Après observation au MEB des surfaces amélaire après différents traitement de surface et comparaison avec les images de la littérature, on peut constater qu'après un mordantage conventionnel de 30 secondes à l'acide phosphorique ne produit pas le même schéma de dissolution comparé à un émail sain. L'analyse qualitative de l'émail hypominéralisé au MEB montre déminéralisation intra- et inter-prismatique (dissolution de type III selon Buonocore) menant à une porosité minimale de la surface, loin du motif « velcro » requis. Ces motifs de mordantage ne sont donc pas propices à un collage optimal.

Malgré les biais, nos analyses semblent conduire à l'hypothèse qu'en diminuant le temps de mordantage à 20 ou 15 secondes et en appliquant un pré-traitement par déprotéinisation après mordantage, nous pouvions aboutir à un schéma de dissolution similaire à celui d'un émail sain (dissolution de type I ou II) et donc optimiser l'adhérence pour un collage efficient. Le traitement de surface réalisé sur l'émail MIH ne doit alors pas être similaire à celui réalisé sur un émail sain.

En réunissant toutes les découvertes sur la gestion du MIH, il existe aujourd'hui des lacunes colossales de recherche qu'il reste à combler. Le besoin en soins restaurateurs des dents atteintes de MIH étant grandissant, des analyses complémentaires doivent être opérées pour statuer sur un protocole reproductible et prédictible concernant le traitement de surface de l'émail hypominéralisé.

Bibliographie

1. Weerheijm KL, Duggal M, Mejàre I, Papagiannoulis L, Koch G, Martens LC, et al. Judgement criteria for molar incisor hypomineralisation (MIH) in epidemiologic studies : a summary of the European meeting on MIH held in Athens, 2003. *Eur J Paediatr Dent.* 2003;4(3):110-3.
2. Kumar H, Palamara JEA, Burrow MF, Manton DJ. An investigation into the effect of a resin infiltrant on the micromechanical properties of hypomineralised enamel. *Int J Paediatr Dent.* 2017;27(5):399-411.
3. Bozal CB, Kaplan A, Ortolani A, Cortese SG, Biondi AM. Ultrastructure of the surface of dental enamel with molar incisor hypomineralization (MIH) with and without acid etching. *Acta Odontol Latinoam AOL.* 2015;28(2):192-8.
4. Xie Z, Kilpatrick NM, Swain MV, Munroe PR, Hoffman M. Transmission electron microscope characterisation of molar-incisor-hypomineralisation. *J Mater Sci Mater Med.* 2008;19(10):3187-92.
5. Krämer N, Bui Khac NHN, Lückner S, Stachniss V, Frankenberger R. Bonding strategies for MIH-affected enamel and dentin. *Dent Mater.* 2018;34(2):331-40.
6. Fagrell TG, Dietz W, Jälevik B, Norén JG. Chemical, mechanical and morphological properties of hypomineralized enamel of permanent first molars. *Acta Odontol Scand.* 2010;68(4):215-22.
7. Yang QN, Rosa V, Hsu Ling Hong C, Tan HXM, Shijia Hu. Sodium hypochlorite treatment post-etching improves the bond strength of resin-based sealant to hypomineralized enamel by removing surface organic content. *Pediatr Dent.* 2020;42(5):392-7.
8. William V, Burrow MF, Palamara JEA, Messer LB. Microshear bond strength of resin composite to teeth affected by molar hypomineralization using 2 adhesive systems. *Pediatr Dent.* 2006;28(3):233-41.
9. Ekambaram M, Anthonappa RP, Govindool SR, Yiu CKY. Comparison of deproteinization agents on bonding to developmentally hypomineralized enamel. *J Dent.* 2017;67:94-101.
10. Lee YL, Li KC, Yiu CKY, Boyd DH, Waddell JN, Ekambaram M. Bonding universal dental adhesive to developmentally hypomineralised enamel. *J Adhes Dent.* 2021;23(6):513-25.
11. Lee YL, Li KC, Yiu CKY, Boyd DH, Ekambaram M. Evaluation of developmentally hypomineralised enamel after surface pretreatment with Papacarie Duo gel and different etching modes : an in vitro SEM and AFM study. *Eur Arch Paediatr Dent.* 2022;23(1):117-31.
12. Sönmez H, Saat S. A clinical evaluation of deproteinization and different cavity designs on resin restoration performance in MIH-affected molars : two-Year results. *J Clin Pediatr Dent.* 2017;41(5):336-42.

13. Lygidakis NA, Dimou G, Stamataki E. Retention of fissure sealants using two different methods of application in teeth with hypomineralised molars (MIH) : a 4 year clinical study. *Eur Arch Paediatr Dent.* 2009;10(4):223-6.
14. Gandhi S, Crawford P, Shellis P. The use of a « bleach-etch-seal » deproteinization technique on MIH affected enamel. *Int J Paediatr Dent.* 2012;22(6):427-34.
15. de Souza JF, Fragelli CB, Jeremias F, Paschoal MAB, Santos-Pinto L, de Cássia Loiola Cordeiro R. Eighteen-month clinical performance of composite resin restorations with two different adhesive systems for molars affected by molar incisor hypomineralization. *Clin Oral Investig.* 2017;21(5):1725-33.
16. Prud'homme T, Hyon I, Dajeau Trudaud S, Lopez Cazaux S. Different applicabilities of the etch-bleach-seal technique for treating opacities on permanent incisor damage by molar incisor hypomineralisation in three young patients. *BMJ Case Rep.* 2017;2017.
17. Rolim TZC, da Costa TRF, Wambier LM, Chibinski AC, Wambier DS, da Silva Assunção LR, et al. Adhesive restoration of molars affected by molar incisor hypomineralization : a randomized clinical trial. *Clin Oral Investig.* 2021;25(3):1513-24.
18. Kim S, Kim EY, Jeong TS, Kim JW. The evaluation of resin infiltration for masking labial enamel white spot lesions. *Int J Paediatr Dent.* 2011;21(4):241-8.
19. Lagarde M, Vennat E, Attal JP, Dursun E. Strategies to optimize bonding of adhesive materials to molar-incisor hypomineralization-affected enamel : a systematic review. *Int J Paediatr Dent.* 2020;30(4):405-20.
20. Buonocore MG. A simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surfaces. *J Dent Res.* 1955;34(6):849-53.
21. Farah RA, Swain MV, Drummond BK, Cook R, Atieh M. Mineral density of hypomineralised enamel. *J Dent.* 2010;38(1):50-8.
22. Weerheijm KL, Jälevik B, Alaluusua S. Molar-incisor hypomineralisation. *Caries Res.* 2001;35(5):390-1.

Table des figures

Figure 1 : Flow chart de la revue systématique de littérature	4
Figure 2 : Photos de la dent atteinte sélectionnée vue au microscope polarisé	24
Figure 3 : Photo de l'échantillon de la dent atteinte sélectionnée coupé en tranches et vu au microscope polarisé	25
Figure 4 : Photo de l'échantillon de la dent atteinte sélectionnée coupé en tranches vu au microscope non polarisé.....	25
Figure 5 : Tranche contrôle (zone hypominéralisée sans mordantage, sans déprotéinisation) au MEB	27
Figure 6 : Tranche échantillon atteint avec déprotéinisation de 60 secondes au MEB.....	28
Figure 7 : Tranche échantillon atteint avec mordantage à l'acide orthophosphorique de 30 secondes au MEB	29
Figure 8 : Tranche échantillon atteint avec etching à l'acide orthophosphorique de 20 secondes et déprotéinisation de 60 secondes au MEB.....	31
Figure 9 : Tranche échantillon atteint avec etching à l'acide orthophosphorique de 30 secondes et déprotéinisation de 60 secondes au MEB.....	32
Figure 10 : Image vue au MEB d'un émail MIH après mordantage de 20 secondes avec de l'acide orthophosphorique à 35 %.....	33
Figure 11 : Schéma des différentes couches amélares	34
Figure 12 : Image d'un émail sain vu au MET.....	35
Figure 13 : Image d'un émail hypominéralisé vu au MET	35
Figure 14 : Image d'une zone de rupture de la gaine prismatique d'un émail hypominéralisé vue au MEB (grossissement x3000), laissant apparaître les cristallites.....	36
Figure 15 : Image d'une bactérie dans une zone poreuse d'un émail hypominéralisé vu au MEB (grossissement x20 000).....	36
Figure 16 : Images au MEB d'un émail sain en section perpendiculaire (a) ou longitudinale (b), et d'un émail hypominéralisé en section perpendiculaire (c) ou longitudinale (d) après mordantage à l'acide phosphorique à 35 %.....	37
Figure 17 : Images de l'émail sain et de l'émail hypominéralisé d'une première molaire permanente vu au MEB	38

Figure 18 : Images vu au MEB montrant la morphologie de la surface d'un émail sain (a), d'une tâche blanc-crème d'un émail hypominéralisé (b) et d'une tâche jaune-brune d'un émail hypominéralisé (c) après un mordantage de 15 secondes à l'acide phosphotique 37 %	41
Figure 19 : Images vu au MEB montrant la morphologie de la surface d'un émail sain (a), d'une tâche blanc-crème d'un émail hypominéralisé (b) et d'une tâche jaune-brune d'un émail hypominéralisé (c) après une déprotéinisation de 60 secondes avec un gel à base de papaïne suivi d'un mordantage de 15 secondes à l'acide phosphotique 37 %.....	42
Figure 20 : Schéma de dissolution de l'émail : (a) émail sain, (b) dissolution de type I, (c) dissolution de type II, (d) dissolution de type III.....	45

Table des tableaux

Tableau 1 : Liste des différents temps de mordantage selon le type d'etching retrouvés dans notre revue systématique de la littérature.....	5
---	---

Vu, le Directeur de thèse

Vu, le Doyen de l'UFR d'Odontologie

Docteur Marianne LAGARDE

Professeur Vianney DESCROIX

Vu, le Président d'Université de Paris

Professeur Christine CLERICI

Pour le Président et par délégation,

Le Doyen Vianney DESCROIX

Analyse morphologique de l'émail atteint de MIH selon différents traitements de surface

Inès Quach. Analyse morphologique de l'émail atteint de MIH selon différents traitements de surface. 2022. 52 p. : ill., graph., tabl. Réf. bibliographiques p. 48-49.

Sous la direction de Mme le Docteur Marianne Lagarde

Université Paris Cité
UFR d'Odontologie
1, rue Maurice Arnoux - 92120 Montrouge
5, rue Garancière - 75006 Paris