



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Salah Boubnider – Constantine 3
Faculté de Médecine
Département de Médecine dentaire



N° de Série :

N° d'Ordre :

**INCIDENCE DES TACHES BLANCHES DE L'ÉMAIL AU COURS
DU TRAITEMENT ORTHODONTIQUE
FIXE ET DÉTERMINATION DES FACTEURS DE RISQUE.**

Thèse de Doctorat en Vue de l'Obtention du Diplôme de Docteur en Sciences Médicales

PRESENTEE PAR

DR. MILOUS SABRINA

MAITRE-ASSISTANTE EN ORTHOPEDIE DENTO-FACIALE

PRÉSENTÉE ET SOUTENUE PUBLIQUEMENT LE

16 février 2025

Président du Jury :

Pr. AHMED FOUATIH Nouredine.

Faculté de Médecine d'Oran

Directeur de thèse :

Pr. LARABA Safia

Faculté de Médecine d'Alger

Membres du Jury :

Pr. MEDDAH Souad

Pr. DJEGHRI Hassina

Pr. MOULAI Aissa

Pr. BOUTIAH Toufik

Faculté de Médecine de Blida

Faculté de Médecine de Constantine

Faculté de Médecine d'Oran

Faculté de Médecine d'Annaba

REMERCIEMENTS

**À ma directrice,
Madame le professeur LARABA Safia,
Faculté de médecine d'Alger**

Je tiens à vous adresser mes plus sincères remerciements, pour votre soutien infailible tout au long de ce parcours. Votre grande disponibilité, votre patience et vos conseils éclairés m'ont été d'une aide précieuse.

Je suis particulièrement reconnaissante pour votre capacité à me guider tout en me laissant une grande liberté de recherche. Grâce à vous, j'ai pu développer une véritable passion pour ce domaine et acquérir les compétences nécessaires pour mener à bien ce projet.

J'espère que ce travail aura su honorer la confiance que vous m'avez accordée.

**À notre président et juge,
Monsieur le professeur AHMED FOUATIH Nouredine
Faculté de médecine d'Oran**

Je tiens à vous exprimer ma sincère gratitude pour avoir accepté de présider ce jury. Vos connaissances approfondies dans le domaine de recherche m'ont permis d'enrichir considérablement ma réflexion.

Je suis profondément redevable à l'intérêt que vous avez porté à mon travail.

Vos remarques pertinentes m'aideront à améliorer mes recherches futures.

À notre juge,
Madame le professeur MEDDAH Souad
Faculté de médecine de Blida

*Je suis infiniment sensible à l'honneur que vous me faites en acceptant de
siéger parmi mon jury de thèse.*

*Permettez-moi de vous présenter à travers ce travail le témoignage de mon
grand respect et l'expression de ma profonde reconnaissance*

À notre juge
Madame le professeur DJEGHRI Hassina,
Faculté de médecine de Constantine

Je suis très honorée que vous ayez accepté d'être membre du jury de thèse.

Je vous suis très reconnaissante de l'intérêt porté à ce travail,

De votre aide et soutien inestimable.

Veillez trouver ici le témoignage de ma gratitude et de mon respect.

**À notre juge,
Monsieur le professeur MOULAI Aissa
Faculté de médecine d'Oran**

Je tiens à vous exprimer ma plus sincère gratitude pour avoir accepté de faire partie de mon jury de thèse. Votre gentillesse, votre disponibilité et vos encouragements m'ont été d'un soutien précieux.

À notre juge,
Monsieur le professeur BOUTIAH Tawfik
Faculté de médecine d'Annaba

Je vous exprime ma plus vive gratitude pour l'honneur que vous m'avez fait en acceptant de siéger dans mon jury de thèse.

Votre intérêt pour ce travail m'a profondément encouragé

C'est avec une immense reconnaissance que je remercie toutes les personnes qui m'ont soutenu tout au long de cette recherche.

Je suis particulièrement redevable :

Aux Professeurs LEKHAL et LEMDAOUI qui ont éclairé ma voie en me prodiguant des conseils avisés et en m'orientant vers une méthodologie rigoureuse.

À l'ancien petit patient et l'excellent épidémiologiste, Monsieur KOUACHI pour son concours exceptionnel qui a grandement contribué à la réussite de ce projet.

Je tiens à remercier le Professeur KAMEL pour son aide inestimable en informatique. Enfin, je suis très reconnaissant à mon collègue HALIM pour son soutien constant et ses encouragements.

Je remercie également les enseignants et les résidents du service d'orthopédie dento-faciale de Constantine.

DÉDICACES

Je dédie ce travail à la mémoire de mon père, **Saïd**, dont les rêves et les sacrifices ont toujours été ma source d'inspiration, À ma mère, **Fella**, dont l'amour, la bienveillance et les encouragements constants ont été mon phare. Je leur exprime toute ma gratitude pour leur dévouement sans faille. Que le Tout-Puissant les comble de ses bienfaits

À mon cher époux Abderahim, pour sa patience infinie, son soutien inconditionnel et ses encouragements constants tout au long de ce parcours.

Sa présence à mes côtés a été indispensable à la réalisation de ce travail. Je lui exprime toute ma gratitude et tout mon amour.

À mes frères et sœurs sans exception, vous êtes mon pilier.

Chères Ibtissem et Ahlem, mes complices, mon bonheur sera complet le jour où vous réaliserez tous vos rêves.

TABLE DES MATIÈRES

1. Introduction	1
2. Problématique.....	3
3. Généralités	6
3.1. Émail dentaire	6
3.1.1. Composition de l'émail.....	6
3.1.2. Structure de l'émail.....	7
3.1.3. Vieillessement de l'émail	7
3.1.4. Propriétés de l'émail	8
3.2. Taches blanches de l'émail (WSL)	9
3.2.1. Définition	9
3.2.2. Prévalence	10
3.2.3. Anatomopathologie des taches blanches de l'émail	11
3.2.3.1. Explication optique (aspect macroscopique)	11
3.2.3.2. Aspect histologique (microscopique).....	13
3.2.4. Étiopathogénie des taches blanches de l'émail.....	15
3.2.4.1. Processus de déminéralisation /reminéralisation	15
3.2.4.2. Modèles étiologiques de la lésion carieuse	16
3.2.4.3. Facteurs contribuant directement au développement des taches blanches de l'émail	18
3.2.4.4. Facteurs liés à l'environnement buccal	21
3.2.4.5. Facteurs liés à l'hôte	22
3.2.5. Conséquence et évolution des taches blanches de l'émail.....	22
4. Traitement orthodontique et développement des taches blanches de l'émail	24
4.1. Effet du traitement orthodontique sur le contrôle de la plaque dentaire	24
4.1.1. Modifications quantitatives.....	24
4.1.2. Modifications qualitatives.....	25
4.2. Effet cariogène de la préparation de la surface dentaire avant le collage des brackets.....	26

4.2.1.	Effet du nettoyage	26
4.2.2.	Effet du mordantage	26
4.2.3.	Excès du mordantage	27
4.3.	Effet cariogène du collage.....	28
4.3.1.	Choix des matériaux de collage	28
4.3.2.	Conséquences du collage	29
4.4.	Choix de l'appareil orthodontique fixe	30
4.4.1.	Bagues scellées	30
4.4.2.	Brackets collés	31
4.4.2.1.	Type de brackets utilisés	31
4.4.2.2.	Positionnement des brackets	31
4.4.3.	Différentes techniques de ligature	32
4.5.	Effet de la dépose de l'attache orthodontique sur l'atteinte de l'émail.....	32
4.5.1.	Atteinte amélaire en fonction de la technique de dépose.....	33
4.5.1.1.	Dépose mécanique conventionnelle.....	33
4.5.1.2.	Dépose électrothermique.....	33
4.5.1.3.	Dépose au laser	34
4.5.1.4.	Dépose aux ultrasons	34
4.5.2.	Atteinte amélaire et type de brackets utilisés.....	34
4.5.3.	Effet de l'éviction de l'adhésif sur l'atteinte amélaire.....	35
5.	Diagnostic des taches blanches de l'émail	37
5.1.	Inspection clinique	37
5.1.1.	Examen visuel direct.....	37
5.1.1.1.	Indices d'évaluation des taches blanches de l'émail.....	37
5.1.2.	Photographies numériques	43
5.1.3.	Sondage.....	43
5.1.4.	Transillumination par fibre optique	44
5.2.	Moyens paracliniques.....	45
5.2.1.	Radiographie rétrocoronaire	45

5.2.2.	Aides optiques visuelles directes et indirectes.....	45
5.3.	Systèmes à fluorescence.....	46
5.3.1.	Fluorescence lumineuse quantitative (QLF).....	46
5.3.2.	Caméra LED à fluorescence	46
5.3.3.	Fluorescence par laser infrarouge	47
6.	Moyen de prévention des taches blanches de l'émail durant le traitement orthodontique.....	48
6.1.	Evaluation du risque carieux individuel (RCI)	48
6.1.1.	Facteurs influençant l'évaluation du risque carieux	48
6.1.1.1.	Préexistence des lésions carieuses	48
6.1.1.2.	Biofilm cariogène.....	49
6.1.1.3.	Salive.....	49
6.1.1.4.	Hygiène buccale	50
6.1.1.5.	Alimentation.....	52
6.1.1.6.	Exposition au fluor.....	54
6.1.1.7.	Etat de santé générale et Facteurs socio économiques.....	54
6.1.2.	Moyens d'évaluation du risque carieux individuel.....	55
6.1.3.	Catégories du risque carieux individuel.....	56
6.2.	Mesures préventives.....	58
6.2.1.	Education et motivation du patient	58
6.2.1.1.	Hygiène bucco-dentaire	58
6.2.1.2.	Hygiène alimentaire	60
6.2.2.	Nettoyage professionnel des surfaces amélaire.....	61
6.2.3.	Scellement des puits et fissures.....	62
6.2.4.	Elimination des excès de colle.....	62
6.2.5.	Augmentation de la résistance de l'émail aux attaques acides	62
6.2.5.1.	Prophylaxie par le fluor.....	62
6.2.5.2.	Utilisation de la Caséine Phosphopeptide – Phosphate de Calcium Amorphe (CPP-ACP)	66
6.2.6.	Action sur le biofilm cariogène	66

6.2.6.1. Utilisation des agents antiseptiques	66
6.2.6.2. Utilisation des polyols (xylitol).....	67
6.2.7. Utilisation de Sealants	67
6.2.8. Prophylaxie par laser et l'Ozone.....	68
6.2.9. Probiotiques :	68
6.2.10. Application des nanohydroxyapatites	68
6.3. Choix de l'appareil et du dispositif orthodontique.....	69
7. Traitement des taches blanches de l'émail après dépose des attaches orthodontiques.	70
7.1. Différentes thérapeutiques des taches blanches de l'émail	70
7.1.1. Reminéralisations.....	70
7.1.1.1. Reminéralisations spontanées	70
7.1.1.2. Reminéralisations par fluorures	71
7.1.1.3. Reminéralisations par CPP-ACP	72
7.1.2. Eclaircissements.....	73
7.1.3. Micro-abrasion :	74
7.1.4. Erosion infiltration	74
7.1.4.1. Principes et mode d'action	74
7.1.4.2. Protocole	76
7.1.4.3. Limites de l'érosion infiltration	77
7.1.4.4. Intérêt préventif en orthodontie.....	78
7.1.5. Restaurations.....	78
7.1.5.1. Restaurations en composite.....	78
7.1.5.2. Facettes.....	78
7.2. Choix du traitement en fonction du stade de déminéralisation	79
7.2.1. Traitement des déminéralisations limitées à la moitié externe de l'émail, code 1.....	79
7.2.2. Traitement des déminéralisations allant jusqu'au tiers médian de l'émail, code 2.....	80

7.2.3. Traitement des déminéralisations allant jusqu'au tiers interne de l'email, code 3.....	80
PARTIE PRATIQUE ENQUÊTE ÉPIDÉMIOLOGIQUE	82
8. Méthodologie de l'étude	82
8.1. Objectifs de l'étude	82
8.1.1. Objectif principal	82
8.1.2. Objectifs secondaires	83
8.2. Patients et méthodes	83
8.2.1. Type d'étude	83
8.2.2. Période d'évaluation	83
8.2.3. Population d'étude	84
8.2.4. Critères d'inclusion.....	84
8.2.5. Critères de non inclusion	85
8.2.6. Echantillonnage	85
8.2.6.1. Taille de l'échantillon	85
8.2.6.2. Mode de recrutement	87
8.2.7. Approbation ethnique	87
8.2.8. Mise en œuvre de l'enquête	87
8.2.8.1. Durée et lieu de l'enquête	87
8.2.8.2. Enquête proprement dite	87
8.2.8.3. Collecte des données	89
8.2.9. Moyens.....	97
8.2.9.1. Matériels utilisés lors de l'enquête.....	97
8.2.10. Traitement des données.....	98
8.2.10.1. Matériel informatique	98
8.2.11. Collaboration scientifique	98
9. Résultats Et Analyse Des Données.....	99
9.1. Étude descriptive de l'échantillon (analyse statistique univariée)	99

9.1.1. Description des caractéristiques sociodémographiques de l'échantillon d'étude	99
9.1.1.1. Répartition de l'échantillon d'étude selon l'âge	99
9.1.1.2. Répartition de l'échantillon d'étude selon le sexe	100
9.1.1.3. Répartition de l'échantillon d'étude selon le niveau socio-économique	101
9.1.2. Répartition de l'échantillon selon les facteurs liés au patient.....	102
9.1.2.1. Répartition de l'échantillon selon l'état d'hygiène bucco-dentaire avant le traitement	102
9.1.2.2. Répartition de l'échantillon selon l'état d'hygiène bucco-dentaire à 12 mois du traitement	103
9.1.2.3. Répartition de l'échantillon selon le changement de l'état hygiène bucco-dentaire.....	104
9.1.2.4. Répartition de l'échantillon selon la fréquence du brossage dentaire..	105
9.1.2.5. Répartition de l'échantillon selon la durée de brossage dentaire.....	106
9.1.2.6. Répartition de l'échantillon selon utilisation des bâtonnets inter dentaires	108
9.1.2.7. Répartition de l'échantillon selon l'utilisation du fil dentaire	109
9.1.2.8. Répartition de l'échantillon selon l'utilisation des brossettes inter dentaires.....	110
9.1.2.9. Répartition de l'échantillon selon l'utilisation de supplément de fluorure (bain de bouche fluoré)	111
9.1.2.10. Répartition de l'échantillon selon l'utilisation des agents antiseptiques	112
9.1.2.11. Répartition de l'échantillon selon l'habitude de grignotage	113
9.1.2.12. Répartition de l'échantillon selon la consommation de sucre.....	114
9.1.2.13. Répartition de l'échantillon selon la consommation de boissons gazeuses et jus de fruits.....	115
9.1.2.14. Répartition de l'échantillon selon l'indice CAOD.....	116
9.1.2.15. Répartition de l'échantillon selon le nombre de RDV ratés	120
9.1.3. Répartition de l'échantillon selon les facteurs liés au traitement	121
9.1.3.1. Répartition de l'échantillon selon l'application du vernis fluoré.....	121
9.1.3.2. Répartition de l'échantillon selon la préparation de la surface amélaire	122
9.1.3.3. Répartition de l'échantillon selon la durée de la préparation de la surface amélaire (mordantage).....	123
9.1.3.4. Répartition de l'échantillon selon le système adhésif utilisé	124

9.1.3.5. Répartition de l'échantillon selon le système de ligature utilisé.....	125
9.2. Incidence des taches blanches de l'émail au cours du traitement orthodontique	127
9.2.1. Répartition des patients atteints de taches blanches de l'émail selon le type de dents concernées et la gravité de la lésion	129
9.2.2. Répartition des patients atteints de taches blanches de l'émail selon le type de faces concernées (mésiale, distale, cervicale, occlusale).....	132
9.3. Analyse bivariée des variables associées à l'apparition des WSL.....	133
9.3.1. Association entre les WSL et l'âge.....	133
9.3.2. Association entre les WSL et le sexe.....	133
9.3.3. Association entre les WSL et le niveau socioéconomique	134
9.3.4. Association entre les WSL et l'état d'hygiène bucco-dentaire avant le traitement.....	134
9.3.5. Association entre les WSL et l'état d'hygiène bucco-dentaire après 12 mois du traitement	135
9.3.6. Association entre les WSL et le changement de l'état d'hygiène.....	135
9.3.7. Association entre les WSL et la fréquence du brossage dentaire	136
9.3.8. Association entre les WSL et la durée du brossage dentaire	137
9.3.9. Association entre les WSL et l'utilisation des adjuvants au brossage dentaire	137
9.3.9.1. Utilisation des bâtonnets inter dentaires	137
9.3.9.2. Utilisation du fil inter dentaire	138
9.3.9.3. Utilisation des brossettes inter dentaires	138
9.3.10. Utilisation de supplément de fluorure (bain de bouche fluoré).....	139
9.3.11. Utilisation des agents antiseptiques.....	139
9.3.12. Association entre les WSL et l'habitude de grignotage	140
9.3.13. Association entre les WSL et la consommation de sucre.....	140
9.3.14. Association entre les WSL et la consommation de boissons gazeuses et de jus de fruits	141

9.3.15.	Association entre les WSL et la médiane de l'indice CAOD au début du traitement et à 12 mois du traitement orthodontique.....	142
9.3.16.	Association entre les WSL et le changement de l'indice CAOD.....	142
9.3.17.	Association entre les WSL et le nombre de RDV ratés	143
9.3.18.	Association entre les WSL et l'application professionnelle du vernis fluoré	144
9.3.19.	Association entre les WSL et la préparation de la surface amélaire	145
9.3.20.	Association entre les WSL et la durée du mordantage	145
9.3.21.	Association entre les WSL et le système d'adhésif utilisé.....	146
9.3.22.	Association entre les WSL et le système de ligature utilisé.....	147
9.4.	Étude des facteurs de risque en analyse multivariée (régression logistique) ..	148
9.4.1.	Étude des facteurs liés au patient	148
9.4.2.	Étude des facteurs liés au traitement.....	149
10.	Discussion.....	150
10.1.	Stratégie thérapeutique : préventive et curative des taches blanches de l'émail	177
10.1.1.	Prévention des taches blanches de l'émail	177
10.1.2.	Traitement post-orthodontique des taches blanches de l'émail	180
10.1.3.	Adaptation du traitement orthodontique fixe	181
10.2.	Illustration clinique.....	185
11.	Conclusion et recommandations.....	195
	Annexes	222
	RÉSUMÉ.....	230
	ABSTRACT	231
	الملخص	232

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I : Critères utilisés lors de l'examen visuel direct pour le diagnostic des caries selon ICDAS II ⁽⁸⁶⁾ (iconographie personnelle).....	40
Tableau II : Système universel de notation visuelle modifié pour les surfaces lisses ⁽⁸⁹⁾	42
Tableau III : Illustration des scores avec des exemples, selon les critères décrits ⁽¹¹⁴⁾	51
Tableau IV : Indice de plaque spécifique au traitement orthodontique ⁽¹¹⁴⁾	52
Tableau V : Facteurs de risques carieux, selon Heymann et Graueur ⁽¹⁷⁾	57
Tableau VI : Protocole de maintenance durant un traitement orthodontique multi- attache ⁽¹⁴⁰⁾	61
Tableau VII : Protocole d'utilisation de l'Icon®(mode d'emploi de l'Icon - site DMG) ⁽²¹⁴⁾	76
Tableau VIII: Possibilités thérapeutiques de prise en charge des WSL.....	81
Tableau IX : Echelle d'évaluation introduite et modifiée par Gorelick et al ⁽¹⁰⁾ (iconographie personnelle)	96
Tableau X : Exemple de tableaux utilisés dans l'évaluation de l'apparition des WSL , leur répartition et leur score	97
Tableau XI : Répartition de l'échantillon par âge civil	99
Tableau XII : Caractéristiques de la variable âge de l'échantillon.....	100
Tableau XIII : Répartition de l'échantillon d'étude selon le sexe.....	100
Tableau XIV : Répartition de l'échantillon d'étude selon le niveau socio-économique...	101
Tableau XV : Répartition de l'échantillon selon l'état d'hygiène bucco-dentaire avant le traitement	102
Tableau XVI : Répartition de l'échantillon selon l'état d'hygiène bucco-dentaire à 12 mois du traitement.....	103
Tableau XVII : Répartition de l'échantillon selon le changement de l'état d'hygiène bucco- dentaire	104
Tableau XVIII : Répartition de l'échantillon selon la fréquence du brossage dentaire	105
Tableau XIX : Répartition de l'échantillon selon la durée de brossage dentaire	106
Tableau XX : Répartition de l'échantillon selon utilisation des bâtonnets inter dentaires.	108
Tableau XXI : Répartition de l'échantillon selon l'utilisation du fil dentaire.....	109
Tableau XXII : Répartition de l'échantillon selon l'utilisation des brossettes inter dentaires	110

Tableau XXIII : Répartition de l'échantillon selon l'utilisation de supplément de fluorure	111
Tableau XXIV : Répartition de l'échantillon selon l'utilisation des agents antiseptiques	112
Tableau XXV : Répartition de l'échantillon selon l'habitude de grignotage	113
Tableau XXVI : Répartition de l'échantillon selon la consommation de sucre	114
Tableau XXVII : Répartition de l'échantillon selon la consommation de boissons gazeuses et jus de fruits	115
Tableau XXVIII : Valeurs statistiques en relation avec la répartition de l'échantillon selon l'indice CAOD	116
Tableau XXIX : Fréquences de l'indice CAOD avant le traitement dans notre échantillon	116
Tableau XXX : Valeurs statistiques en relation avec la répartition de l'échantillon selon l'indice CAOD après 12 mois du traitement	118
Tableau XXXI : Fréquences de l'indice CAOD après 12 mois du traitement	118
Tableau XXXII : Changement de l'indice CAOD après 12 mois du traitement	119
Tableau XXXIII : Répartition de l'échantillon selon le nombre de RDV ratés	120
Tableau XXXIV : Répartition de l'échantillon selon l'application du vernis fluoré.	121
Tableau XXXV : Répartition de l'échantillon selon la préparation de la surface amélaire	122
Tableau XXXVI : Répartition de l'échantillon selon la durée de la préparation de la surface amélaire (mordançage)	123
Tableau XXXVII : Répartition de l'échantillon selon le système adhésif utilisé.	124
Tableau XXXVIII : Répartition de l'échantillon selon le système de ligature utilisé	125
Tableau XXXIX : Incidence des taches blanches de l'émail (patients).	127
Tableau XL : Incidence des taches blanches de l'émail (dents)	127
Tableau XLI : Répartition des patients affectés et non affectés par WSL selon l'âge.	133
Tableau XLII : Répartition des patients affectés et non affectés par WSL selon le sexe..	133
Tableau XLIII : Répartition des WSL selon le niveau socio-économique	134
Tableau XLIV : Association entre les WSL et l'état d'hygiène bucco-dentaire avant le traitement	134
Tableau XLV : Association entre les WSL et l'état d'hygiène bucco-dentaire après 12 mois du traitement	135
Tableau XLVI : Association entre les WSL et le changement de l'état d'hygiène bucco-dentaire :	135

Tableau XLVII : Association entre les WSL et la fréquence du brossage dentaire	136
Tableau XLVIII : Répartition des patients présentant WSL selon la fréquence du brossage dentaire	136
Tableau XLIX : Association entre les WSL et la durée du brossage dentaire	137
Tableau L : Association entre les WSL et l'utilisation des adjuvants au brossage dentaire (bâtonnets inter dentaires)	137
Tableau LI : Association entre les WSL et l'utilisation des adjuvants au brossage dentaire (fil inter dentaire).....	138
Tableau LII : Association entre les WSL et l'utilisation des brossettes inter dentaires	138
Tableau LIII : Association entre les WSL et l'utilisation de supplément de fluorure....	139
Tableau LIV : Association de l'incidence des (WSL) et l'utilisation d'agents antiseptiques	139
Tableau LV : Association entre les WSL et l'habitude de grignotage	140
Tableau LVI : Association entre les WSL et la consommation de sucre	140
Tableau LVII : Association entre les WSL et la consommation de boissons gazeuses et de jus de fruits	141
Tableau LVIII : Association entre les WSL et la consommation de boissons gazeuses et de jus de fruits	141
Tableau LIX : Association entre les WSL et la médiane de l'indice CAOD au début du traitement et à 12 mois du traitement orthodontique	142
Tableau LX : Association entre les WSL et le changement de l'indice CAOD.....	142
Tableau LXI : Association entre les WSL et le nombre de RDV ratés	143
Tableau LXII : Association entre les WSL et l'application professionnelle du vernis fluoré	144
Tableau LXIII : Association entre les WSL et la préparation de la surface amélaire	145
Tableau LXIV : Association entre les WSL et la durée du mordantage.....	145
Tableau LXV : Association entre les WSL et le système d'adhésif utilisé.....	146
Tableau LXVI : Association entre les WSL et le système de ligature utilisé	147
Tableau LXVII : Analyse multivariée (régression logistique binaire) des facteurs liés au patient	148
Tableau LXVIII : Analyse multivariée (régression logistique binaire) des facteurs liés au traitement.....	149
Tableau LXIX : Travaux publiés entre 1982 et 2024 portant sur l'évaluation de l'incidence des lésions blanches (WSL) en orthodontie	154

Tableau LXX : Incidence des dents touchées par les WSL.....	160
Tableau LXXI : Association de l'état d'hygiène bucco-dentaire et le développement des WSL selon les études précédentes	165
Tableau LXXII : Association de l'application du vernis fluoré et le développement des WSL selon les études précédentes et la présente étude	171
Tableau LXXIII : Stratégie préventive et curative des taches blanches de l'émail en thérapeutique orthodontique fixée	184

LISTE DES FIGURES

Figure 1 :Tache blanche ou white spot lesion	9
Figure 2 : Influence des règles optiques sur la perception de la teinte de la dent ⁽¹⁹⁾	12
Figure 3 : Coupes transversales de white spot observés respectivement en microscopie optique (a) ⁽¹⁹⁾ ,microradiographie(b) ⁽²⁸⁾ et microscopie électronique à transmission(c) ⁽²⁹⁾ ..	14
Figure 4 : Coupe transversale d'émail en microscopie par lumière polarisée ⁽³⁰⁾	15
Figure 5 : Dynamisme du processus carieux d'après Selwitz, Ismail, et Pitts, « Dental caries»,2007 ⁽³¹⁾	16
Figure 6 : Diagramme de Keyes modifié par Newbrun 1978 ⁽³³⁾	17
Figure 7 : Diagramme causal de la carie dentaire d'après Bochout et coll. ⁽³⁴⁾	17
Figure 8 : Lésion opaque blanche située au collet de la 13 chez une patiente âgée de 20 ans, porteuse d'un appareil orthodontique multi-attache ⁽⁴⁸⁾	25
Figure 9 : WSL , conséquence iatrogène d'un surplus accidentel de mordançage ⁽⁵⁷⁾	28
Figure 10 : Représentation schématique de l'indice WSL, modifié par Gorelick et al 1982 ⁽⁸⁵⁾	38
Figure 11 : Arbre décisionnel pour le codage des lésions carieuses, selon la classification ICDAS II ⁽⁸⁷⁾	41
Figure 12 : Critères de l'Universal Visual Scoring System pour les surfaces lisses (UniViSS lisse) ⁽⁸⁸⁾	42
Figure 13 : Photo intrabuccale prise avec filtre polarisant et sans filtre , les transparences et opalescences sont parfaitement visibles avec filtre ⁽⁹⁰⁾	43
Figure 14 : La transillumination par fibre optique ⁽⁹²⁾	44
Figure 15 : Indice de plaque orthodontique modifié (Modified orthodontic plaque index) ⁽¹¹⁴⁾	52
Figure 16 : Exemple de cariogramme indiquant un RCI élevé ⁽¹³⁰⁾	55
Figure 17 : Nettoyage des espaces inter-dentaires. Le matériel doit être adapté au diamètre des embrasures ⁽⁴²⁾	59
Figure 18 : L'utilisation de brosse mono-touffe permet d'assurer le nettoyage des sites dont l'accès est difficile, voire impossible pour la brosse à dents ⁽⁴²⁾	60
Figure 19 : « Gradient thérapeutique » modifié. D'après Attal et Tirlet, 2009 ⁽¹⁸⁴⁾	70
Figure 20 : Schéma résumant l'action des CPP-ACP , d'après Nongomeria et FitzGerald ,2012 ⁽¹⁹³⁾	73
Figure 21 : Kit starter, ICON® Vestibulaire, ⁽²⁰¹⁾	75

Figure 22 : Traitements des lésions correspondant au code 1 de l'ICDAS II ⁽²⁰³⁾	79
Figure 23 : Traitements des lésions correspondant au code 2 de l'IDAS II ⁽²⁰¹⁾	80
Figure 24 : Traitements des lésions correspondant au code 3 de l'ICDAS II ⁽²⁰¹⁾	81
Figure 25 : La taille de l'échantillon calculée par l' OpenEpi ,version 3 ⁽²²⁴⁾	86
Figure 26 : Evaluation des WSL basée sur la comparaison des photos numériques intrabuccales , de face et de profil droit et gauche	95
Figure 27 : Répartition de l'échantillon d'étude selon l'âge	99
Figure 28 : Répartition de l'échantillon d'étude selon le sexe	101
Figure 29 : Répartition de l'échantillon d'étude selon le niveau socio-économique	102
Figure 30 : Répartition de l'échantillon selon l'état d'hygiène bucco-dentaire avant le traitement	103
Figure 31 : Répartition de l'échantillon selon l'état d'hygiène bucco-dentaire à 12 mois du traitement	104
Figure 32 : Répartition de l'échantillon selon le changement de l'état d'hygiène bucco-dentaire	105
Figure 33 : Répartition de l'échantillon selon la fréquence du brossage dentaire.....	106
Figure 34 : Répartition de l'échantillon selon la durée de brossage.....	107
Figure 35 : Répartition de l'échantillon selon utilisation des bâtonnets inter dentaires....	108
Figure 36 : Répartition de l'échantillon selon l'utilisation du fil dentaire	109
Figure 37 : Répartition de l'échantillon selon l'utilisation des brossettes inter dentaires	110
Figure 38 : Répartition de l'échantillon selon l'utilisation de supplément de fluorure.....	111
Figure 39 : Répartition de l'échantillon selon l'utilisation des agents antiseptiques	112
Figure 40 : Répartition de l'échantillon selon l'habitude de grignotage	113
Figure 41 : Répartition de l'échantillon selon consommation de sucre	114
Figure 42 : Répartition de l'échantillon selon la consommation de boissons gazeuses et jus de fruits	115
Figure 43 : Répartition de l'échantillon selon l'indice CAOD avant le traitement.....	117
Figure 44 : Répartition de l'échantillon selon l'indice CAOD après 12 mois du traitement	119
Figure 45 : Changement de l'indice CAOD après 12mois du traitement	120
Figure 46 : Répartition de l'échantillon selon le nombre de RDV ratés.	121
Figure 47 : Répartition de l'échantillon selon l'application du vernis fluoré.....	122
Figure 48 : Répartition de l'échantillon selon la préparation de la surface amélaire	123

Figure 49 : Répartition de l'échantillon selon la durée de la préparation de la surface amélaire (mordantage)	124
Figure 50 : Répartition de l'échantillon selon le système adhésif utilisé.	125
Figure 51 : Répartition de l'échantillon selon le système de ligature utilisé.....	126
Figure 52 : Répartition de l'échantillon d'étude selon la présence des taches blanches de l'émail.....	128
Figure 53 : Répartition de l'échantillon d'étude selon la présence des taches	128
Figure 54 : Répartition des patients atteints de taches blanches de l'émail selon le type de dents concernées et la gravité de la lésion	129
Figure 55 : Répartition des patients atteints de taches blanches de l'émail selon le type de dent concernée	130
Figure 56 : Effectif et gravité des taches blanches pour chaque dent étudiée	131
Figure 57 : Répartition des patients atteints de taches blanches de l'émail selon la gravité de la lésion	131
Figure 58 : Répartition des patients atteints de taches blanches de l'émail selon le type de faces concernées (mésiale , distale, cervicale , occlusale).....	132
Figure 59 : Association entre les WSL et la durée de mordantage.....	146
Figure 60 : Cartographie visualisant la distribution géographique et l'évolution temporelle des études.....	157
Figure 61 : Etat d'hygiène de la patiente A.L durant le traitement orthodontique.....	185
Figure 62 : Application de la CPP-ACP	186
Figure 63 : A) photos de face et de profil de la patiente A .L avant l'application de la CPP-ACP B) photos de face et de profil de la patiente A .L un mois après l'application de la CPP-ACP	187
Figure 64 : Etat carieux de la patiente B.M à la fin du traitement orthodontique	188
Figure 65 : Etat d'hygiène bucco-dentaire de la patiente B. M durant le traitement orthodontique.....	188
Figure 66 : A) Photos intra buccales de face et de profil de la patiente B.M après dépose de l'appareil fixe multi-attache B) Évaluation photographique de l'état bucco-dentaire de la patiente B.M. un mois après le début d'un protocole de brossage avec un dentifrice à haute teneur en fluor.....	189
Figure 67 : État d'hygiène bucco-dentaire du patient S. CH durant le traitement orthodontique.....	190

Figure 68 : A) Photos intrabucales de face et de profil du patient S.CH après dépose de l'appareil fixe multiattache B) Photos intrabucales de face et de profil du patient S.CH trois semaines après l'instauration d'un brossage quotidien au dentifrice fluoré..... 191

LISTE DES ABRÉVIATIONS ET DES ACRONYMES

AAPD: American Academy of Pediatric Dentistry)

ADA : American Dental Association

ADF : Association dentaire française

AmF : Fluorure d'Amine

ANSM : Agence Nationale De Sécurité Du Médicament

Ca : Calcium

Ca₁₀ (PO₄)₆(OH)₂ : Calcium Hydroxyapatite

CaF₂ : Fluorures de calcium

CAOD : Cariée, obturée, absente, dent

CHX : Chlorhexidine

CPP-ACP : Caséine Phosphopeptide –Phosphate De Calcium Amorphe

CVIMAR : Ciment Verre Ionomère Modifié par Adjonction De Résine

DIFOTI : Digital Imaging Fiber Optic Transillumination

EAPD : Académie européenne de dentisterie pédiatrique

EVD : Évaluation visuelle directe

FH : Acide fluorhydrique

FOTI : Transillumination par fibre optique

HAS : Haute Autorité de santé

IBM : International Business Machines Corporation (Société internationale de machines)

IC : Intervalle de confiance

ICDAS : Système international de détection et d'évaluation de la carie

IgAs : Les immunoglobulines A

IR : Indice de réfraction

LED : Light-Emitting Diode (diode électroluminescente)

MOP : Modified orthodontic plaque index (l'indice de plaque orthodontique modifié)

MPa : MégaPascal

NaF : Fluorure de Sodium

Na₂PO₃F : MonoFluoroPhosphate de Sodium

Nm : nanomètre (un milliardième de mètre)

NPSD : Nettoyage Professionnel Prophylactique Des Surfaces Dentaires

ODF : Orthopédie Dento Faciale

OMS : Organisation mondiale de la santé

OPI : Orthodontic Plaque Index (indice de plaque orthodontique)

O₃ : Gaz d'Ozone

PAE : Pellicule Acquise Exogène

Ph : Phosphate

pH : potentiel hydrogène

PPM : partie par million

Pub Med : Moteur de recherche en science biomédicale

QLF : Quantitative light-induced fluorescence (fluorescence induite par la lumière quantitative)

RCI : Risque Carieux Individuel

RDV : Rendez-Vous

SAM : Système Automordançant

SPSS : Statistical Package for the Social Sciences)

TEGDMA : Tri-Éthylène-Glycérol Di-Méthacrylate

UFSBD : Union Française pour la Santé Bucco-Dentaire.

UniViSS : Universal Visual Scoring System (Système universel de notation visuelle)

WSL : white spot lesion

μM : Micromètre (un millionième de mètre)

PARTIE THÉORIQUE

REVUE DE LITTÉRATURE

1. Introduction

Au début du 20^e siècle, l'Américain Edward Angle a marqué un tournant décisif en orthodontie en concevant un système innovant. Il a proposé de sceller sur chaque dent une bague munie d'une attache en forme de mortaise. Dans cette attache s'insère un fil métallique, préalablement formé selon l'arc dentaire idéal. Ce dispositif révolutionnaire permettait non seulement de déplacer les couronnes des dents mais aussi leurs racines, offrant ainsi des possibilités thérapeutiques bien plus étendues qu'auparavant.

Malgré son succès immédiat, ce système multi-bagues donnait au sourire pendant le traitement un caractère particulièrement inesthétique. Le risque de caries était élevé et le nickel libéré pouvait donner des réactions inflammatoires. Ces inconvénients ont amené à envisager les attaches collées comme alternative.

L'arrivée progressive des brackets collés sur les dents a constitué une innovation majeure et a apporté de multiples avantages. Newman en 1965 décrivait la première technique de collage et en apportant un progrès considérable au traitement orthodontique en termes de douleur d'insertion, quand on utilise des bagues, en termes de tolérance et de respect des tissus dentaires ou gingivaux et surtout en termes d'esthétique et de confort. Ce qui a amélioré notre pratique de l'orthodontie ⁽¹⁾.

Cependant, les attaches orthodontiques et les résines de collage favorisent la rétention de plaque au niveau des surfaces lisses, généralement non atteintes par la carie. Plusieurs études ont montré que le traitement orthodontique favorise un changement dans l'écologie buccale en faveur d'une augmentation des sites rétentifs aux streptocoques mutans et d'une diminution du pH. De ce fait, l'hygiène orale est rendue plus difficile, et cette difficulté à obtenir une élimination totale de la plaque bactérienne peut engendrer un déséquilibre du processus de déminéralisation-reminéralisation, qui va conduire à l'apparition de zones de dissolution de l'émail. Cette hypominéralisation de l'émail, dite post éruptive est connue aussi sous le nom de leucome, tache blanche ou selon la dénomination anglo-saxonne de « white spot lesion » (WSL)⁽²⁻⁴⁾.

Lorsque ces dernières surviennent autour des attachements orthodontiques, elles constituent une complication assez fréquente et disgracieuse au cours d'un traitement, où le résultat thérapeutique se situe dans un contexte esthétique.

C'est vrai que, l'arsenal thérapeutique du médecin-dentiste est très étendu pour corriger les altérations esthétiques, mais ces procédures nécessitent une préparation dentaire et sont considérées comme invasives et contraires à la préservation tissulaire. En conséquence, il est nécessaire d'opter en première intention pour une stratégie préventive.

Les mesures préventives reposent en premier lieu sur l'éducation du patient et sur la promotion d'une bonne hygiène bucco-dentaire. L'utilisation d'adjuvants au brossage, de suppléments de fluor et d'agents antiseptiques, tout en étant essentielle, dépend en grande partie de la compliance du patient. Face à cette dépendance, le praticien peut envisager des

stratégies de prévention complémentaires, telles que l'application de gels ou de vernis à haute teneur en fluor, afin d'optimiser la protection contre les taches blanches.

La première partie de ce travail constitue une revue de littérature visant à synthétiser les connaissances actuelles sur le sujet, en s'appuyant sur les travaux scientifiques antérieurs. Donc un rappel sera fait sur les mécanismes et facteurs intervenant dans le processus de déminéralisation de l'émail, ainsi que les différents moyens de diagnostics des taches blanches actuellement à notre disposition. L'implication des traitements orthodontiques fixes dans la survenue et le développement des WSL, et les moyens de prévention et de traitement seront exposés.

La deuxième partie de notre thèse est une étude épidémiologique qui vise à répondre à notre objectif principal, représenté par l'estimation de l'incidence des taches blanches de l'émail au cours du traitement orthodontique fixe, ainsi qu'à nos objectifs secondaires concernant les caractéristiques de ces lésions et la détermination des facteurs de risque.

À l'issue de notre étude, en tenant en considération les résultats obtenus et les données actuelles de la science, un modèle de prévention des WSL, adapté au profil de risque des patients, sera proposé.

2. Problématique

L'émail est le capital de l'organe dentaire, il représente sa première ligne de défense grâce à sa structure cristalline rigide. Il confère à l'organe dentaire ses capacités fonctionnelles et esthétiques par son aspect perlé et opalescent en parfaite harmonie avec le visage et le sourire

Toutefois, lorsque le pH du milieu buccal descend en dessous du seuil critique de 5,5, un processus de déminéralisation est initié. Ce phénomène se caractérise par une dissolution des cristaux d'hydroxyapatite, entraînant une perte de minéraux essentiels, tels que le calcium et le phosphate. Cette perte de substance minérale, se manifeste cliniquement par des altérations esthétiques de la surface de l'émail, telles que des opacités, des taches blanches ou des pertes de substance, affectant l'harmonie du sourire et impactant la qualité de vie du patient.

Or, l'esthétique du sourire est aujourd'hui aux yeux de tout patient le miroir de la réussite. Nos jeunes patients n'y dérogent absolument pas. Loin de l'alignement dentaire exigé et attendu par le passé dans le traitement en orthodontie, ils sont attentifs au rendu des dents après la dépose des appareillages orthodontiques. Nous nous devons dès lors, d'y répondre par une pratique plus responsable et probablement plus rigoureuse ; épargnant nos patients des taches blanches hélas ! Bien souvent observées aux cours de nos prises en charge en thérapeutique fixe.

Devant la grande fréquence de ces déminéralisations, et la rapidité de ce processus, pouvant se produire dès la 4^{ème} semaine après le début d'un traitement orthodontique en l'absence d'application fluorée⁽⁵⁾, de nombreuses études ont été réalisées afin d'évaluer l'incidence des WSL durant un traitement orthodontique et de mettre en évidence les divers facteurs qui pourraient l'influencer.

L'incidence des white spots lesions (WSL) telle que rapportée dans la littérature, est très variable, elle peut aller de 5% jusqu'à 85,7 % avec des tailles d'échantillon allant de 20 à 885 patients, la grande variation de l'incidence du WSL rapportée pourrait être due à divers facteurs, à savoir les différentes méthodes et indices d'évaluation utilisés, mais aussi la taille des échantillons qui est très variable^(6,7).

Pour ce qui est de l'influence des facteurs sur le développement des WSL, les résultats diffèrent d'un auteur à l'autre. Khalaf en 2014 a constaté une différence selon le sexe, les hommes avaient une incidence significativement plus élevée (près de 3 fois) des WSL que les femmes. Par contre Akin et al. en 2013, ont constaté que le sexe n'était pas un facteur significatif dans le développement du WSL, alors que Gorelick et al. ont montré le contraire et que la prévalence était de 44% pour les garçons et de 54% pour les filles. Ces résultats fluctuants intéressaient également l'influence de l'âge et celle des mesures d'hygiène appliquées durant le traitement orthodontique. Bien que, Geiger et al. aient trouvé une réduction de 25% du taux d'incidence des WSL, lorsque les patients orthodontiques utilisaient un rince-bouche au fluorure, il était surprenant que Sagarika et al. observent le taux élevé de WSL dans leur étude où ils prescrivaient des rince-bouches pour les sujets de groupe de test à examiner⁽⁸⁻¹²⁾.

Face à ce manque de cohérence entre les études faites à travers le monde, et l'absence d'études similaires en Algérie ainsi que l'observation alarmante des WSL, survenant au cours des traitements orthodontiques , qui s'est reproduite dans plusieurs cas, diminuant ainsi la satisfaction esthétique des patients ; nous nous sommes intéressés à la survenue de ces taches blanches .

Nombreuses interrogations ont émaillé notre réflexion.

- L'incidence de cette complication est-elle aussi importante au sein de notre population orthodontique ?

- L'adolescence, période classiquement reconnue pour la mise en œuvre de traitements orthodontiques, est également marquée par une forte influence mutuelle des groupes d'adolescents, qui ont fréquemment des interactions sociales, notamment en matière de consommation de boissons gazeuses et d'hygiène bucco-dentaire. Dans ce contexte, il est pertinent d'interroger le rôle potentiel de cette période et de ces comportements spécifiques comme facteurs de risque dans la survenue et la progression de ces lésions.

- L'apparition des taches blanches est-elle la conséquence de différentes étapes du traitement orthodontique ? Par exemple :
 - La préparation de la surface amélaire par la déminéralisation due à l'acide orthophosphorique.
 - La manœuvre d'hygiène rendue difficile par l'emplacement des attaches et des arcs facilitant ainsi l'accumulation de plaque.
 - Les techniques de dépose des brackets et d'éviction de composite résiduel qui peuvent fragiliser l'émail.

- Devons-nous adapter notre traitement en fonction du profil de risque de notre patient ? Une fluoro-prophylaxie serait-elle bénéfique et suffisante ou bien faut-il interrompre le traitement pour préserver l'intégrité de l'organe dentaire ?

Ce sont donc ces éléments qui justifient notre étude et qui nous ont conduits à évaluer l'incidence des WSL durant un traitement orthodontique fixe, à identifier les facteurs de risque qui entretiennent non seulement leur apparition, mais aussi leur degré de sévérité et leur localisation. Cet axe de recherche, nous permettra sans doute de fournir aux praticiens orthodontistes les recommandations cliniques qui s'imposent à la lumière de nos résultats.

Ainsi, cette évaluation du risque doit être intégrée aux évaluations initiales des patients orthodontiques, et un protocole de prévention et de gestion spécifique au risque doit être établi pour nous aider à éliminer ou minimiser ce problème clinique.

L'objectif principal :

Estimer l'incidence des WSL survenant au cours d'un traitement orthodontique fixe multi-attache dans une population en denture permanente âgés de 12 à 17 ans au sein du service d'orthopédie dento-faciale de Constantine.

Les objectifs secondaires :

- Identifier les principaux facteurs de risque qui entretiennent l'apparition des WSL et analyser la relation statistique qui existe entre les facteurs étudiés et la survenue des WSL.
- Localiser les dents les plus touchées par les WSL, ainsi que les surfaces les plus concernées.
- Proposer un modèle de prévention des WSL chez une population orthodontique.

3. Généralités

L'émail dentaire, tissu le plus minéralisé du corps humain, joue un rôle essentiel dans la protection de l'organe dentaire. Il constitue une barrière protectrice contre les agressions extérieures, notamment chimiques (acides, bactéries) et mécaniques (mastication, abrasion). Sa structure complexe, composée de cristaux d'hydroxyapatite, lui confère une grande résistance et une imperméabilité relative.

Cependant, malgré sa robustesse, l'émail peut être vulnérable face à certains facteurs, notamment lors d'un traitement orthodontique. Les dispositifs utilisés durant ce traitement, en raison de leur conception, peuvent constituer des sites d'accumulation pour la plaque dentaire, favorisant ainsi la prolifération bactérienne et des modifications de l'environnement buccal à l'origine de la déminéralisation de l'émail.

La compréhension approfondie des caractéristiques de cet organe est fondamentale pour prévenir les complications associées aux traitements orthodontiques, notamment la déminéralisation.

3.1. Émail dentaire

L'émail est le tissu qui recouvre les couronnes dentaires et protège le complexe pulpo-dentinaire, sa structure est complexe d'origine épithéliale édifiée lors de l'amélogenèse.

Il contient plus de 96% d'élément minéral dans sa forme mature, ce qui en fait la structure la plus minéralisée de l'organisme.

Selon sa localisation anatomique, son épaisseur varie de 2,5 millimètres au niveau des cuspides et 2 millimètres au niveau des bords incisifs, il s'amincit jusqu'à disparaître au niveau de la jonction amélo-cémentaire.

Sa teinte, son état de surface et sa composition évoluent avec le temps en fonction du vieillissement, des interactions avec le milieu buccal et des pathologies.

3.1.1. Composition de l'émail

L'émail humain mature se compose :

D'une phase minérale représentant 96% en poids et 87 à 91% en volume, elle est composée d'un entassement de monocristaux de phosphate de calcium en hydroxyapatite de formule $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$.

D'une phase organique représentant 0,4 % en poids et 2% en volume elle est localisée au sein d'espace non minéralisé formant des micropores ou pores à l'interface entre prisme et substance interprismatique. Une phase aqueuse, soit 3,6% (dont 1% d'eau libre) en poids et 7 à 11% en volume⁽¹³⁾.

3.1.2. Structure de l'émail

Le mécanisme de formation des prismes d'émail commence avec les améloblastes, des cellules spécialisées dérivées de l'épithélium ectodermique. Ces cellules, véritables architectes de l'émail, s'organisent en une couche unique à la surface de la dent en développement.

Ces améloblastes sécrètent la matrice organique, qui un réseau de protéines (principalement de l'amélogénine) qui va servir de base à la formation des prismes. Cette matrice, véritable moule, détermine la forme et l'organisation des futurs prismes.

Au sein de cette matrice organique, des cristaux d'hydroxyapatite, le principal constituant minéral de l'émail, vont se déposer et croître. Ce processus de minéralisation est étroitement contrôlé par les améloblastes, qui veillent à l'orientation et à la taille des cristaux.

Au fur et à mesure de la minéralisation, la matrice organique est progressivement éliminée, laissant place à un réseau dense de cristaux d'hydroxyapatite. Cette étape de maturation confère à l'émail sa dureté et sa résistance exceptionnelles.

Les prismes ont une forme à peu près cylindrique, les cristaux d'hydroxyapatite situés en leur centre ont une orientation parallèle au grand axe du prisme, plus on s'éloigne du centre du prisme en se rapprochant de la substance interprismatique et plus leur orientation est oblique ⁽¹⁾.

L'épaisseur des prismes au niveau de la jonction émail-dentine est de 3 µm (micromètre) et augmente jusqu'à 6µm près de la surface externe, cependant l'épaisseur de la substance interprismatique diminue lorsqu'on se rapproche de la surface externe.

Dans la substance interprismatique, les cristaux d'apatite sont légèrement angulés et beaucoup moins nombreux qu'à l'intérieur du prisme.

La formation des prismes de l'émail est un processus hautement régulé, faisant intervenir de nombreux facteurs génétiques et environnementaux. Le moindre défaut dans ce mécanisme peut entraîner des anomalies de l'émail, telles que des taches blanches, des hypoplasies ou des amélogenèses imparfaites

L'émail de surface : il est principalement marqué par les lamelles d'émail. Ce sont des fissures qui partent de la surface et se dirigent vers la jonction amélo dentinaire⁽¹⁴⁾.

3.1.3. Vieillessement de l'émail

Après l'éruption dentaire, des échanges ioniques par diffusion entre la structure cristalline et l'environnement se produisent et avec l'âge l'émail devient moins soluble et moins perméable par augmentation de la concentration et d'accumulation d'éléments minéraux et de fluorure, principalement en surface, ce qui a pour effet positif d'augmenter d'autant la résistance naturelle à la carie.

Au cours du vieillissement, l'émail évolue également du fait de l'usure physiologique de la surface aprismatique ; elle est en moyenne de $25\mu\text{m}$ /an atténuant ainsi le relief occlusal.

3.1.4. Propriétés de l'émail

Propriétés physiques

Dureté élevée : L'émail est le tissu le plus dur du corps humain, atteignant 7 sur l'échelle de Mohs (où 10 est le diamant). Cette dureté exceptionnelle est due à sa composition minérale très élevée (96% de cristaux d'hydroxyapatite). Elle lui permet de résister aux forces de mastication et à l'abrasion.

Rappelons que l'échelle de Mohs donne des indications sur la dureté et la résistance des minéraux et donc des pierres fines et précieuses. L'échelle s'étend de 1 à 10 et est basée sur 10 minéraux communs à la résistance plus ou moins élevée.

Translucidité : L'émail sain et parfaitement minéralisé est translucide, laissant passer la lumière. Cette propriété contribue à l'aspect naturel et brillant des dents. La translucidité varie selon l'épaisseur de l'émail et son degré de minéralisation.

Selon l'épaisseur : Plus l'émail n'est épais, plus il laisse passer la lumière. Ainsi, les zones où l'émail est plus épais, comme les cuspides, apparaissent plus translucides et brillantes. À l'inverse, les zones où l'émail est plus fin, comme le collet, sont moins translucides et peuvent apparaître plus opaques.

Selon le degré de minéralisation : Un émail sain et parfaitement minéralisé est translucide, car les cristaux d'hydroxyapatite sont organisés de manière à laisser passer la lumière. Cependant, lorsque l'émail est déminéralisé, par exemple en cas de carie ou d'érosion, sa structure est altérée et sa translucidité diminue. Les zones déminéralisées apparaissent alors plus opaques et peuvent présenter des taches blanches ou jaunâtres.

Densité : L'émail est un tissu dense, la pycnométrie ou la microtomographie, sont des méthodes permettant de déterminer la masse de l'émail par unité de volume, ce qui donne une valeur de densité d'environ $2,9\text{ g/cm}^3$. Cette densité élevée contribue à sa dureté et à sa résistance.

Cassant : Malgré sa dureté, l'émail est relativement cassant, ce qui signifie qu'il peut se fracturer sous l'effet de forces importantes. Cette fragilité est due à sa faible teneur en matrice organique 0,4 % en poids.

Radio-opacité : L'émail est radio-opaque. Cette propriété est due à sa forte teneur en minéraux et permet de visualiser les structures dentaires lors des examens radiographiques.

Vulnérabilité aux acides : L'émail est vulnérable aux attaques acides, qui peuvent entraîner une déminéralisation et des lésions carieuses. Les acides sont produits par les bactéries de la plaque dentaire, ou présents dans certains aliments et boissons⁽¹⁵⁾.

Propriétés optiques

- **Indice de réfraction** : L'émail a un indice de réfraction de 1,655, ce qui signifie qu'il réfracte la lumière de manière significative. Cette propriété contribue à son aspect brillant.
- **Fluorescence** : L'émail peut présenter une fluorescence sous l'effet de la lumière ultraviolette. Cette propriété peut être utilisée en dentisterie pour détecter les caries ou les lésions de l'émail.

3.2. Taches blanches de l'émail (WSL)

3.2.1. Définition

Les taches blanches de l'émail encore connues sous le nom de leucomes ou white spots lesion observées autour des attaches orthodontiques fixes se définissent comme des hypo minéralisations post-éruptives de l'émail (Figure 1). Ce sont des lésions non cavitaires caractérisées par un émail blanc-crayeux, de taille et de forme variables dont les contours sont plus ou moins diffus Elles constituent le premier signe visible, à l'œil nu, de la lésion carieuse où la surface de l'émail est rugueuse, poreuse et opaque. L'aspect opaque, blanc de la lésion est dû à la différence entre les indices de réfraction de l'émail sain

($IR \approx 1,62$) et de l'émail déminéralisé ($IR \approx 1,33$). C'est pourquoi, il est conseillé, afin de faciliter leur mise en évidence, de sécher la dent avec la soufflette d'air, ce qui augmente ainsi cette différence ($IR \approx 1$ pour l'émail déminéralisé séché)⁽¹⁶⁻¹⁹⁾.

En orthodontie, elles apparaissent dans un délai d'un mois après la pose de l'appareillage et sont localisées sur les faces lisses vestibulaires autour des attaches⁽²⁰⁾. Ces zones sont en général épargnées par la carie dentaire mais les appareillages orthodontiques y favorisent la rétention de plaque. Le contrôle de plaque étant plus compliqué, il va provoquer un déséquilibre du processus de déminéralisation-reminéralisation et engendrer des zones de dissolution de l'émail.

Les white spot peuvent naturellement diminuer après la dépose des attaches mais, leur persistance va engendrer dans la plupart des cas un préjudice esthétique.



Figure 1 :Tache blanche ou white spot lesion

3.2.2. Prévalence

La grande fréquence des déminéralisations de l'émail, au cours des traitements orthodontiques fixes, a incité de nombreux auteurs à mener des études afin d'en déterminer la prévalence exacte et de mettre en évidence les divers facteurs qui pourraient l'influencer.

En 1982, Gorelick et al. ont pu établir par diagnostic visuel que 50% des patients présentent au moins une lésion initiale amélaire à la fin d'un traitement orthodontique fixe, contre 97% en 2005 pour Boersma et al, grâce à la fluorescence lumineuse quantitative (QFL). Selon Tufekci et al., la prévalence est de 38% six mois après le début du traitement, et de 46% douze mois après^{(10) (21,22)}.

Enfin, l'étude menée en 2011 par Richter et al. a mis en évidence, après la dépose des attaches, la présence d'environ trois lésions, si la durée du traitement était inférieure à 22 mois, et de cinq lésions si cette dernière était supérieure à 33 mois⁽²³⁾.

L'absence de cohérence entre les résultats peut être expliquée, d'une part par la faible taille des échantillons et d'autre part par la méthode de détection utilisée qui peut être une inspection visuelle directe ou en utilisant des photographies, ou bien une mesure de la sévérité des lésions par méthodologies fluorescentes et optiques (Diagnodent, QLF, FOTI, DIFOTI)

Ces moyens sont plus précis et détectent les déminéralisations avant qu'elles ne soient visibles, de ce fait ils révèlent une prévalence plus importante qu'avec une simple inspection visuelle.

Face à cette grande variabilité, Julien et ses collaborateurs, ont réalisé en 2013 une étude de plus grande envergure sur 885 patients en comparant les taches blanches de l'émail avant et après traitement orthodontique et ont montré que 23,4% des patients avaient développé au moins un white spot au cours de leur traitement⁽²⁴⁾.

Les dents antérieures maxillaires étaient plus atteintes que les dents antérieures mandibulaires. Les dents les plus touchées sont dans l'ordre :

- Les incisives latérales : 34% ;
- Les canines : 31% ;
- Les prémolaires : 28% ;
- Les incisives centrales : 17%⁽²⁵⁾.

Les facteurs de risque les plus retrouvés dans les études sont :

- Une mauvaise hygiène bucco-dentaire
- Un temps de traitement de plus de 36 mois
- La présence d'une fluorose
- La présence de white spot préexistants.

Le risque de développer un leucome serait multiplié par 3,5 lors d'une mauvaise hygiène bucco-dentaire et par 2,3 lors de la présence d'une inflammation gingivale ⁽²⁶⁾.

Marcusson et son équipe ont également démontré que le matériau de collage des attaches avait un impact sur la survenue des leucomes avec une prévalence très inférieure de 24% chez les patients collés au ciment verre ionomère contre 40,5% pour ceux collés avec un composite classique⁽²⁷⁾.

3.2.3. Anatomopathologie des taches blanches de l'émail

3.2.3.1. Explication optique (aspect macroscopique)

L'apparition de tache blanche à la surface des dents est uniquement engendrée par un défaut amélaire. La dentine n'est jamais mise en cause.

L'émail sain, tissu le plus minéralisé de l'organisme, comme évoqué précédemment, présente en poids 96 % d'hydroxyapatite ; les 4 % restants représentent les fluides organiques. Inversement, en présence de tache blanche, cette phase minérale se trouve fortement diminuée et remplacée par des fluides organiques. C'est pourquoi nous parlons d'« hypominéralisation amélaire ». Ce défaut d'émail est la conséquence d'une altération des taux de la composition chimique du substrat.

D'après les lois de Snell-Descartes, s'il existe une différence de réfraction entre deux phases, il y aura apparition d'une interface provoquant la déviation du rayon incident.

Dans le cas de l'émail sain, dont l'indice de réfraction est le même que celui de l'hydroxyapatite ($IR_{\text{émail sain}} \approx IR_{\text{hydroxyapatite}} \approx 1,62$). Il se trouve peu d'interface ; le rayon lumineux traverse l'épaisseur du substrat sans déviation, et ce jusqu'à la jonction amélo-dentinaire avant d'être réfléchi (Figure 2).

Alors que dans le cas de l'émail hypominéralisé, le rayon lumineux rencontre de multiples interfaces « fluides organiques / minéral » d'indice de réfraction différent (respectivement 1,33 et 1,62), provoquées par leur alternance de phase.

A chaque interface, le rayon est alors dévié et réfléchi, reste écroûé dans un « labyrinthe optique » trop lumineux, donc perçu blanc (Figure 2).

La tache semble encore plus blanche lorsqu'elle est séchée par la soufflette du simple fait de substituer l'air aux fluides organiques, présentant un indice de réfraction encore inférieur à celui des fluides organiques ($IR_{\text{air}} 1 < IR_{\text{fluides organique}} \approx 1,33$). Ainsi, en augmentant la différence d'indice de réfraction par rapport à l'émail sain ($IR_{\text{hydroxyapatite}} \approx 1,62$), la perception du défaut en devient encore plus accentuée⁽¹⁹⁾.

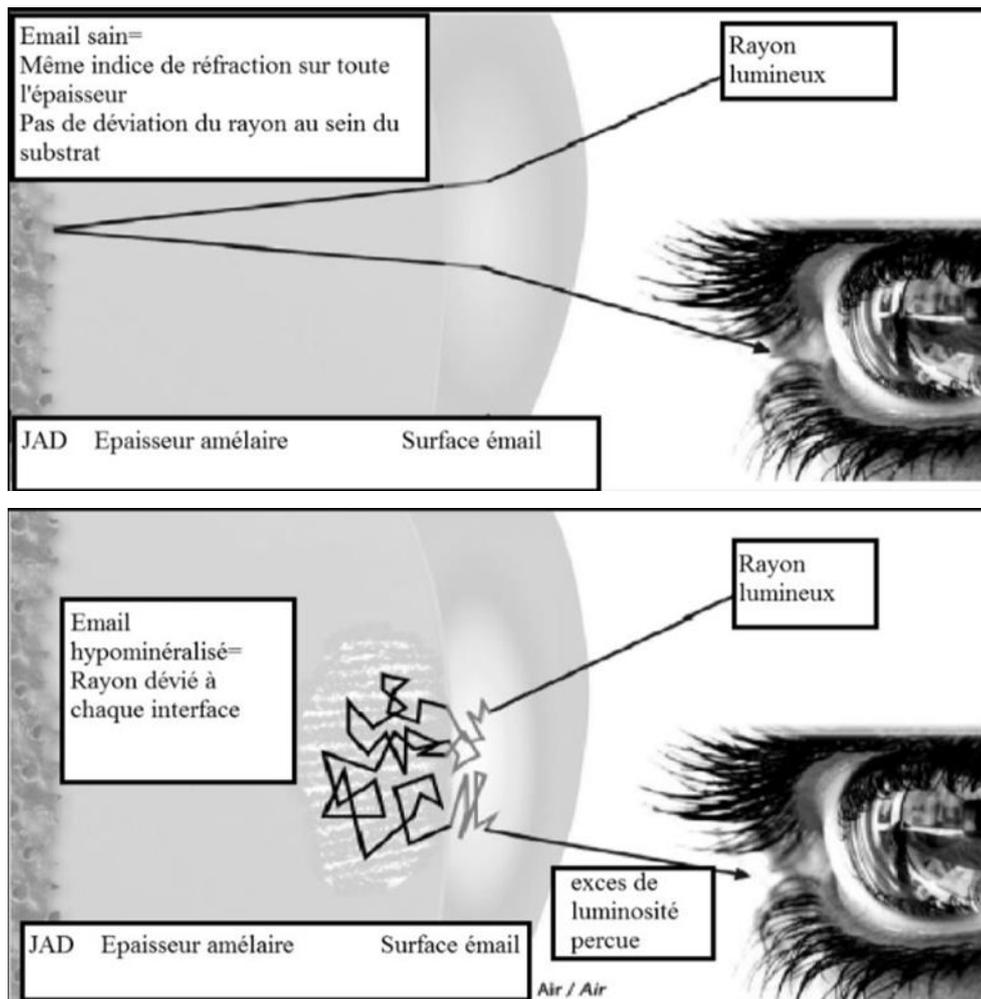


Figure 2 : Influence des règles optiques sur la perception de la teinte de la dent⁽¹⁹⁾

a : L'émail sain de par sa composition a un indice de réfraction unique correspondant à celui de l'hydroxyapatite (IR hydroxyapatite $\approx 1,62$). Le rayon lumineux ne présente pas de déviation.

b : Dans l'émail hypominéralisé, les multiples changements d'indice de réfraction provoqués par les changements de phase fluide/hydroxyapatite sont responsables de l'apparition d'interfaces au sein du substrat amélaire. A chaque interface, le rayon est dévié et réfléchi. La lésion hypominéralisée forme un « labyrinthe optique » perçu blanc/opaque par l'œil par excès de luminosité.

3.2.3.2. Aspect histologique (microscopique)

Lors du processus carieux initial, l'alternance de phase de déminéralisation/reminéralisation permet la préservation d'une « couche superficielle » relativement intacte sous laquelle s'étend le « corps de la lésion carieuse » sous forme demi-lune.

La dissolution cristalline progresse vers la jonction amélo-dentinaire le long des points de faiblesse de l'émail :

En longueur : le long des prismes.

En largeur : le long des stries de Retzius.

Cette dissolution va induire la formation de larges chéneaux de communication entre le corps de la lésion et le milieu extérieur permettant le passage d'acides.

L'hypominéralisation de subsurface va provoquer un élargissement des porosités initiales de l'émail.

La liaison des cristaux d'hydroxyapatite à une gaine protéique tolérante aux acides permet la préservation de l'échafaudage cristallin (amoindri mais toujours présent).

A partir d'un déficit minéral de 10%, par rapport à l'émail sain, la lésion devient cliniquement visible.

En microscopie optique, Kiel bassa a observé une progression de la lésion de la couche externe vers le front de déminéralisation, selon un angle obtus (Figure 3a) ⁽¹⁸⁾.

Par microradiographie, Pearce montre la progression de la lésion selon les points de faiblesse : prismes d'émail (flèches continues) et stries de Retzius (flèches pointillées)(Figure 3b) ⁽²⁸⁾.

Palamara avec la microscopie à transmission remarque que les porosités inter et intra-prismatiques sont fortement augmentées ⁽²⁹⁾.

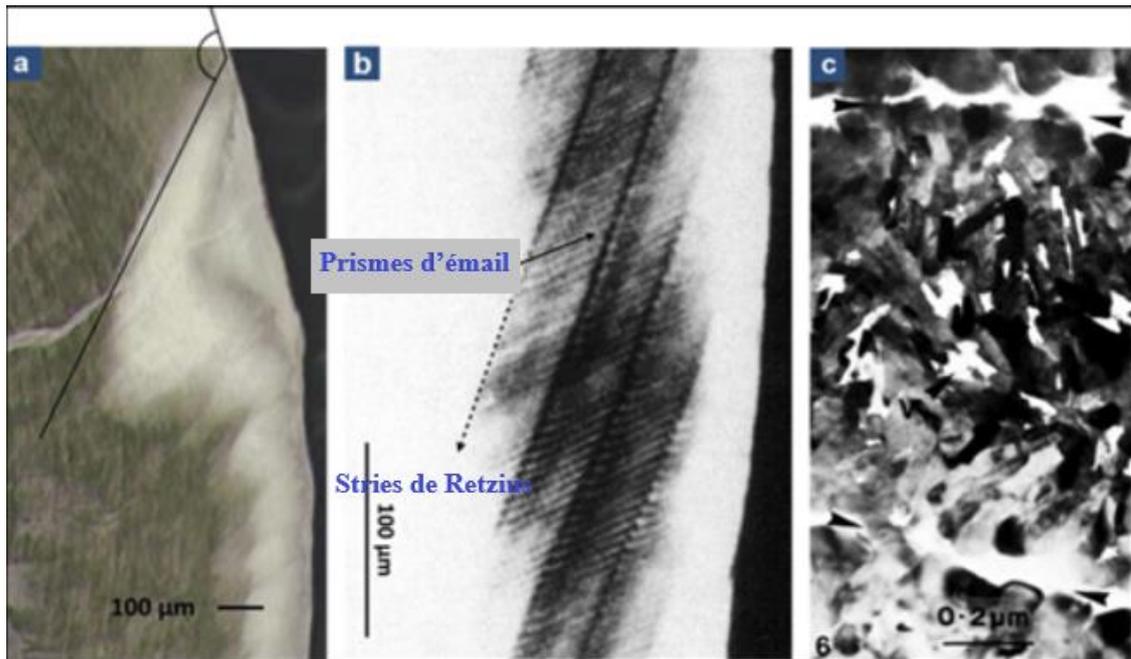


Figure 3 : Coupes transversales de white spot observés respectivement en microscopie optique (a)⁽¹⁹⁾, microradiographie (b)⁽²⁸⁾ et microscopie électronique à transmission (c)⁽²⁹⁾

Sur des coupes longitudinales, la lésion prend l'aspect d'un triangle appelé « cône carieux », dont la pointe est dirigée vers la dentine⁽³⁰⁾. Elle se subdivise en quatre zones distinctes (Figure 4) :

La zone de surface « 1 » : couche d'émail d'apparence intacte. Elle possède une microporosité de 1% (émail sain : 0,1 %) et une charge minérale de 85%.

Le corps de la lésion « 2 » : zone de subsurface déminéralisée. Sa porosité peut atteindre 25% en son centre et la charge minérale est de 20%.

La zone sombre « 3 » : correspondant au front de déminéralisation. Elle a une porosité de 4% et la perte minérale est comprise entre 5 et 10%.

La zone translucide « 4 » : localisée à la jonction amélo-dentinaire. Sa fréquence d'observation est inconstante (un cas sur deux). Sa porosité est de 1% et sa minéralisation n'est diminuée que d'1%.

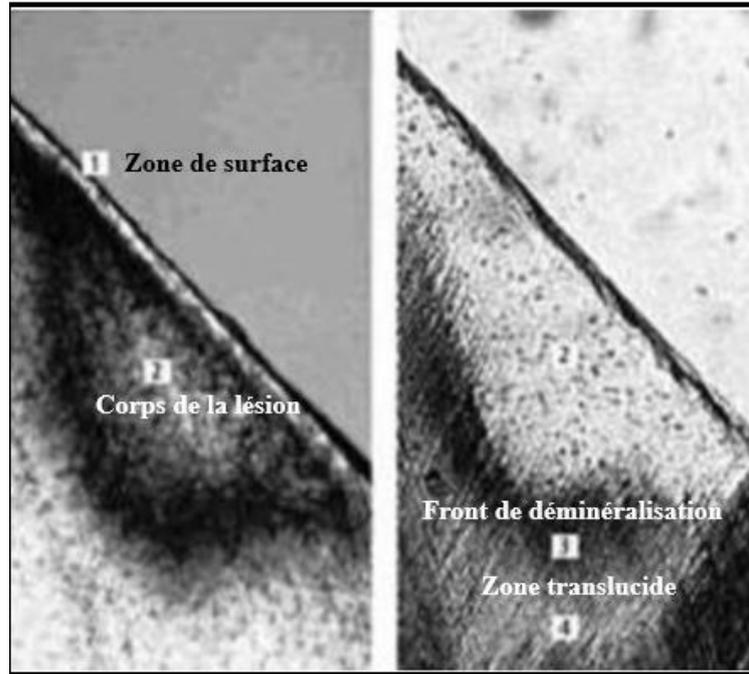


Figure 4 : Coupe transversale d'émail en microscopie par lumière polarisée ⁽³⁰⁾

3.2.4. Étiopathogénie des taches blanches de l'émail

3.2.4.1. Processus de déminéralisation /reminéralisation

Les lésions carieuses prennent leur origine dans les zones où le biofilm n'est pas éliminé et stagne sur une période suffisamment longue pour engendrer une déminéralisation.

Lors de la consommation de carbohydrates de bas poids moléculaire (sucres), les activités métaboliques bactériennes vont provoquer des fluctuations de pH dans le biofilm à la surface dentaire. Ces fluctuations entraîneront, en fonction de la saturation du biofilm en contact avec les composants chimiques de la surface dentaire, des déminéralisations ou des reminéralisations.

- La déminéralisation

Lorsque le pH passe sous le seuil critique de 5.5, une cascade de réactions de dissolution-précipitation-recristallisation a lieu : c'est la déminéralisation.

La dissolution de l'émail correspond à la transformation de ses apatites (état solide) en une solution ionique des mêmes espèces : des ions calcium et phosphate. Une fois dissous, ces éléments se précipitent, formant ainsi une nouvelle couche de surface, moins perméable et moins soluble, favorisant l'arrêt de la dissolution. Si le pH acide persiste en dessous du seuil critique, par apport prolongé d'hydrates de carbone ou par déficit salivaire, il se produit une rupture de l'équilibre déminéralisation-reminéralisation, en faveur de la déminéralisation (Figure 5) ⁽³¹⁾.

- La reminéralisation

Le processus de déminéralisation n'est pas irréversible. Lorsque le pH redevient favorable (c'est-à-dire qu'il tend vers la neutralité), une reminéralisation est possible (Figure 5).

En effet, les ions calcium et phosphate provenant de la salive et du biofilm diffusant vers l'émail, permettent un enrichissement de la couche de surface (incorporation et recristallisation des phosphates de calcium). Bien que la reconstitution de cette nouvelle couche soit incomplète, elle permettra, grâce à un accroissement de sa résistance, de palier plus aisément aux attaques acides futures.

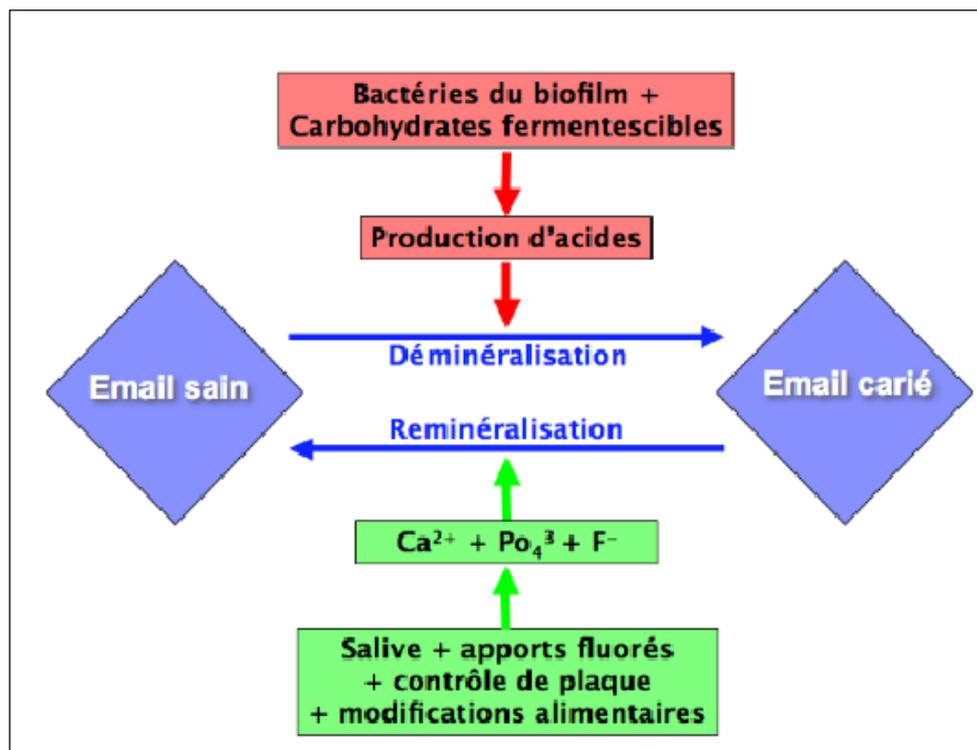


Figure 5 : Dynamisme du processus carieux d'après Selwitz, Ismail, et Pitts, « Dental caries », 2007⁽³¹⁾

3.2.4.2. Modèles étiologiques de la lésion carieuse

Les leucomes précaries ont une étiologie multifactorielle. En 1959, Keyes définit les trois facteurs de risques principaux de la carie : les bactéries, l'hôte, et le régime alimentaire. Ce schéma élémentaire fut modifié en 1978 par Newbrun qui y ajouta le facteur temps, indissociable des trois précédents^(31,32).

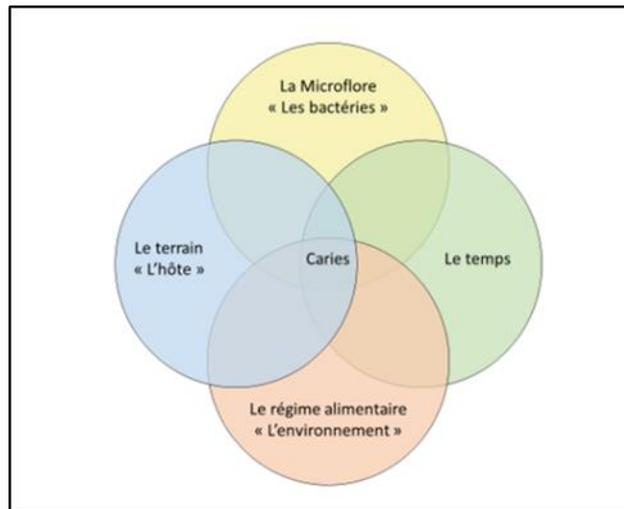


Figure 6 : Diagramme de Keyes modifié par Newbrun 1978⁽³³⁾

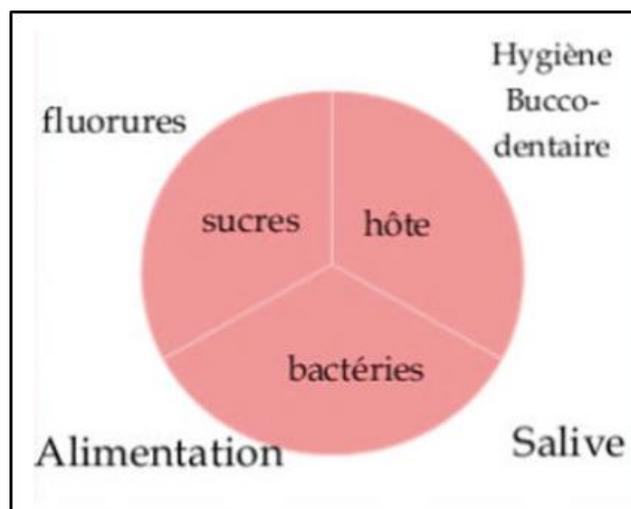


Figure 7 : Diagramme causal de la carie dentaire d'après Bochout et coll⁽³⁴⁾

A partir de 2007, grâce à l'expérience acquise en cariologie, trois catégories de facteurs de risques (reprenant les principes initiaux développés par Keyes, modifiés par Newbrun) ont pu être distinguées, selon leur niveau d'implication :

- les facteurs directement liés au développement de la carie ;
- les facteurs liés à l'environnement buccal ;
- les facteurs propres à l'individu.

3.2.4.3. Facteurs contribuant directement au développement des taches blanches de l'émail

A. Facteurs microbiens

Les bactéries cariogènes

On retrouve trois catégories de bactéries cariogènes :

- Les Streptococcus mutans : principale bactérie cariogène, elle va permettre l'initiation de la lésion carieuse.
- Les Lactobacillus : impliqués dans la progression de la lésion carieuse.
- Les Actinomyces : spécifiques des caries radiculaires.

Les bactéries cariogènes possèdent quatre propriétés principales :

- Fermentaires
- Adhérentes
- Capables de synthétiser les polysaccharides extracellulaires, acidogènes et acidophiles
- Capables de croître en milieu acide.

Le biofilm dentaire

Le biofilm dentaire est « une accumulation hétérogène, adhérente à la surface des dents ou située dans l'espace gingivo-dentaire, composée d'une communauté microbienne riche en bactéries enrobées dans une matrice intercellulaire de polymères d'origine microbienne et salivaire ».

La formation du biofilm est un processus dynamique qui se décompose en plusieurs étapes. Elle s'initie par l'apparition d'une pellicule acquise exogène (PAE), qui est un film protéique très fin d'origine salivaire se formant spontanément à la surface des dents.

Grâce aux récepteurs moléculaires que comporte la PAE, des bactéries dites pionnières vont venir coloniser les surfaces dentaires. Il s'agit essentiellement des streptocoques oraux.

Puis, la sécrétion d'exo-polysaccharides de surface par les bactéries initiales va permettre l'adhésion de nouvelles bactéries, créant ainsi une véritable communauté bactérienne. Progressivement, le biofilm va se densifier, et donc mettre les bactéries les plus proches de la surface dentaire en état d'anaérobiose. Or, ces bactéries (notamment *S. mutans*) sont capables de transformer le saccharose en polymères, de les stocker, puis de les dépolymériser lorsque les hydrates de carbone exogènes ne sont plus disponibles, d'où le potentiel acidogène et cariogène du biofilm mature^(13,35).

B. Régime alimentaire

L'alimentation est dite cariogène quand elle se caractérise par :

- Une richesse en mono et disaccharides, sucres facilement transformables par les bactéries de la flore buccale en acide lactique
- Une consistance molle et collante et qui sera par conséquent lentement éliminée par la salive
- Une consommation fréquente durant la journée.

Par conséquent, la nature des aliments joue un rôle très important dans le développement des caries. Les lipides, en réduisant l'adhésion de la plaque à la surface de l'émail sont dit carioprotecteurs, alors que les glucides présentent un potentiel cariogène important, mais avec un degré dépendant du poids moléculaire des hydrates de carbone, plus ce dernier est bas, plus la fermentation et donc la production d'acide sera rapide.

Ainsi, la fréquence d'ingestion des sucres ainsi que la texture de l'aliment (collant) seront plus importantes que la quantité totale de sucres ingérés car ils augmenteront le temps de contact des acides.

Le moment de l'ingestion est également un facteur important car la salive, grâce à son pouvoir tampon, neutralise les acides bactériens. Elle est plus abondante pendant les repas (d'où la prohibition des grignotages), et le jour plutôt que la nuit⁽³⁶⁾.

Différents types de sucres et leur impact sur la déminéralisation de l'émail

Les glucides, et plus particulièrement les sucres fermentescibles, jouent un rôle prépondérant dans la déminéralisation de l'émail dentaire.

Saccharose (Sucre de table)

Un disaccharide composé d'une molécule de glucose et d'une molécule de fructose. Il est rapidement hydrolysé par les enzymes bactériennes (glucosyl transférases) en glucose et en fructose. Ces monosaccharides sont ensuite fermentés par les bactéries, produisant des acides (acide lactique, acide acétique, etc.) qui abaissent le pH de la plaque dentaire en dessous du seuil critique de déminéralisation de l'émail (environ 5,5).

Le saccharose est considéré comme l'un des sucres les plus cariogènes en raison de sa rapidité de métabolisation et de la grande quantité d'acides qu'il génère.

Glucose et Fructose (Sucres simples)

Étant des Monosaccharides, le glucose et le fructose sont directement fermentés par les bactéries de la plaque dentaire, produisant également des acides. Cependant, leur métabolisation est généralement moins rapide et la quantité d'acides produite est moindre comparée au saccharose.

Bien que le glucose et le fructose contribuent à la déminéralisation de l'émail, leur potentiel cariogène est inférieur à celui du saccharose.

Lactose (Sucre du lait)

Est également un disaccharide composé d'une molécule de glucose et d'une molécule de galactose. Il est moins facilement métabolisé par les bactéries de la plaque dentaire en raison du manque d'enzymes spécifiques (lactases) chez certaines espèces bactériennes. Le lactose est considéré comme moins cariogène que le saccharose, le glucose et le fructose.

Amidon (Glucide complexe)

Polysaccharide composé de longues chaînes de molécules de glucose. L'amidon ne peut pas être directement métabolisé par les bactéries de la plaque dentaire. Il doit d'abord être hydrolysé en sucres plus simples (maltose, glucose) par les enzymes salivaires (amylases).

Le potentiel cariogène de l'amidon dépend de plusieurs facteurs, tels que sa structure (amidon cru vs amidon cuit), sa concentration, la présence d'autres sucres et la durée de contact avec les dents

Le poids moléculaire des sucres peut également influencer leur potentiel cariogène, bien que cet aspect soit moins souvent mis en avant que d'autres facteurs tels que la fréquence de consommation ou la texture des aliments.

Sucres de faible poids moléculaire (monosaccharides et disaccharides) : Les sucres de petite taille, tels que le glucose, le fructose et le saccharose, ont un poids moléculaire faible. Ils sont plus facilement et rapidement métabolisés par les bactéries de la plaque dentaire, ce qui entraîne une production rapide et importante d'acides.

Sucres de poids moléculaire élevé (polysaccharides) : Les sucres de grande taille, comme l'amidon, ont un poids moléculaire élevé. Ils sont moins facilement métabolisés par les bactéries, car ils doivent d'abord être hydrolysés en sucres plus simples par les enzymes salivaires⁽³⁷⁾.

C. Émail dentaire

Lors de l'apparition des dents sur arcade, l'émail est considéré comme poreux et il faut compter trois ans pour obtenir un émail mature, il est donc perméable et incorpore des ions calcium, phosphate et fluor au sein des cristaux d'hydroxyapatite, ces échanges constants entre les fluides buccaux et l'émail lui confèrent sa minéralisation post-éruptive.

La résistance des tissus dentaires sera donc liée d'une part à des facteurs génétiques et d'autre part à son environnement post-éruptif. Les défauts structuraux (type hypoplasique) augmenteront sa vulnérabilité à la carie ⁽³⁸⁾.

D. Facteur temps

Comme évoqué précédemment, la notion de durée d'exposition aux substrats a été ajoutée par Newbrun. En effet, les trois facteurs de risques précédemment développés s'expriment dans la durée, et évoluent au cours du temps ⁽³³⁾.

3.2.4.4. Facteurs liés à l'environnement buccal

Salive

La salive est le principal système de défense contre les agressions, sur le plan quantitatif, le flux salivaire assure l'élimination des débris alimentaires cariogènes hors de la cavité buccale. Qualitativement par son pouvoir tampon, elle permet de limiter les chutes du pH salivaire dues aux acides bactériens.

Par son réservoir d'ions calcium, phosphate et fluor joue un rôle dans l'équilibre entre déminéralisation et reminéralisation et favorise la reminéralisation des lésions carieuses débutantes. Les propriétés antibactériennes sont liées à la présence d'immunoglobulines sécrétrices, de lysozymes, de peroxydases et autres enzymes qu'elle contient ⁽³⁹⁾.

Le rôle de la salive est sous la dépendance de son flux et de son volume total. Ainsi toutes les situations provoquant une hyposialie ou asialie provoqueraient une augmentation importante des lésions carieuses. On relèvera notamment les hyposialies médicamenteuses ou les irradiations cervico-faciales ⁽¹³⁾.

Facteurs locaux aggravant

Certains facteurs locaux favorisent la rétention de la plaque et empêchent son contrôle par le patient, il peut s'agir d'anomalies morphologiques et anatomiques telles que les malpositions dentaires, des soins iatrogènes tels que les obturations inadéquates, les prothèses mal adaptées ou encore les appareillages orthodontiques par l'entassement du biofilm autour des brackets et des excès de résine de collage, le nettoyage s'avère difficile autour de certains accessoires principalement les ressorts et les ligatures ⁽⁴⁰⁾.

3.2.4.5. Facteurs liés à l'hôte

L'âge du patient et ses habitudes ont également un impact considérable sur la survenue et l'évolution des taches blanches de l'émail

On note dans un premier lieu son comportement par rapport à sa santé bucco-dentaire, la fréquence et la qualité du brossage ainsi que ses visites au cabinet dentaire doivent être prises en compte.

Il conviendra également de prendre en considération son hygiène alimentaire (types et fréquences des prises alimentaires), ses éventuelles accoutumances (tabac, alcool, drogues).

Les facteurs médicaux aggravants : certaines pathologies et certaines thérapeutiques comme l'anorexie, le syndrome de Gougerot-Sjögren, le diabète, la prise de neuroleptiques, une radiothérapie ont un effet sur le débit salivaire, la flore buccale et peuvent ainsi augmenter le risque d'apparition des taches blanches.

L'intervention des facteurs sociodémographiques tels que la profession, ou l'éducation parentale, est non négligeable. Le statut socio-économique peut avoir un effet indirect sur le risque carieux en influençant les comportements préventifs et diététiques du patient.

Le jeune âge du patient est considéré comme un facteur de risque supplémentaire pour le développement des déminéralisations autour des brackets.

Kukleva et coll. ont montré que la probabilité de développer des lésions amélaire initiales pendant un traitement orthodontique est sept fois supérieure chez les enfants de

11-15 ans, que chez les 19-24 ans. Cette différence s'explique par le plus faible degré de minéralisation des tissus dentaires, entraînant une faible résistance aux facteurs cariogènes⁽⁴¹⁾.

3.2.5. Conséquence et évolution des taches blanches de l'émail

Initialement, la lésion amélaire n'est pas détectable. Sa progression est déterminée par une balance dynamique conduisant :

À une déminéralisation due à des facteurs pathologiques (bactéries acidogènes, inhibition des fonctions salivaires, fréquence de carbohydrates fermentables ; et

À des facteurs protecteurs conduisant à une reminéralisation (flux salivaire, apports antibactériens naturels et en application topique, par exemple des fluorures.

Tant qu'il est question de lésion initiale, la reminéralisation peut se faire spontanément, une fois les causes corrigées. Nous nous situant alors dans un domaine de prévention et d'autoguérison.

La lésion carieuse englobe un continuum allant de la déminéralisation initiale à l'échelle atomique à la lésion amélaire .détectée à temps, si la balance est en faveur de la prévention est positive, la lésion est réversible.

La lésion carieuse arrêtée peut se transformer en tache brune. Il s'agit d'une lésion présentant une reminéralisation due à des éléments exogènes. Cette stabilisation de la lésion pourrait être due à une rééquilibration du milieu buccal et à la réduction en hydrates de carbone cariogènes du régime alimentaire.

Une fois atteinte la jonction amélo dentinaire, un décollement se produit entre les structures amélares et dentinaires. La lésion diffuse d'abord par la fissure entrebâillée dans un aspect en demi-lune, situé entre l'émail et la dentine⁽¹⁴⁾.

**Traitement orthodontique et
développement des taches blanches de
l'émail**

4. Traitement orthodontique et développement des taches blanches de l'émail

4.1. Effet du traitement orthodontique sur le contrôle de la plaque dentaire

L'objectif principal des thérapeutiques orthodontiques est de corriger les malpositions et d'assurer le rétablissement de l'alignement dentaire facilitant ainsi les manœuvres d'hygiène bucco-dentaire qui contribuent à la santé des tissus dentaires et parodontaux. Cependant, tout au long du traitement, le maintien d'un contrôle de plaque dentaire correct par le patient est rendu difficile par la présence d'attaches, d'arcs ou encore de ligatures qui forment une source de rétention de plaque dentaire et qui rendent le brossage moins aisé.

De ce fait les thérapeutiques orthodontiques entraînent des modifications quantitatives et qualitatives de la plaque dentaire⁽⁴²⁾.

4.1.1. Modifications quantitatives

Les manœuvres d'hygiène bucco-dentaire deviennent de plus en plus difficiles quand l'appareil dentaire est complexe comportant plus de ressorts et de boucles. Klukowska, et al. ont observé un taux de plaque moyen de 41,9% +/- 18,8% chez les patients porteurs d'appareils orthodontiques fixes, tandis que ce taux est compris en moyenne entre 10% et 20% pour les patients non porteurs de dispositifs orthodontiques^(43,44).

La configuration des attaches conventionnelles offre de nombreux sites particulièrement prédisposés à l'accumulation de la plaque dentaire. Notamment les surfaces mésiales et distales de la base des brackets, ainsi au niveau de l'interstice présent à la jonction entre l'attache et la base⁽⁴⁵⁾.

Les ligatures en acier ou en élastomère utilisées sur les attaches conventionnelles sont une autre source de rétention de plaque dentaire et d'entrave aux méthodes d'hygiène bucco-dentaire. L'agrégation de micro-organismes s'opère également au niveau de la résine périphérique à la base de l'attache, avec une prédominance de bactéries sphériques et en bâtonnet⁽⁴⁶⁾.

4.1.2. Modifications qualitatives

Bactéries cariogènes

La mise en place d'appareils orthodontiques modifie les conditions écologiques de la cavité orale en créant de nouveaux sites rétentifs propices à la colonisation et à la multiplication bactérienne. Des changements dans la flore microbienne sont ainsi observés en faveur de bactéries cariogènes, telles que les lactobacilles et les streptocoques. Peros, et al. ont mis en évidence une augmentation significative du taux de *Streptococcus mutans* et de *Lactobacillus*. Débutant à la 6^e semaine suivant la mise en place d'un dispositif orthodontique et se poursuivant jusqu'à atteindre un pic à la 12^{ème} semaine. Ce déséquilibre dans la flore microbienne favorise l'installation d'un environnement acidogène et pourrait expliquer l'incidence élevée de déminéralisations chez les sujets porteurs d'appareils orthodontiques⁽⁴⁷⁾.

Les modifications quantitatives et qualitatives de la plaque dentaire, faisant suite à l'introduction de dispositifs orthodontiques dans la cavité orale, créent des conditions environnementales particulièrement favorables au développement de la maladie carieuse. Les premiers signes cliniques de la déminéralisation amélaire apparaissent sous la forme de lésions opaques blanches par modification de la diffusion de la lumière au travers de l'émail poreux décalcifié⁽⁴⁸⁾ (Figure 08).



Figure 8 : Lésion opaque blanche située au collet de la 13 chez une patiente âgée de 20 ans, porteuse d'un appareil orthodontique multi-attache⁽⁴⁸⁾.

4.2. Effet cariogène de la préparation de la surface dentaire avant le collage des brackets

Le mécanisme d'adhésion à l'émail repose sur un ancrage micromécanique de l'adhésif qui pénètre dans les rugosités créées par un mordantage à l'acide. Le nettoyage est l'étape initiale qui a pour but de supprimer, avant le conditionnement acide, la pellicule d'émail organique et la plaque bactérienne qui empêcherait tout contact intime du matériau à la surface dentaire⁽⁴⁹⁾.

4.2.1. Effet du nettoyage

L'objectif de cette étape n'est plus à discuter, néanmoins son effet sur la surface de l'émail n'est pas anodin. Les travaux de Hosein et al, en 2004 ont montré que la perte amélaire lorsque ce nettoyage est réalisé à l'aide d'une brosse enduite de ponce est en moyenne de 10,7 μm , mais qu'elle semble réduite à 5 μm lorsqu'on utilise une meulette en caoutchouc, ce qui confirme l'étude réalisée préalablement par Thompson et al. (1981) qui trouvaient des valeurs de pertes amélaire respectivement de 14,38 μm et 6,90 μm pour la brosse enduite de ponce et la cupule en caoutchouc^(50,51).

4.2.2. Effet du mordantage

L'émail non traité est lisse, donc non rétentif. Il est donc préalablement traité à l'aide d'une solution acide, ce qui permet la création d'un relief favorable à l'ancrage de la colle, en obtenant une surface rugueuse après dissociation des prismes d'émail.

La perte amélaire pendant le mordantage dépend de l'acide utilisé, de sa constante de dissociation, de sa concentration, du temps d'application à la surface de l'émail.

*Acide orthophosphorique

C'est l'acide le plus fréquemment utilisé précédemment au collage avec des résines composites classiques. Actuellement il est utilisé à un titrage à 37% pendant 15 à 30 secondes⁽⁵²⁾.

Le mordantage à l'acide orthophosphorique est la technique la plus efficace pour la préparation de la surface de l'émail, mais c'est une technique agressive, puisque ce conditionnement acide entraîne une perte de la couche superficielle de l'émail qui peut atteindre 8 à 15 μm , avec en plus des variations importantes à la surface de l'émail, lors des attaques intra prismatiques (la perte pouvant alors aller jusqu'à 170 μm)⁽⁵³⁾.

***Acide polyacrylique**

Il est utilisé pour le conditionnement de la surface amélaire avant le collage par des ciments verres ionomères (CVI) ; modifié par adjonction de résine (CVIMAR). On utilise de l'acide polyacrylique à 10 % pendant environ 20 secondes ⁽⁵⁴⁾.

Sur le plan morphologique, aucune modification de la surface amélaire ne semble être apportée par le traitement à l'acide polyacrylique : aucune différence n'est notée entre la surface amélaire poncée et la surface amélaire poncée et traitée par l'acide. L'acide polyacrylique ne réalise pas un mordantage, il ne crée pas de rugosités à la surface de l'émail⁽⁵⁵⁾. Le traitement de l'émail à l'acide polyacrylique aurait une action plus écologique que le traitement à l'acide orthophosphorique.

***Utilisation d'un adhésif automordant et atteinte de l'émail :**

Son principe d'action repose sur une déminéralisation et une infiltration simultanée de la résine, son utilisation a été proposée par Degrange en mai 1999 dans le cadre du collage en orthodontie.

On note en effet des variations significatives entre les pertes d'émail observées à la suite d'un mordantage à l'acide orthophosphorique à 37% et celles obtenues après utilisation d'un adhésif automordant. Après nettoyage et etching conventionnel, les pertes cumulatives étaient en moyenne de 30 μm à 170 μm , alors qu'avec un adhésif automordant, elles ne sont que de 0,03 à 0,74 μm ^(50,56)

4.2.3. Excès du mordantage

Selon Michael Knosel , L'application excessive d'acide de mordantage sur une surface amélaire, lorsqu'elle n'est pas limitée à la stricte surface de l'attache orthodontique, doit être évitée de façon à prévenir l'apparition iatrogène de leucomes. Les durées du conditionnement acide n'excédant pas 15 secondes sont favorables. Les conclusions tirées de son étude faite en 2012 sont les suivantes :

1. Les trois facteurs – conditionnement acide trop étendu, longueur de l'expérimentation dans le temps et brossage insuffisant – ont chacun une influence comparable sur la déminéralisation de l'émail.
2. Le conditionnement acide trop étendu a un effet sur la déminéralisation qui est potentialisée par les deux autres facteurs (temps et brossage insuffisant) (Figure 09).
3. On s'appliquera à éviter de déminéraliser une surface trop étendue par rapport à la zone de collage de l'attache pour ne pas induire une lésion précarieuse iatrogène.
4. Dans l'optique de prévenir l'apparition de lésions pré-cariées, on limitera le conditionnement acide à 15 secondes⁽⁵⁷⁾.

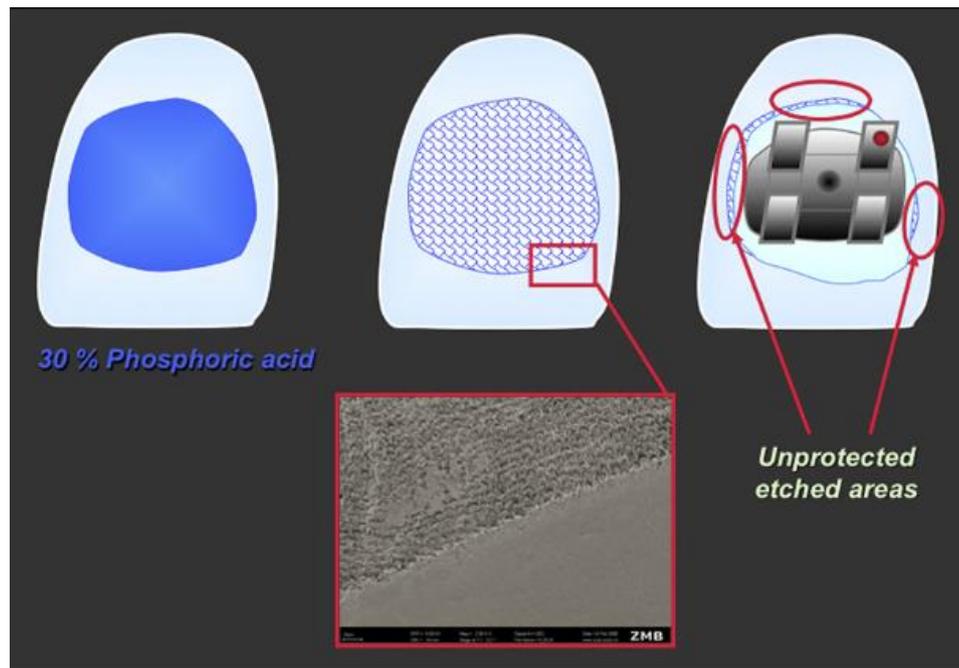


Figure 9 : WSL , conséquence iatrogène d'un surplus accidentel de mordantage ⁽⁵⁷⁾

4.3. Effet cariogène du collage

4.3.1. Choix des matériaux de collage

De nos jours, l'orthodontiste a à sa disposition de nombreux matériaux de collage présentant des caractéristiques variées. Il existe deux grandes catégories de colles : les composites et les Ciments Verres Ionomères Modifiés par l'Adjonction de Résine (CVI MAR).

Parmi les composites, on distingue ceux nécessitant une préparation de la surface amélaire par l'acide orthophosphorique. C'est une technique agressive, puisque ce conditionnement acide entraîne une perte de la couche superficielle de l'émail qui peut atteindre 8 à 15 μm .

Les colles automordançantes font également partie des composites, leurs avantages sont indéniables, ils ont une efficacité comparable aux colles nécessitant un conditionnement acide préalable, mais surtout l'attaque est beaucoup moins agressive qu'avec un mordantage à l'acide orthophosphorique, de plus le risque de rupture cohésive dans l'émail, lors de la dépose des attaches est moindre qu'avec une résine nécessitant un traitement acide. Le décollement se fait plus fréquemment au niveau de l'interface émail-adhésif. Larmour et Strippus (2003) , ont montré que lors de la dépose des attaches orthodontiques collées à l'aide d'un SAM (Système Automordançant), il y a moins de rétention de colle sur la surface amélaire que lors du collage à l'aide d'un adhésif conventionnel⁽⁵⁸⁾.

Les CVIMAR sont actuellement une alternative très intéressante aux composites de collage. Ils combinent les propriétés des ciments verres ionomères avec la résistance des composites due à la polymérisation des composants résineux. Ils procurent donc une force d'adhésion supérieure aux ciments verres ionomères traditionnels, mais statistiquement inférieure aux colles résineuses. Sachant que la pratique orthodontique quotidienne nécessite une adhérence de 14 MPa (MégaPascal), l'adhérence moyenne des CVIMAR est de 15,1 MPa. Les résines offrent une adhérence moyenne de 20 MPa⁽⁵⁹⁾.

Rappelons que le méga pascal = 10^6 pascal exprime la force nécessaire pour séparer deux matériaux par unité de surface.

Ils présentent l'avantage de ne pas entraîner de modification des surfaces dentaires après la dépose des attaches orthodontiques. Ils montrent également une excellente tolérance à l'humidité et un potentiel d'interaction ionique avec leur environnement, d'où leur capacité de relarguer des ions fluorures sans faire diminuer la force d'adhésion du ciment, ou encore de se recharger en ions fluorures à partir de sources externes pour en relarguer. En conclusion les CVIMAR peuvent réduire la déminéralisation de l'émail autour des brackets orthodontiques, particulièrement au niveau des surfaces dentaires présentant un risque important de développer des caries. Ils encouragent donc leur utilisation comme matériau de collage lors des traitements orthodontiques⁽⁶⁰⁾.

Il incombe au praticien de savoir associer au mieux les différents systèmes de collage afin d'assurer un compromis entre une bonne adhérence des attaches et la protection de l'émail.

4.3.2. Conséquences du collage

La polymérisation de la résine de collage ne se fait pas à certains endroits. Cette non homogénéité de polymérisation est un problème important, Matasa (1995) souligne que certaines résines utilisées pour le collage ont une matrice polymérique qui peut abriter et nourrir une grande variété de micro-organismes aérobies et anaérobies, spécifiques du milieu buccal ou opportunistes, parmi lesquels streptococcus mutans. Leur accumulation peut entraîner une rupture du collage, et éventuellement l'attaque de l'émail dentaire favorisant ainsi le développement des taches blanches, la zone marginale, à la jonction entre l'attache et l'émail, reste la zone la plus sensible⁽⁶¹⁾.

L'élimination des excès de colle avant la prise est indispensable afin qu'ils ne constituent pas un facteur de rétention de plaque bactérienne supplémentaire.

Il faudra veiller à ce que le joint périphérique ne soit pas en contre dépouille : selon Palot, il sera idéalement en biseau aigu, afin de faciliter l'hygiène et le passage du flux salivaire⁽⁶²⁾.

4.4. Choix de l'appareil orthodontique fixe

4.4.1. Bagues scellées

Les bagues sont les moyens d'attache les plus anciens. Aujourd'hui, elles sont encore fréquemment posées au niveau des premières et des deuxième molaires. Il s'agit d'une bande métallique préformée enserrant la couronne de la dent, comportant des attachements soudés en vestibulaire ou en palatin, notamment des tubes dans lesquels glissent les arcs.

La qualité des bagues ainsi que celle du ciment intervient lors du scellement et conditionne le risque cariogène :

Les bagues doivent être parfaitement ajustées, et leur bord occlusal pourra être légèrement buterollé afin de maintenir un scellement correct et protéger l'émail des déminéralisations.

La cause du processus carieux est généralement liée à la rupture du ciment et sa solubilité. Idéalement, il devrait avoir :

- Une bonne résistance à la dissolution en milieu buccal ;
- Une rétention forte ;
- Une bonne résistance mécanique ;
- Une biocompatibilité ;
- Une mise en œuvre aisée pour limiter les risques d'erreur de manipulation ;
- Des propriétés cariostatiques.

Mais le ciment parfait n'existe pas. Ce qui incombe au praticien de vérifier à chaque rendez-vous la stabilité des bagues et la qualité du scellement.

En orthodontie, on distingue deux types de ciments : les ciments fluorés à base de poly carboxylate de zinc, et les ciments verres ionomères modifiés par adjonction de résine (CVIMAR).

Les résultats de nombreuses études ont montré que le ciment aux verres ionomères, et plus particulièrement le CVIMAR est le meilleur ciment de scellement orthodontique ⁽⁶³⁾.

4.4.2. Brackets collés

Les brackets sont des attachements dont le rôle est de transmettre les forces et les moments délivrés par les systèmes orthodontiques aux dents. Ils sont constitués d'une base, d'un slot et de plots. Ils présentent des avantages par rapport aux bagues. Outre leur facilité de pose et de dépose, ils sont plus esthétiques, plus hygiéniques, et moins irritants pour la gencive.

4.4.2.1. Type de brackets utilisés

Les brackets peuvent être :

- Métalliques, fabriqués à partir d'alliages tels que l'acier inoxydable ou le titane ;
- À visée esthétique : en céramique, en matériau polymérique ou en saphir monocristallin.

Une étude menée par Eliades et al. ont montré que, quel que soit le type de bracket utilisé, une augmentation des forces d'adhésion est observée, impliquant une grande probabilité d'attachement des micro-organismes cariogènes⁽⁶⁴⁾.

L'étude in-vivo menée quelques années plus tard par Anhoury confirme ces résultats : aucune différence significative n'a été trouvée concernant l'accumulation des bactéries cariogènes entre les brackets métalliques et céramiques⁽⁶⁵⁾.

Ce qui ne correspond pas avec l'étude clinique de Sanja Jurišić et al en 2016 dont le but était de détecter l'effet de deux types de brackets différents (céramique et acier inoxydable) et d'étudier l'efficacité de deux bains de bouche à la chlorhexidine 0,2% sur l'état d'hygiène bucco-dentaire et l'incidence des WSL chez les adolescents portant un appareil orthodontique fixe. La première hypothèse nulle était que les brackets en acier inoxydable et en céramique ne montrent aucune influence sur l'état d'hygiène bucco-dentaire et l'incidence des WSL. La deuxième hypothèse nulle de l'étude était que deux bains de bouche CHX 0,2% différents ne présentaient aucune différence dans l'efficacité de la réduction de l'incidence des WSL et de l'amélioration de l'hygiène bucco-dentaire chez les adolescents subissant un traitement orthodontique fixe. Les résultats de son étude ont montré que les brackets orthodontiques en céramique, ainsi que l'utilisation de CHX 0,2% avec système anti décoloration ont permis d'améliorer l'hygiène bucco-dentaire et de réduire l'incidence des lésions de points blancs⁽⁶⁶⁾.

4.4.2.2. Positionnement des brackets

Afin de limiter la rétention de plaque et faciliter l'hygiène bucco-dentaire, le positionnement et l'adaptation corrects du bracket sont essentiels.

Le praticien doit respecter les critères de positionnement mésio-distal et vertical des brackets, pour cela il doit vérifier par une vue occlusale que les attaches sont centrées sur les incisives, alignées sur la pointe cuspidienne pour les canines, et centré sur le sillon vestibulaire pour les molaires.

Le positionnement vertical se fait à l'aide d'une jauge, il est préférable de placer les attaches à distance de la gencive.

Malheureusement, ces critères ne sont pas toujours respectés, notamment en cas de faible hauteur coronaire ou de dents peu évoluées qu'il faut tracter. Dans ce genre de situation, le praticien doit éliminer minutieusement l'excès de colle entourant les attaches notamment du côté cervical et aussi d'insister encore plus fermement sur l'hygiène bucco-dentaire⁽⁴⁹⁾.

4.4.3. Différentes techniques de ligature

Il existe de nombreuses variantes parmi les appareils orthodontiques fixes utilisés aujourd'hui, mais la méthode de ligature les divise en deux grandes catégories : la ligature conventionnelle (utilisant des modules en élastomère ou une ligature par fil) et l'auto-ligature (mécanisme de ligature incorporé dans le bracket). Des études ont évalué la colonisation microbienne des brackets conventionnels associés aux fils de ligature par rapport aux modules en élastomère, et tandis que certains n'ont trouvé aucune différence significative dans l'accumulation de plaque, d'autres ont trouvé une augmentation de l'accumulation de plaque avec l'utilisation d'appareils ligaturés en élastomère^(67,68).

Tyson Buck et al en 2011 ont quantifié, dans un groupe de patients, les bactéries de la plaque autour des brackets autoligaturants par rapport aux brackets à ligature élastomérique conventionnels et ont constaté qu'à 5 semaines après le collage, l'accumulation de plaque autour des brackets autoligaturants était significativement plus faible. Les vendeurs de brackets autoligaturants et certains orthodontistes affirment des réductions de la quantité d'accumulation de plaque autour des brackets autoligaturants, mais d'autres études sont nécessaires pour étayer ces affirmations. Le même groupe a été suivi et après une année de traitement orthodontique, une autre étude plus approfondie a conclu qu'il ne semblait y avoir aucune différence dans la rétention des bactéries de la plaque ou du nombre de taches blanches de l'émail en comparant les types de brackets⁽⁶⁹⁾.

Ömür Polat et al (2008) n'ont trouvé aucune différence, en termes de formation de taches blanches de l'émail, entre l'utilisation des brackets conventionnels et brackets autoligaturants ; la formation des leucomes dépend en grande partie de l'état d'hygiène bucco-dentaire des patients, et non du type de bracket ou de ligature⁽⁷⁰⁾.

4.5. Effet de la dépose de l'attache orthodontique sur l'atteinte de l'émail

La dépose des attaches orthodontiques nécessite la mise en œuvre de forces nécessaires pour les déloger de leur support amélaire, et la dépose de tout adhésif résiduel, afin de restituer la surface amélaire telle qu'elle était avant le collage, en veillant à ne pas entraîner de lésions de l'émail. La force de décollement maximale du bracket doit être inférieure à la force de fracture de l'émail qui est d'environ 14 MPa⁽⁴⁹⁾.

Le risque de lésions amélaire engendré par la dépose est présent chaque fois que le site de rupture se situe au niveau du joint adhésif/émail, ou directement dans l'émail. Elles

peuvent aller d'une simple fissure jusqu'aux fractures amélaire, qui peuvent aller jusqu'à la jonction amélo dentinaire, en passant par les arrachements de prismes amélaire⁽⁷¹⁻⁷³⁾.

4.5.1. Atteinte amélaire en fonction de la technique de dépose

4.5.1.1. Dépose mécanique conventionnelle

Le principe d'une dépose atraumatique repose sur l'application d'une force douce de pelage par une pince droite ou angulée au niveau de la base de l'attache. Par cette compression mésio-distale de la base, la rupture du joint collé se ferait préférentiellement dans l'adhésif plutôt que dans l'émail. Il est recommandé de serrer sur les ailettes du bracket (bracket siamois biplot). Ceci a pour conséquence de diminuer l'espace entre ces ailettes dans le sens mésio-distal, tout en déformant la base du bracket, ceci entraîne le décollement sans exercer de traction sur la dent elle-même.

Il est également conseillé d'utiliser des mors étroits plutôt que des mors larges, car ainsi la surface de contact entre les mors et l'interface bracket /adhésif est plus petite, la force de dépose nécessaire est donc moins importante (réduction de 20 %) et la surface amélaire est moins sollicitée.

Les pinces à griffes de par leurs appuis dentaires présentent un risque de rayer l'émail en laissant des sillons profonds à sa surface. Il convient donc d'éviter au maximum le contact amélaire. Les pinces à décoller les attaches avec appui dentaire sont à rejeter car elles risquent de léser l'émail en divers endroits.

Il s'agit de la méthode largement recommandée, cependant elle présente deux inconvénients majeurs : le risque de fracture des attaches, et le risque de fracture de l'émail dû aux sollicitations importantes que subit la surface amélaire au moment de la dépose⁽⁷⁴⁾.

4.5.1.2. Dépose électrothermique

La technique consiste à apporter de la chaleur à l'interface attache/adhésif au travers des attaches, à l'aide d'un courant électrique de caractéristiques particulières, afin de modifier les caractéristiques physiques de l'adhésif. La séparation attache/colle se fait donc sans force, l'émail n'est pas sollicité (le site de rupture se situe au niveau du joint attache/adhésif).

Bishara et Trulove (1990) suggèrent l'utilisation de cette technique pour déposer les brackets céramiques. Ils ont en effet remarqué une diminution du nombre de fractures des attaches lors de la dépose, et affirment que le temps nécessaire ne diffère pas de façon significative par rapport à l'utilisation de pinces⁽⁷⁵⁾.

Parmi les inconvénients de cette technique, on peut cependant noter le risque d'apparition de douleur et de formation de cracks dans l'émail à la suite du choc thermique. Cette technique est peu utilisée par les orthodontistes.

4.5.1.3. Dépose au laser

La dépose est réalisée par illumination de l'attache par le laser. Comme pour la dépose électrothermique, les forces nécessaires sont moins importantes que lors d'une dépose mécanique, et le risque de lésions amélaire est en conséquence diminué. Cependant, il reste un risque d'élévation de la température pulpaire (qui ne dépasserait pas le seuil de tolérance thermique), et d'induire des cracks (fissures) à la suite du choc thermique. Cette technique est peu utilisée par les orthodontistes⁽⁷⁵⁾.

4.5.1.4. Dépose aux ultrasons

Avec cette technique la force appliquée est également moins importante. De plus, le site de rupture se situe au niveau de l'interface attache/adhésif ce qui laisse penser que cette technique est peu traumatisante pour l'organe dentaire. Selon Bishara et Trulove (1990), il serait possible avec les ultrasons de déposer la totalité de l'adhésif sans léser la surface amélaire. Cependant, cette technique reste coûteuse, le temps de dépose est allongé, ce qui augmente l'inconfort du patient, et elle peut engendrer des sensibilités dentaires. Cette technique est peu utilisée par les orthodontistes^(76,77).

4.5.2. Atteinte amélaire et type de brackets utilisés

*Brackets métalliques

Ils peuvent être utilisés dans la majorité des cas, ils sont en acier inoxydable ; les attaches métalliques présentant des rétentions mécaniques, le site de rupture au moment de la dépose se situe préférentiellement au niveau de l'interface attache/adhésif ou dans l'adhésif. L'utilisation de brackets biplots permet facilement de faire intervenir ce site de rupture.

* Brackets céramiques

Elle peuvent adhérer par liaison mécanique, dans ce cas la force d'adhésion est normale , ou par liaison chimique (la céramique est recouverte d'une couche moléculaire de plastique par silanisation), et l'adhésion de ces attaches à l'interface adhésif/attache devient excessive et lors du décollement (en fin de traitement ou lors d'un décollement accidentel), le site de rupture se situe alors à l'interface adhésif/email entraînant des pertes amélaire.

Par ailleurs, les attaches céramiques sont beaucoup plus susceptibles de se fracturer que les attaches métalliques, quel que soit le type de dépose. En effet elles sont caractérisées par une

dureté exceptionnelle, bien supérieure à celle des attaches métalliques, mais en termes de résistance au choc et de résistance à la fracture, la dureté et la nature du matériau le rendent beaucoup plus cassant : elles sont rigides, fragiles et non ductiles. Or toute fracture (partielle ou totale) est indésirable car elle implique des difficultés d'élimination des fragments restés collés à l'émail. Il est alors nécessaire de déposer ces fragments à l'aide d'ultrasons ou de

fraises diamantées avec, surtout en ce qui concerne la fraise diamantée, un risque important de léser l'émail et de chauffer les tissus dentaires⁽⁷⁸⁾.

*Brackets plastiques

Ils sont de plus en plus utilisés ; surtout pour pallier les difficultés rencontrées lors de l'utilisation des brackets céramiques, car leur utilisation n'entraîne pas de fracture.

4.5.3. Effet de l'éviction de l'adhésif sur l'atteinte amélaire

La quantité d'adhésif présent à la surface de l'émail après la dépose des attaches est variable en fonction de la localisation du site de rupture : elle est plus importante lorsqu'il se situe à l'interface attache/adhésif. Quoi qu'il en soit, cet adhésif doit être déposé à son tour. Le problème est que grâce au mordantage, il a pu pénétrer à l'intérieur de l'émail formant des languettes connues sous le terme anglais « tags » résineux. La profondeur de ces languettes de résine varie selon les auteurs : de 10 à 25 μm pour Gwinnet et Matsui (1967), à 80 μm en moyenne pour Dietrich, (1981). Malheureusement, il n'existe aucun instrument qui, en extirpant ces résidus de colle, laisserait la surface amélaire intacte.

Il existe différentes méthodes de dépose de l'adhésif résiduel et de polissage :

- Les instruments tels que les pinces à couper les ligatures, les pinces à gratter les résines de collage sont à proscrire puisqu'elles rayent profondément l'émail, et selon Gwinnet et Gorelick (1977) ces rayures persistent même après un polissage soigneux. De plus, ces instruments sont plus durs que l'émail (leur dureté varie de 7 à 9 selon l'échelle de Mohs, alors que celle de l'émail est de 7), et peuvent donc l'endommager ⁽⁷⁹⁻⁸¹⁾.

- Les instruments rotatifs :

- ***Fraises diamantées** : sont trop agressives, même pour des granulométries fines, elles provoquent d'importantes rayures (la dureté du diamant est de 10 selon l'échelle de Mohs, c'est la plus élevée). L'élimination complète des rayures obtenues est impossible, même après polissage.

- ***Fraises en carbure de tungstène** : la technique la plus appropriée pour déposer l'adhésif résiduel serait l'utilisation de fraises en carbures de tungstène à faible vitesse. Il y a apparition de rayures discrètes parallèles dans la surface de l'émail, qui peuvent être éliminées (dans leur quasi-totalité) par polissage.

- * **Fraises acier** : à éviter car elle provoque des rayures à la surface de l'émail difficile à éliminer.

***Ultrasons** : l'adhésif résiduel éliminé à l'aide des ultrasons montrent des pertes amélaire minimisées.

De tous les protocoles de dépose de l'adhésif résiduel, aucun ne permet de récupérer une surface amélaire intacte, comme elle l'était avant le traitement .Cependant , selon Hosein et al., la perte minimum d'émail est remarquée lorsque l'on utilise un adhésif automordant pour le collage et lorsque au moment de la dépose, le polissage de l'émail est effectué par une fraise en carbure de tungstène tournant à faible vitesse(les vitesses rapides entraînent plus de dommages amélaire)^(82,83).

Diagnostic des taches blanches de l'émail

5. Diagnostic des taches blanches de l'émail

5.1. Inspection clinique

5.1.1. Examen visuel direct

Le diagnostic des lésions carieuses initiales est principalement permis par l'observation clinique ; à ce stade étant donné le caractère acellulaire, avasculaire, non innervée de l'émail, aucune symptomatologie n'y est associée.

L'observation clinique s'opère après le nettoyage rigoureux des surfaces, à l'aide d'une brosse montée sur contre-angle et d'une pâte prophylactique, ou par aéropolissage. S'en suivra une étape de séchage plus ou moins prolongée des zones les plus suspectes qui permettra de diminuer l'indice de réfraction des espaces inter cristallins : sachant que l'indice de réfraction de l'émail sec et de l'air égal à 1 est diminué par rapport à l'indice de réfraction de l'eau = 1,33, et fera ainsi ressortir les tâches de déminéralisation. Ces dernières présentent alors une zone d'émail mate-opaque, blanc crayeux, de taille et de forme variables dont les contours sont plus ou moins diffus.

Concernant les conditions d'éclairage optimales, la lumière du jour est la source d'éclairage la plus précise et la plus neutre.

Bien qu'il n'y ait pas de durée de séchage unique et universellement acceptée, le but est d'éliminer l'excès d'humidité qui peut masquer les taches blanches de l'émail. 5 à 10 secondes suffisent souvent : De nombreux professionnels dentaires constatent qu'un séchage rapide et doux pendant cette courte période est suffisant pour rendre les taches blanches visibles. Un séchage excessif peut déshydrater l'émail et le faire apparaître artificiellement plus blanc, ce qui pourrait masquer les WSL subtiles.

Cet examen reste dépendant de l'observateur, pour éviter le caractère subjectif de l'observation visuelle d'une lésion carieuse initiale, des indices d'évaluation doivent être utilisés.

5.1.1.1. Indices d'évaluation des taches blanches de l'émail

Indice d'Eliakim Mizrahi 1982

Selon Mezrahi la sévérité de l'opacité est basée sur sa surface . L'opacité était notée pour chaque tiers des surfaces vestibulaires et linguales de chaque dent comme suit :

- 0 : Aucune opacité de l'émail. Une opacité inférieure à environ 1 mm de longueur ou de diamètre était considérée comme absente
- 1 : Une opacité couvrant jusqu'à un tiers de la surface
- 2 : Une opacité couvrant d'un tiers à deux tiers de la surface
- 3 : Une opacité couvrant des deux tiers à la totalité de la surface

Avec les surfaces vestibulaire et linguale contribuant chacune à un score maximum de 9, le score total possible pour une dent était de 18.

Limite : Il est admis que, dans une évaluation subjective de cette nature, il existe des variations dans le score de localisation et de gravité de certaines lésions. Ce type d'erreur est commun à toutes les enquêtes cliniques de cette nature. L'indice de Mizrahi ne prend pas en considération la profondeur de la lésion⁽⁸⁴⁾.

Indice WSL modifié par Gorelick et al. 1982

Il s'agit de l'indice le plus utilisé dans les études de recherche, il évalue les lésions carieuses initiales survenant sur les surfaces vestibulaires des dents selon le score suivant :

0 : aucune tache ou surface blanche visible ni altération de surface (pas de déminéralisation)

1 : WSL visible couvrant moins d'un tiers de la surface, sans perturbation de la surface (légère déminéralisation)

2 : WSL visible couvrant plus d'un tiers de la surface, avec une rugosité de surface mais ne nécessitant pas de restauration (déminéralisation sévère)

3 : cavitation visible, nécessitant une restauration (déminéralisation cavitaire)⁽⁸⁵⁾ (figure 10).

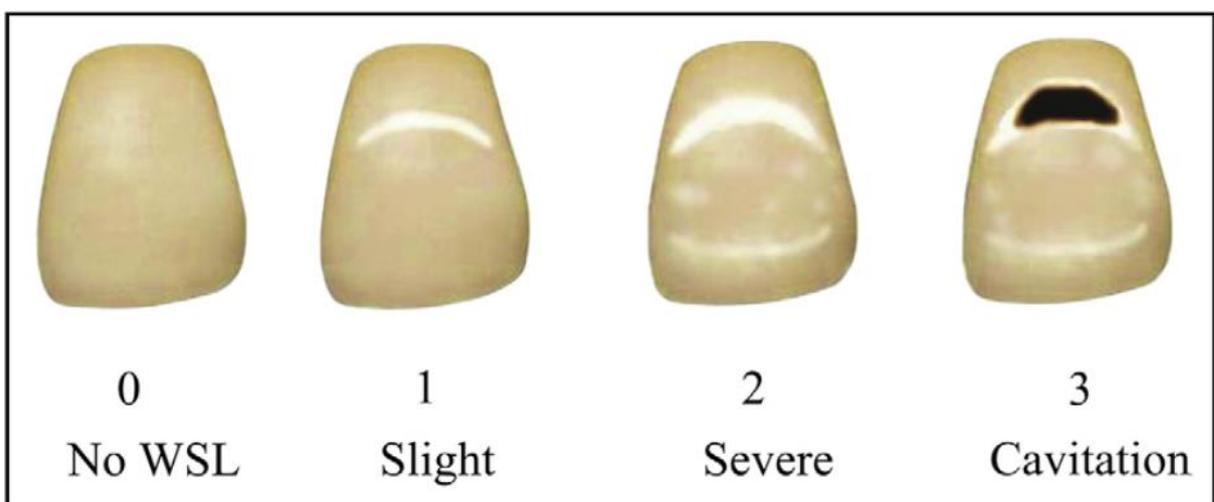


Figure 10 : Représentation schématique de l'indice WSL, modifié par Gorelick et al 1982⁽⁸⁵⁾

L'ICDAS : Système international de détection et d'évaluation de la carie

Dr Pitts et Ismail avaient pour but la création d'un système de détection et d'évaluation des lésions carieuses qui soit utilisable en recherche comme en pratique clinique et ils ont aboutis à l'élaboration des critères ICDAS mis au point en 2001 , modifié en 2005 et renommé ICDAS II. Cliniquement, les signes visuels sont les signes objectifs d'un processus carieux plus ou moins avancé (modification de la teinte amélaire, rupture de l'émail, exposition dentinaire)⁽⁸⁶⁾.

Ekstrand et al ont trouvé une corrélation entre la sévérité de la lésion carieuse et sa profondeur histologique, de même les lésions peuvent être à évolution rapide sous la forme de taches blanches, ou à évolution lente d'allure brun noir.

Rappelons que les lésions à progression lente se caractérisent par une déminéralisation agressive qui permet des réactions de défense qui n'arrêtent pas le processus mais ralentissent sa progression en réduisant la perméabilité. Ces lésions sont majoritairement observées chez l'adulte en raison du degré de minéralisation plus important des tissus dentaires, on les retrouve fréquemment chez les populations exposées au fluor.

Alors que les lésions à progression rapide sont dues à plusieurs facteurs tels que l'intensité du métabolisme du biofilm cariogène, l'hygiène orale inadéquate et aussi un environnement pauvre en fluorure.elles sont localisées au niveau de tissus qui n'ont pas encore atteint leur maturité en particulier chez les enfants.

L'ICDAS évalue donc la profondeur clinique des lésions carieuses en s'appuyant sur les caractéristiques visuelles des surfaces.

Les critères visuels de détection de l'ICDAS ainsi que l'arbre décisionnel pour le codage des lésions sont résumés. (Tableau I), (Figure 11).

Selon leur sévérité, les lésions sont classées en codes allant de 0 à 6, les atteintes amélaire (taches blanches et taches brunes) correspondent aux codes : 1, 2 et 3 de cette classification⁽⁸⁷⁾.

Tableau I : Critères utilisés lors de l'examen visuel direct pour le diagnostic des caries selon ICDAS II⁽⁸⁶⁾ (iconographie personnelle)

Code	aspect clinique	Critères cliniques	Histologie
0		Absence ou léger changement de la translucidité de l'émail après séchage prolongé (> 5s)	Pas de déminéralisation
1		Opacité ou dis coloration difficilement visible sur une surface humide, mais distinguée visiblement après séchage	Déminéralisation limitée à la moitié externe de l'émail
2		Opacité ou dis coloration nettement visible sans séchage	Déminéralisation atteignant le tiers médian de l'émail
3		Présence d'une cavité amélaire au niveau d'un émail opaque altéré, sans atteinte dentinaire visible	Déminéralisation atteignant le tiers interne de l'émail
4		Émail opaque, grisâtre, caractéristique d'une lésion dentinaire sous-jacente, avec ou sans cavitation de l'émail	Déminéralisation du tiers médian dentinaire sans
5		Cavité au niveau de l'émail opaque ou dis coloré exposant la dentine	Déminéralisation du tiers médian coronaire avec fragilisation des structures coronaires
6		Cavité amélo-dentinaire étendue et profonde	Déminéralisation du tiers interne dentinaire

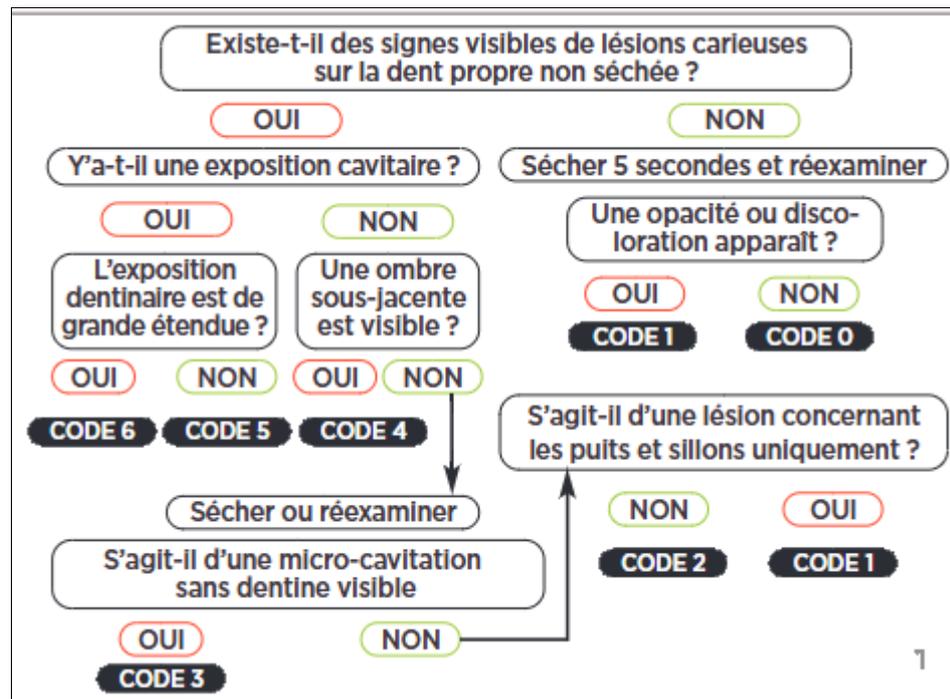


Figure 11 : Arbre décisionnel pour le codage des lésions carieuses, selon la classification ICDAS II⁽⁸⁷⁾

Système universel de notation visuelle : Universal Visual Scoring System (UniViSS)

Est une échelle visuelle analogique développée par Kuhnisch et al 2009. Elle a été développée avec des influences de publications clés, du système international de détection et d'évaluation des caries (ICDAS) et de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) pour potentiellement normaliser le développement des lésions carieuses pour une classification précise, afin de résoudre les problèmes actuels avec de nombreuses autres échelles de diagnostics visuels, telles que la validité et la reproductibilité. Il existe deux variantes, une pour les surfaces occlusales et une autre pour les surfaces lisses. Comme les appareils orthodontiques sont fixés sur les surfaces vestibulaires et linguales lisses des dents, UniViSS pour les surfaces lisses a été choisi, c'était une échelle analogique visuelle claire et simple avec des références d'image (Figure 12) pour classer les WSL, de leur développement précoce à la formation de cavités et carie dentinaire (Tableau II)^(88,89)

Tableau II : Système universel de notation visuelle modifié pour les surfaces lisses⁽⁸⁹⁾

Discoloration	Lesion detection and severity assessment			
	First visible signs of a caries lesion	Established caries lesion	Microcavity and/or localised enamel breakdown	Dentin exposure
	Score 1	Score 2	Score 3	Score 4
Sound surface	No cavitations and/or discolorations are detectable.			
White spot	First white spot lesions are unobtrusive and will be detected after prolonged air drying (~5 seconds).	White spot lesions are detectable without prolonged air drying. Air drying improves the assessment of the surface texture (smooth versus rough)	Pathological enlargements are detectable with or without enamel breakdowns - visible as interruption of the surface continuity. No dentin exposure is evident. Enlargements > 0.5mm (use the ball point of the CPI probe) may indicate a microcavity.	Dentin exposure is detectable.
White-brown	White-(caramel-) brown lesions will be detected with prolonged air drying (~5 seconds). Brown areas are in most cases visible without air-drying.	White-(caramel-) brown lesions are detectable without prolonged air drying. Air drying improves the assessment of the surface texture, which indicates in most cases a rough lesion. The brown spot is surrounded by white demineralisations.		
Brown (dark)	Small brown spot lesions will be detected even without air drying.	Brown discoloured lesions are always detectable without prolonged air drying.		
Greyish translucency	Not detectable			

Second step: Discoloration Assessment	First step: Lesion Detection & Severity Assessment					
	First visible signs of a caries lesion	Established caries lesion	Microcavity and/or localised enamel breakdown	Dentin exposure	Large cavity	Pulp exposure
	Score F	Score E	Score M	Score D	Score L	Score P
Sound surface (Score 0)	No cavitations and/or discolorations are detectable.					
White (Score 1)						
White-brown (Score 2)						
(Dark) Brown (Score 3)						

Figure 12 : Critères de l'Universal Visual Scoring System pour les surfaces lisses (UniViSS lisse)⁽⁸⁸⁾.

5.1.2. Photographies numériques

La méthode la plus couramment utilisée pour détecter les WSL est l'examen visuel direct. C'est une bonne approche, mais il est difficile pour un chercheur unique d'évaluer systématiquement un grand nombre de patients dans différents contextes cliniques ou à différentes périodes. Les photographies, disponibles pour la plupart des patients, fournissent des informations facilement accessibles et se sont révélées aussi fiables qu'une évaluation visuelle directe. Les photographies sont prises de préférence par un seul photographe en utilisant une technique standardisée et par un appareil photo numérique avec un objectif macro et un flash annulaire, la préparation des surfaces dentaires est la même que pour un examen visuel direct.

Utilisation de filtre polarisant :

Lors de l'utilisation d'un filtre polarisant, l'appareil n'enregistre pas la lumière du flash. Si nous photographions une dent, la source lumineuse réfléchi sera invisible ou très réduite, la dent n'aura plus de reflet de la lumière du flash et donc sans zones de brillance (dent mate) et peu parasitée par les reflets. L'émail déminéralisé qui présente un indice de réfraction différent de celui de l'émail sain sera parfaitement visible sur une photographie polarisée d'où la recommandation d'utiliser des filtres polarisés pour mieux détecter les WSL⁽⁹⁰⁾.



Figure 13 : Photo intrabuccale prise avec filtre polarisant et sans filtre , les transparences et opalescences sont parfaitement visibles avec filtre⁽⁹⁰⁾

5.1.3. Sondage

Les études récentes ne recommandent plus l'utilisation de sondes exploratrices dans le diagnostic des taches blanches de l'émail et ce pour différentes raisons :

- Cette méthode ne fournit aucune indication fiable sur la nature pathologique de la zone sondée car dans de nombreuses populations, le contact de plus en plus fréquent avec des composés fluorés favorise la reminéralisation en permanence de l'émail externe « syndrome du fluor ». Celui-ci devient alors très résistant au sondage (transformation de l'hydroxyapatite en fluoroapatite) ce qui peut masquer une déminéralisation évolutive sous-jacente.
- La pression exercée lors du sondage sur des surfaces déjà fragilisées entraîne des dommages iatrogènes ; et peut produire des lésions de subsurface. L'effondrement des pans amélaire fragilisés, aura comme conséquences, la transformation des taches

blanches réversibles en lésions cavitaires irréversibles ne pourront plus être traitées sur le mode strictement non invasif (reminéralisation par produits fluorés).

Il est envisageable d'effectuer un sondage à l'aide d'une sonde à bout mousse, afin d'évaluer l'activité de la lésion (tout en veillant à n'exercer que des pressions douces)⁽⁹¹⁾.

5.1.4. Transillumination par fibre optique

La détection visuelle des caries est fondée sur le phénomène de diffusion de la lumière à travers les surfaces dentaires. La technique originelle de transillumination (ou FOTI), reprend cette propriété et l'amplifie en utilisant une source de lumière de haute intensité conduite par une fibre optique. L'embout est placé au contact de la face vestibulaire ou de la face linguale (Figure 14).

Les faisceaux de lumière traversant la zone cariée sont absorbés du fait de la porosité de l'émail ; il y a donc un contraste entre le tissu lésé, assombri, et les surfaces saines, plus lumineuses. Les lésions amélares apparaissent gris pâle et les lésions dentinaires apparaissent orange-brun ou bleuâtre. Cette méthode est plus appropriée pour les faces proximales, mais peut être utilisée pour toutes les surfaces dentaires et se révèle être peu adaptée pour la détection des lésions initiales⁽⁹²⁾.

Limites : la transillumination par fibre optique reste une technique subjective du fait de l'interprétation des résultats, qui reste dépendante de l'observateur et de son acuité visuelle⁽⁹³⁾.



Figure 14 : La transillumination par fibre optique⁽⁹²⁾

5.2. Moyens paracliniques

5.2.1. Radiographie rétrocoronaire

Le diagnostic des caries non décelables à l'examen clinique est basé essentiellement sur la réalisation des radiographies rétrocoronaires qui s'avèrent très fiables pour la détection des lésions proximales, même débutantes, et pour la mise en évidence des lésions dentinaires modérées à sévères. Néanmoins, selon Colon et Lasfargues, cet examen reste limité pour les lésions initiales compte tenu de la superposition d'une grande épaisseur de tissus dentaires en vestibulaire et en lingual⁽¹³⁾.

5.2.2. Aides optiques visuelles directes et indirectes

L'utilisation d'aide optique grossissante apporte une augmentation de l'acuité visuelle.

Il peut s'agir des loupes ou des microscopes opératoires, dont le choix prend en considération plusieurs critères : la qualité de l'optique, l'optimisation de l'éclairage, le grossissement et le confort d'utilisation. Les loupes permettent un grandissement de 2,5 à 4,3 fois (télé loupes), tandis que les microscopes grossissent jusqu'à 21 fois l'image. Pour Colon et Lasfargues, elles sont un outil essentiel de l'examen clinique⁽¹³⁾.

Pour les aides visuelles indirectes on désigne tous les systèmes permettant une retranscription de l'image sous forme numérique. On note les caméras intra-buccales conventionnelles (qui permettent un agrandissement de l'image, associé à une amélioration de l'éclairage).

Il existe également un système appelé DIFOTI (Digital Imaging Fiber Optic Transillumination). C'est l'association entre la technique de transillumination par fibre optique (FOTI), précédemment citée, avec une transcription de l'image numérique obtenue vers un système informatique.

Limites de ces aides optiques

- Subjectivité : L'interprétation des images reste subjective et dépend de l'expérience de l'observateur.
- Conditions d'éclairage : Même avec des aides, un éclairage insuffisant ou des reflets peuvent gêner la détection.
- Localisation des WSL : Certaines WSL peuvent être difficiles à voir si elles sont situées dans des zones peu accessibles.
- Facteurs individuels : La présence de tartre, de plaque dentaire ou d'autres problèmes bucco-dentaires peut rendre la détection plus difficile.

- Coût : Certaines aides optiques peuvent être coûteuses, surtout les microscopes et les caméras intra-orales.
- Formation : L'utilisation de certaines aides nécessite une formation spécifique.

5.3. Systèmes à fluorescence

Dans le cas des méthodes optiques de détection des lésions carieuses, la lumière interagit avec les tissus dentaires durs de différentes manières : elle peut être réfléchiée, diffusée, transmise ou absorbée.

La fluorescence, dans laquelle les électrons ayant un niveau d'énergie inférieur se déplacent vers un niveau supérieur, est une conséquence possible de l'absorption. Lorsqu'ils reviennent au niveau initial, l'énergie est émise sous forme de lumière, appelée fluorescence. En d'autres termes, la fluorescence est le résultat de l'interaction entre le rayonnement électromagnétique et les molécules du tissu. On ne sait toujours pas ce qui cause la fluorescence de l'émail. La majeure partie de la fluorescence est induite par des composants organiques, chromophores protéiques, mais une partie est probablement due à l'apatite⁽⁹⁴⁾. Ainsi, ce sont les différences d'intensité de fluorescence entre les tissus sains et les tissus lésés qui permettront de détecter les caries dentaires⁽⁹⁵⁾.

Il existe 3 types de caméras utilisant la fluorescence :

5.3.1. Fluorescence lumineuse quantitative (QLF)

Ce système utilise une caméra intra buccale qui émet une lumière diffuse de haute énergie, d'une longueur d'onde de 370 nanomètres (spectre des bleus). Le rayonnement émis est absorbé par la dent testée. L'auto-fluorescence de l'émail est alors captée par la caméra, puis filtrée. On obtient sur l'écran moniteur une image composée de vert et de rouge correspondant à l'émail sain. La déminéralisation des tissus induit une diminution de la fluorescence naturelle, qui se manifeste sur l'image par la présence de taches sombres contrastant avec le fond vert. La QLF permet la détection et la quantification des lésions initiales de l'émail. Elle est utile pour le suivi des processus de déminéralisation/reminéralisation^(96,97)

5.3.2. Caméra LED à fluorescence

La caméra LED à fluorescence est un système novateur pour la détection des zones de déminéralisation reprenant le principe QLF⁽⁹⁸⁾.

Le signal lumineux émis est absorbé par l'émail poreux, puis restitué et analysé par le logiciel de traitement d'image. Plus la lésion est profonde, et plus le signal est absorbé.

Chaque couleur obtenue correspond à un certain stade de déminéralisation : le bleu est associé à une déminéralisation superficielle de l'émail et le rouge, à une déminéralisation plus profonde (l'orange puis le jaune correspondent à des déminéralisations dentinaires).

5.3.3. Fluorescence par laser infrarouge

Des travaux menés par Lussi et coll. ont démontré qu'une lumière infrarouge suffisait à la détection des caries. C'est à partir de cette constatation qu'a été développé le système DIAGNOdent. Cet appareil produit une lumière d'une longueur d'onde de 655 nm nanomètres, transmise par un embout intra oral (il en existe deux types : l'un est cylindrique, pour la détection des caries occlusales, et l'autre, plat, pour la détection des caries proximales). Après filtrage du signal lumineux adsorbé, le système indique une valeur comprise entre 1 et 99, correspondant à un degré de déminéralisation plus ou moins important.

À la différence des autres systèmes utilisant la fluorescence, le DIAGNOdent mesure l'activité bactérienne (et non les changements de structures)

Un nettoyage rigoureux des surfaces est préalablement indispensable à l'utilisation de ce système pour éliminer les faux positifs dus aux fluorescences parasites^(96,99,100).

La littérature scientifique décrit une diversité de méthodes diagnostiques pour les WSL. Afin d'assurer l'homogénéité et la reproductibilité de nos données, nous avons choisi de standardiser la collecte des données en utilisant la photographie numérique. Cette approche permet non seulement de documenter visuellement les lésions, mais aussi de faciliter leur évaluation par différents observateurs et de réaliser des analyses comparatives dans le temps.

**Moyen de prévention des taches blanches
de l'émail durant le traitement
orthodontique**

6. Moyen de prévention des taches blanches de l'émail durant le traitement orthodontique

Le risque carieux individuel (RCI) est une évaluation de la probabilité qu'une personne développe de nouvelles caries ou que des caries existantes progressent au cours d'une période donnée. Son évaluation prend en compte une multitude de facteurs liés à la personne, à son environnement et à ses habitudes.

6.1. Evaluation du risque carieux individuel (RCI)

La meilleure stratégie préventive pour éviter l'apparition des taches blanches semble être une évaluation des facteurs de risque avant le début de traitement orthodontique.

Au moment de l'établissement du diagnostic orthodontique, le praticien ne prendra pas seulement en compte les anomalies strictement liées à sa spécialité, mais procédera à une estimation individuelle du risque cariogène. Il peut s'agir d'une évaluation de la présence de plaque dentaire sur un plan qualitatif (composition de la plaque, prélèvements sulculaires) et sur un plan quantitatif ⁽¹⁰¹⁾.

Cependant, étant donné l'étiologie multifactorielle de la carie dentaire, la numération des principales bactéries cariogènes (streptocoques mutans et lactobacilles), à elle seule, n'a qu'une faible valeur prédictive dans l'évaluation du risque carieux individuel (RCI), également les tests salivaires seuls (débit salivaire, mesure du pouvoir tampon salivaire) ne permettent pas non plus de déterminer ce RCI.

Pour cela, il faut tenir compte de tous les facteurs étiologiques.

6.1.1. Facteurs influençant l'évaluation du risque carieux

6.1.1.1. Préexistence des lésions carieuses

La probabilité de présenter de nouvelles lésions carieuses est augmentée chez les individus présentant des caries préexistantes.

En effet, la présence de caries des dents temporaires constitue de véritables réservoirs de bactéries cariogènes, ainsi l'existence de dents extraites dans les 36 derniers mois, la présence de restaurations réalisées dans les 12 derniers mois ou de mauvaise qualité (obturations débordantes), l'absence de scellement de sillons, les malpositions dentaires favorisant la rétention de plaque bactérienne ont eu une incidence sur l'évaluation du RCI.

De ce fait, il serait judicieux de rechercher sur les dents permanentes les indices (CAOD)⁽¹⁰²⁾

Cependant, Zero et ses collègues ont suggéré que la détermination de l'activité carieuse pourrait être un meilleur prédicteur du risque de carie que les dents cariées, obturées ou manquantes. La détermination de l'activité carieuse peut être effectuée en une seule visite et

implique une évaluation subjective de l'apparence et des propriétés physiques des surfaces dentaires affectées tout en tenant compte d'autres facteurs de risque qui peuvent être présents (par exemple, l'accumulation de plaque peut être un indicateur de l'activité présente) ou suite aux caractéristiques de la lésion au fil du temps (par exemple, la rugosité peut être un indicateur de la déminéralisation de la lésion)⁽¹⁰³⁾.

6.1.1.2. Biofilm cariogène

La carie est due à l'action du biofilm cariogène. Les tissus dentaires sont recouverts par un biofilm, présent sous la forme d'un film pelliculaire que génèrent les colonies bactériennes cariogènes. La formation d'acide lactique à partir du catabolisme des polysaccharides intracellulaires et de glucanes extracellulaires insolubles est déterminante quant à ses conséquences sur la cariogénicité des bactéries et la dégradation de la surface amélaire. Les glucides sont métabolisés par les bactéries cariogènes (*S mutans*, *S sobrinus*, et *lactobacille* produisant des acides organiques, abaissant le pH \leq aux alentours de 5 à 7. Ces acides diffusent à travers la plaque bactérienne, dissolvant les cristaux d'hydroxyapatite des surfaces dentaires⁽¹⁰¹⁾.

La période d'éruption des dents permanentes de 6 à 12 ans, fait apparaître de nouveaux sites de colonisation, de nouvelles niches écologiques. Cette période coïncide bien souvent avec le début des thérapeutiques orthodontiques qui sont elle-même responsables de modifications bactériologiques⁽¹⁰⁴⁾.

En effet Gwinnett & Ceen 1979 ont montré que les attaches orthodontiques fixes entraînent une augmentation rapide du volume de plaque bactérienne. Chatterjee & Kleinberg (1979) ont remarqué une diminution du pH de cette plaque en comparaison avec celle des patients non porteurs d'appareils orthodontiques. D'autres auteurs ont observé chez les porteurs d'appareillages orthodontiques un taux de streptococcus mutans plus élevé dans la plaque ainsi que dans la salive, entraînant ainsi une augmentation du risque carieux. Ces bactéries, productrices d'acides organiques en présence de carbohydrates fermentescibles, sont responsables de l'apparition des lésions carieuses. Le sucre donc joue un rôle important dans la transformation de cette plaque en plaque cariogène^(2,81)

6.1.1.3. Salive

La salive est un des facteurs impliqués dans les cycles déminéralisation-reminéralisation. Elle remplit son rôle protecteur par son flux normal permettant de nettoyer les surfaces dentaires et favorisant l'élimination rapide des débris alimentaires cariogènes hors de la cavité buccale par la déglutition.

Quand le débit salivaire stimulé est inférieur à 0.7 ml/min, le patient présente une hyposialie et donc un facteur de risque carieux certain. Ce dernier est rare chez les enfants, mais fréquent chez les personnes âgées suite à de nombreuses prescriptions médicamenteuses

À noter que les « ventilateurs oraux » présentent une sécheresse buccale associée à une diminution de l'auto-nettoyage salivaire qui les rend plus susceptibles à l'apparition des caries.

Qualitativement, la salive contient un ou plusieurs tampons salivaires : l'anhydrase carbonique, le phosphate et les bicarbonates qui neutralisent les acides et produisent la rééquilibration du pH salivaire et du biofilm conduisant à l'arrêt de la déminéralisation. Tant qu'il est question de lésion initiale, la reminéralisation peut se faire spontanément une fois les causes de la dégradation carieuse corrigées.

De plus, la salive favorise la reminéralisation des lésions carieuses débutantes par les nombreux minéraux qu'elle contient (phosphates, calcium, fluorures).

Enfin, elle possède des propriétés antibactériennes liées aux différentes enzymes et immunoglobulines qu'elle contient (IgAs, lactoferrine, lysozymes).

L'utilisation de tests salivaires est d'une importance cruciale dans l'évaluation du risque carieux individuel. Ils permettent de mesurer le débit et le pouvoir tampon salivaire, ainsi que la quantification des *s. mutans* et *lactobacillus* ⁽¹⁰⁵⁻¹⁰⁷⁾

6.1.1.4. Hygiène buccale

La coopération des patients avec le maintien d'une hygiène orale rigoureuse ainsi que l'usage de topiques fluorés sont des éléments cruciaux dans la prévention des lésions carieuses.

En dépit d'une bonne volonté des patients pour assurer un contrôle de plaque correct, la présence de dispositifs orthodontiques rend difficile les manœuvres d'hygiène bucco-dentaire. Ces difficultés sont accrues avec certains appareils complexes tels que les arcs à boucles, les ressorts, certains correcteurs de classe II ou le disjoncteur.

Klukowska et al. ont observé un taux de plaque moyen de 41,9 % +/- 18,8 % chez les patients porteurs d'appareils orthodontiques fixes tandis que ce taux est compris en moyenne entre 10 et 20 % pour les patients non porteurs de dispositifs orthodontiques

La configuration des attaches conventionnelles offre de nombreux sites particulièrement prédisposés à l'accumulation de la plaque dentaire particulièrement les surfaces mésiale et distale de la base, ainsi qu'au niveau de l'interstice présent à la jonction entre l'attache et sa base. Les ligatures en acier ou en élastomère utilisées sur les attaches conventionnelles sont une autre source de rétention de plaque dentaire et d'entrave aux méthodes d'hygiène bucco-dentaire. L'agrégation de micro-organismes s'opère également au niveau de la résine périphérique à la base de l'attache, avec une prédominance de bactéries sphériques et en bâtonnet.

Concernant le système de ligature, différentes études observent que l'adhésion et la formation de colonies de *Streptococcus mutans* ne sont pas influencées par le type d'attache.

De plus, les résultats d'une méta-analyse concluent qu'il n'existe pas de différence significative entre les attaches conventionnelles et celles auto-ligaturantes concernant le contrôle de plaque dentaire^(42,108-113).

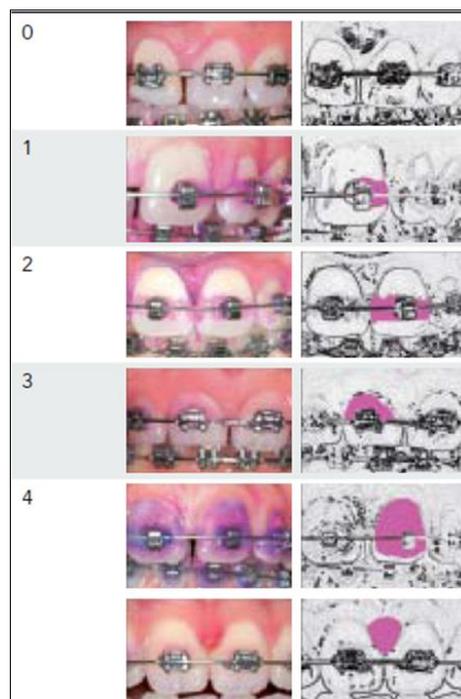
Indices de plaque orthodontiques : sont une aide adaptée à l'évaluation de l'hygiène bucco-dentaire. Grâce à eux, l'hygiène bucco-dentaire peut être évaluée et le besoin de prophylaxie déterminé et traité en conséquence. Des indices de plaque spécifiques au traitement orthodontique ont été développés par différents auteurs :

Indice de plaque orthodontique : The orthodontic plaque index OPI

L'état est indiqué par un score de 0 à 4. Le degré d'accumulation de plaque sur chaque côté de la base du bracket (mésial, distal, occlusal/incisal et cervical) et l'état des gencives marginales adjacentes sont évalués. Le score 0 indique une absence de plaque et d'inflammation. Les scores 1 à 3 font référence à la gravité des dépôts de plaque à proximité du bracket, et le score 4 inclut l'état d'inflammation de la gencive :

- 0 : Aucun dépôt de plaque dentaire sur les surfaces dentaires entourant la base du bracket
 - 1 : Dépôt de plaque sur une surface dentaire à la base du bracket
- L'hygiène est considérée comme bonne pour ces deux indices
- 2 : Dépôts de plaque dentaire sur deux surfaces dentaires à la base du bracket indiquant une hygiène moyenne
 - 3 : Dépôts de plaque dentaire sur trois surfaces dentaires à la base du bracket
 - 4 : Dépôts de plaque sur quatre surfaces dentaires à la base du bracket et/ou gingivale
- A partir de l'indice 3 l'hygiène est mauvaise.

Tableau III : Illustration des scores avec des exemples, selon les critères décrits⁽¹¹⁴⁾



Modified orthodontic plaque index (MOP) l'indice de plaque orthodontique modifié

La plaque dentaire, visible à l'œil nu, est colorée à l'aide d'un révélateur de plaque afin de faire prendre conscience aux patients de leur hygiène bucco-dentaire insuffisante (score 3 MOP). (Figure 15). Le MOP permet de tenir compte du dispositif orthodontique sur la présence et la répartition de la plaque dentaire ⁽¹¹⁴⁾(tableau IV) .

Tableau IV : Indice de plaque spécifique au traitement orthodontique ⁽¹¹⁴⁾

Score 0 : pas de plaque.

Score 1 : accumulation de plaque mésiale et/ou distale à la base de l'attache.

Score 2 : accumulation de plaque mésiale, distale, incisale et/ou cervicale à la base de l'attache.

Score 3 : accumulation de plaque continue de la gencive marginale jusqu'à la base de l'attache.

Score 4 : recouvrement complet par la plaque.



Figure 15 : Indice de plaque orthodontique modifié (Modified orthodontic plaque index) ⁽¹¹⁴⁾

6.1.1.5. Alimentation

L'exposition au sucre est un facteur étiologique important dans le développement des caries. Mais en raison de l'utilisation généralisée du fluorure et de son effet sur la réduction de l'incidence et du taux de caries, il est difficile de démontrer une association positive forte et nette entre la consommation de sucre d'une personne et le développement de sa carie.

Si un patient consomme beaucoup de sucre, mais en même temps beaucoup de fluor, les dents risquent de ne pas être aussi endommagées qu'elles le seraient sans fluor.

D'autres considérations sont prises en compte, telles que la présence de facteurs de protection dans les aliments (calcium, phosphate, fluorure) et le type de glucides.

Les amidons sont considérés comme moins cariogènes que les sucres simples : saccharose, glucose et fructose. Le saccharose est le glucide alimentaire le plus consommé dans

l'alimentation des sociétés actuelles, il est considéré comme le plus cariogène des hydrates de carbones car son léger poids moléculaire permet une fermentation rapide pour la production de polysaccharides extracellulaires :

Bien que le sucre sous forme liquide (les boissons gazeuses), soit moins cariogène que le sucre sous forme solide (les bonbons), la consommation excessive et fréquente de boissons gazeuses reste un facteur de risque majeur car le potentiel acide (pH) de certaines boissons de type soda varie entre 2,387 et 2,525 (différentes formes de Coca-Cola). Outre une étude américaine de 2022 a montré qu'une mauvaise hygiène bucco-dentaire avec accumulation de plaque est exacerbée par une consommation journalière de boissons sucrées ou énergétiques, cela pourrait être en partie responsable du taux de caries chez les adolescents et les jeunes adultes.

L'évaluation du risque carieux doit se concentrer également sur les comportements alimentaires entre les repas. Les questions devraient déterminer le modèle de consommation. Par exemple, le patient consomme-t-il de la nourriture ou boit-il rapidement, ou grignote-t-il ou sirote-t-il pendant une période prolongée ? Boire une boisson gazeuse pendant cinq heures peut être plus nocif que boire trois boissons gazeuses au cours d'un même repas. En effet, après l'ingestion de glucides, la remontée du pH vers des zones propices aux reminéralisations, grâce aux tampons salivaires est beaucoup plus lente que la production d'acidité propice aux caries, ce qui explique que les grignotages répétés, ou l'usage abusif de boissons sucrées entre les repas, maintiennent les dents dans la zone à risque carieux par une acidification constante.

Le moment de prise de glucide est à ne pas négliger, en réalité le débit salivaire est très diminué durant la nuit, ainsi, les aliments pris le soir au coucher, stagnent dans la cavité buccale et la prise de sucre au coucher ou pendant la nuit est donc la plus néfaste.

Généralement, l'alimentation seule constitue un indicateur inadéquat du risque de carie. Par exemple, un patient peut grignoter plusieurs fois par jour, puis se brosser les dents immédiatement après, ce qui minimiserait l'impact du régime alimentaire seul sur le risque de carie. Par conséquent, d'autres facteurs de risque doivent également être pris en compte, tels que l'évaluation du profil et de la fréquence de consommation de glucides d'un patient et sa relation avec les habitudes d'hygiène bucco-dentaire. De plus, l'évaluation des habitudes alimentaires et d'hygiène bucco-dentaire du patient au fil du temps peut aider le dentiste à déterminer si le comportement a entraîné un problème ou non.

Les médicaments et leurs excipients, les médicaments pour enfants (antalgiques, antitussifs, antibiotiques...) se présentent le plus souvent sous forme de sirops pédiatriques sucrés et sont pris le soir au coucher après le brossage des dents. Ce type de sirop peut, dans les cas d'utilisations prolongées, être responsable de véritables « caries du médicament ». De même, les granules homéopathiques ou certaines pastilles à sucer, parfois administrées tout au long de la journée et contenant du sucre peuvent devenir cariogènes. Certains laboratoires ayant déjà pris conscience de cet inconvénient, ont modifié la formule de leurs médicaments dont l'excipient sucré, le saccharose, a été remplacé par des sucres de substitution non acidogènes tel le xylitol^(42,115-119).

6.1.1.6. Exposition au fluor

L'utilisation généralisée du fluorure a considérablement réduit la prévalence des caries et le taux de progression des lésions carieuses. Son utilisation est considérée comme l'un des facteurs de protection les plus importants lors de l'évaluation du risque carieux. Il est établi que l'effet protecteur de la fluoration pré éruptive est nettement réduit si cette fluoration n'est pas poursuivie en phase post éruptive.

D'ailleurs la protection dépend essentiellement de la fluoration du milieu environnant de la dent dans sa phase immature post éruptive.

Plus que la protection, le fluor joue un rôle crucial dans la reminéralisation de la dent permanente immature surtout que l'émail incorpore le fluor plus rapidement en présence d'une hypominéralisation ou d'une déminéralisation acidogène bactérienne car les ions fluorures réagissent fortement avec les ions calcium libres et les ions de phosphates dans un environnement acide.

Qu'est-ce qui constitue une exposition adéquate au fluorure pour un adulte ou un enfant ? Nous suggérons au dentiste de considérer d'abord toutes les sources de fluorure auxquelles le patient est exposé, par exemple l'eau potable fluorée (eau communautaire, eau de puits ou eau en bouteille), les aliments et les boissons (comme les sardines et le thé), les produits fluorés topiques faits maison, fréquence et type de dentifrice ou de bain de bouche et l'exposition professionnelle périodique au fluorure.

Le dentiste doit encore déterminer si le schéma d'exposition au fluorure est suffisant pour stopper l'apparition ou la progression de lésions carieuses naissantes ou carieuses au fil du temps ^(120,121).

6.1.1.7. Etat de santé générale et Facteurs socio économiques

Le statut socio-économique est un meilleur prédicteur du risque de carie chez les enfants que chez les adultes, dans la mesure où il intervient sur l'accès et les recours aux soins ou aux contrôles et sur les comportements préventifs et diététiques.

Étant donné que les caries sont généralement plus répandues dans les groupes de niveau socio-économiques bas que dans les groupes de niveau socio-économique élevé, le dentiste doit tenir compte des variables sociales telles que l'éducation et la profession du patient ou de ses parents.

Dans les familles où le revenu familial est bas, les enfants ont des taux de caries et des besoins en traitements plus élevés que dans les familles où les revenus sont plus élevés.

Des maladies telles que le syndrome de Gougerot-Sjögren et le diabète incontrôlé, liées à une diminution du débit salivaire, peuvent augmenter le risque de développer des caries. Les handicaps mentaux ou physiques qui affectent l'hygiène bucco-dentaire régulière ou nécessitent un régime enrichi en glucides peuvent également augmenter le risque de développer des lésions carieuses .

Certaines thérapeutiques comme la prise de neuroleptiques ou la radiothérapie, peuvent augmenter le risque d'apparition de caries ⁽¹²²⁻¹²⁶⁾.

6.1.2. Moyens d'évaluation du risque carieux individuel

Parmi les différents moyens permettant d'apprécier le risque carieux individuel, le Cariogram développé par les chercheurs scandinaves (Bratthall D, Petersson GH) est intéressant. Il s'agit d'un programme informatique (http://www.mah.se/fakulteter-och-omraden/Odontologiska_fakulteten/Avdelning-och-kansli/Cariologi/Cariogram/) évaluant le risque carieux selon l'expérience carieuse, le passé médical, l'alimentation, l'indice de plaque, la numération des streptocoques mutans, le débit salivaire, le pouvoir tampon de la salive, la prescription de fluorures.

Le RCI est illustré par un fromage comprenant cinq secteurs de couleur différente dont l'un (vert) illustre les probabilités d'éviter le développement de nouvelles lésions carieuses. Plus le secteur vert sera important, et moins le risque carieux sera élevé (Figure 16).

L'efficacité de ce programme dans l'évaluation et la prédiction du risque carieux a été démontrée aussi bien chez l'enfant que chez le sujet âgé. Quelques études ont montré l'intérêt de ce programme dans l'évaluation du RCI chez des patients porteurs d'appareils fixes.

Récemment, Petsi, et al. ont montré que, chez ces patients, le Cariogram pouvait être utilisé sans intégrer les items numération des streptocoques mutans et pouvoir tampon de la salive ⁽¹²⁷⁻¹³⁰⁾.

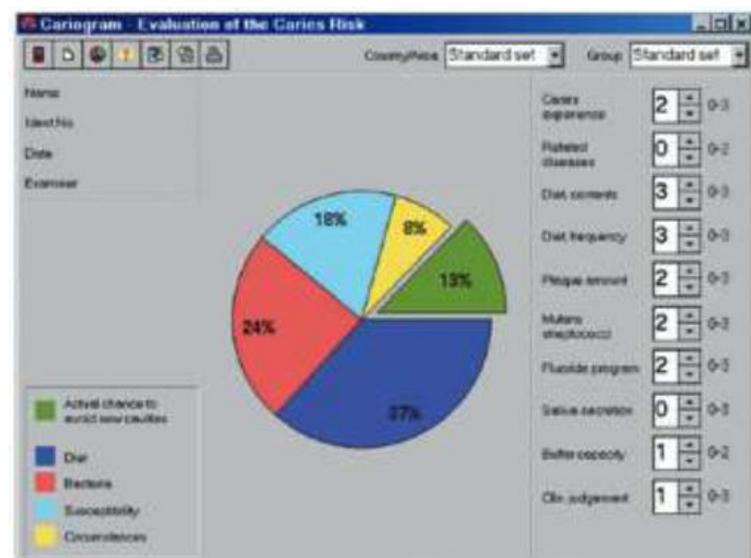


Figure 16 : Exemple de cariogramme indiquant un RCI élevé ⁽¹³⁰⁾

6.1.3. Catégories du risque carieux individuel

Selon les recommandations professionnelles élaborées par la Haute Autorité de santé (HAS), il est préconisé de ne distinguer que deux catégories de RCI - élevé et faible - en se fondant sur les résultats de l'interrogatoire, de l'examen clinique et du bilan radiologique. L'analyse de la littérature permet d'identifier des facteurs de risque de carie à retenir pour l'évaluation du RCI. Ces derniers sont listés ci-dessous avec leur niveau de preuve. Par accord professionnel, ils ont été séparés en deux groupes :

Les facteurs de risque individuels

- Absence de brossage quotidien avec du dentifrice fluoré (niveau de preuve 2)
- Ingestions sucrées régulières en dehors des repas ou du goûter :
- Aliments sucrés (niveau de preuve 2)
- Boissons sucrées (niveau de preuve 2)
- Bonbons (niveau de preuve 2)
- Prise au long cours de médicaments sucrés ou générant une hyposialie
- Sillons anfractueux au niveau des molaires (niveau de preuve 2)
- Indice de plaque (niveau de preuve 2) auquel on peut préférer, par accord professionnel, la présence de plaque visible à l'œil nu sans révélation.
- Présence de caries (atteinte de la dentine) et/ou de lésions initiales réversibles (atteinte de l'émail) (niveau de preuve 2).

La présence d'un seul facteur de risque individuel suffit à classer un individu en **RCI élevé**

Les facteurs de risque collectifs

Ils permettent d'identifier des groupes à risque :

- Période post éruptive
- Niveau socio-économique et/ou niveau d'éducation faible de la famille
- Mauvais état de santé bucco-dentaire des parents ou de la fratrie
- Maladie et handicaps entraînant des difficultés de brossage
- Antécédents de caries (niveau de preuve 2)
- Présence d'éléments favorisant la rétention de la plaque (restaurations défectueuses, appareils orthodontiques ou prothétiques).

Ces facteurs de risque collectifs ne suffisent pas à classer un individu en RCI élevé. Au sein des groupes à risque élevé, il est important de rechercher avec une attention particulière les facteurs de risque individuels pour identifier les individus à RCI élevé. Les facteurs de risque collectifs peuvent également être utilisés pour déterminer des populations cibles dans le cadre de campagnes de prévention de la carie ou de promotion de l'acte de scellement⁽¹²⁰⁾.

Selon Heymann et Graueur (2013) une évaluation des facteurs de risque, et le classement du patient en « risque faible » ou « risque élevé » sont nécessaires avant chaque début de traitement (Tableau V). Si un patient développe un WSL durant le traitement, il sera automatiquement classé comme à haut risque, quelle que soit sa catégorie de risque initiale.

Tableau V : Facteurs de risques carieux, selon Heymann et Graueur ⁽¹⁷⁾.

RISQUE FAIBLE	RISQUE ÉLEVÉ
Absence de white spot	Présence de white spots
Bonne hygiène	Mauvaise hygiène
Consommation de saccharose normale	Excès de saccharose
Traitement de courte durée	Traitement de longue durée
Mordançage contrôlé	Excès de mordançage
Attachements linguaux	Attachements vestibulaires
CAOD +/- 0	CAOD élevé

Un RCI très élevé peut :

- Différer le traitement orthodontique jusqu'à l'obtention d'un bon contrôle de plaque
- Modifier le traitement en choisissant un traitement de compromis incluant un temps plus court, avec un choix d'appareillage facilitant l'hygiène bucco-dentaire
- Contre-indiquer un traitement par multi-attaches.

De ce fait, une évaluation précise du risque carieux du patient devra être effectuée avant tout début de traitement par multi-attaches.

Sa réévaluation sera régulièrement nécessaire en cours de traitement, afin d'adopter les démarches préventives et/ou thérapeutiques adaptées⁽¹⁷⁾.

6.2. Mesures préventives

Bien que le but de notre spécialité soit d'améliorer l'esthétique faciale et dentaire, les orthodontistes ont depuis longtemps rencontré le problème de déminéralisation qui reste un effet secondaire gênant ; c'est pourquoi l'idéal serait de pouvoir prévenir l'apparition des taches blanches post-orthodontiques.

Cette prévention commence tout d'abord par l'éducation et la motivation du patient au respect d'une hygiène alimentaire non cariogène et d'une hygiène bucco-dentaire rigoureuse : nettoyage prophylactique lors des visites de contrôle, brossage correct des surfaces dentaires, en particulier autour des zones de rétention du biofilm (boîtiers d'orthodontie, ligatures élastiques. . .), utilisation de la brosse à dents (manuelle ou électrique) et du fil dentaire. Lors des visites de contrôle, la motivation doit être réévaluée et, si nécessaire, un nettoyage professionnel des surfaces dentaires et le rappel des règles d'hygiène bucco-dentaire et alimentaire seront effectués ⁽¹³¹⁾.

6.2.1. Education et motivation du patient

6.2.1.1. Hygiène bucco-dentaire

Les patients candidats à un traitement orthodontique doivent être informés par leur praticien de l'impact de ces thérapeutiques sur les risques carieux et parodontal. Ils doivent ainsi être sensibilisés à l'importance d'un contrôle de plaque quotidien et rigoureux afin d'éviter ces complications.

Le praticien enseigne à son patient la méthode la plus adaptée pour atteindre cet objectif et lui prescrit le matériel d'hygiène spécifique en prenant en compte sa dextérité, ses habitudes de vie, le type d'appareil orthodontique et l'architecture dento-parodontale.

Cet apprentissage suit le schéma suivant : devant un miroir, le praticien réalise une démonstration dans la cavité buccale du patient accompagnée d'explications orales puis le patient, corrigé par le praticien, réalise à son tour ces gestes. Afin d'appuyer sa démonstration, le praticien utilise un révélateur de plaque, liquide ou en tablette, qui s'avère être un outil pédagogique indispensable pour faire prendre conscience au patient de la présence de plaque dentaire et l'aider ensuite, chez lui, à visualiser ce qu'il doit éliminer ⁽⁴²⁾.

L'orthodontiste, l'omnipraticien et leurs assistant(e)s doivent travailler en étroite collaboration afin d'assurer l'éducation du patient, le suivi et le contrôle régulier de l'hygiène bucco-dentaire. Cependant dans certains pays tels que la suisse ou le canada, ce rôle préventif revient aux auxiliaires appelés hygiénistes dentaires.

Méthode et moyens de brossage :

Selon une revue systématique, aucune méthode de brossage, en denture mixte ou définitive, ne se révèle être certainement supérieure aux autres en termes d'élimination de la plaque. Ainsi, la méthode de brossage idéale apparaît être celle qui permet, chez un individu donné, l'élimination complète de la plaque dentaire⁽¹³²⁾.

L'utilisation de brosses à dents souples et adaptées doit permettre au patient de réaliser un brossage efficace et minutieux des sites dentaires, de la gencive marginale, ainsi que du dispositif orthodontique. Une revue Cochrane de 2014, incluant les patients porteurs d'appareils orthodontiques, conclut en une efficacité supérieure des brosses à dents électriques, en particulier les brosses oscillo-rotatives, sur les brosses à dents manuelles dans la réduction de l'indice de plaque et de l'inflammation gingivale à court et long terme⁽¹³³⁾.

Concernant la plaque dentaire inter-proximale, son élimination ne peut être assurée par les brosses à dent classiques qu'elles soient électriques ou manuelles.

Une méta-analyse de 2015 indique que les brossettes inter-dentaires représentent le moyen le plus efficace pour éliminer la plaque dentaire inter-proximale, en comparaison avec le fil dentaire, les bâtonnets en bois ou encore les hydropulseurs, mais elle exclut de ses résultats les patients porteurs de dispositifs orthodontiques⁽¹³⁴⁾.

En effet, une revue Cochrane de 2013 souligne l'absence d'étude évaluant l'usage de brossettes inter-dentaires en association au brossage, comparé au brossage seul chez les sujets porteurs d'appareils orthodontiques fixes⁽¹³⁵⁾.

Malgré l'absence de preuves scientifiques, les professionnels s'accordent sur la prescription de matériel spécifique au nettoyage des espaces inter-dentaires chez les patients porteurs d'appareils orthodontiques fixes dont le choix dépend de la dextérité du patient et le diamètre de ses espaces inter-dentaires (Figure 17).

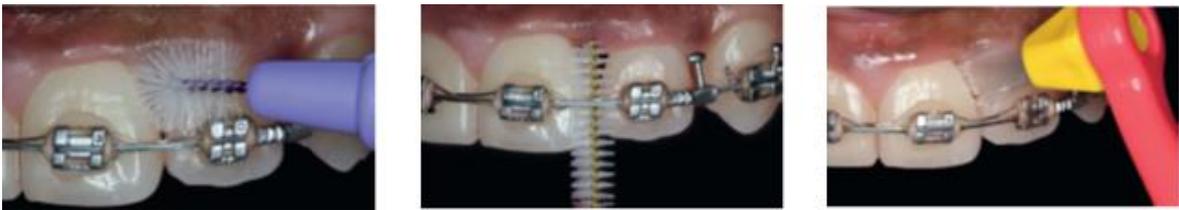


Figure 17 : Nettoyage des espaces inter-dentaires. Le matériel doit être adapté au diamètre des embrasures⁽⁴²⁾.

L'utilisation de brossettes inter-dentaires ou de brosses mono touffe permet ainsi d'atteindre les zones difficilement accessibles avec la brosse à dents classique (Figure 18). Mais devant des dimensions d'embrasures ne permettant pas le passage de la plus petite des brossettes, le nettoyage de l'espace inter-dentaire devra être assuré par l'utilisation de fil inter-dentaire.



Figure 18 : L'utilisation de brosse mono-touffe permet d'assurer le nettoyage des sites dont l'accès est difficile, voire impossible pour la brosse à dents⁽⁴²⁾

Quant à l'utilisation de l'hydropulseur, une revue systématique de 2008, ne montre pas d'effet bénéfique dans la réduction du score de plaque. Une étude plus récente évaluant l'efficacité de l'hydropulseur sur modèle in vitro conclut que ce dernier assure une élimination significativement moins importante des substituts de plaque que la brosse à dents manuelle ou le fil dentaire^(136,137).

L'hydropulseur ne peut donc pas remplacer le nettoyage mécanique de la brosse à dents et des brossettes inter-dentaires, mais peut toutefois être utilisé en complément.

6.2.1.2. Hygiène alimentaire

La grande majorité des patients suivis en orthopédie dento faciale (ODF) sont des adolescents. Ils représentent la population à plus haut risque pour l'apparition des taches blanches post-orthodontiques car ils se laissent souvent aller quant à la régularité du brossage. Pour cela, il apparaît plus efficace d'éduquer à une consommation responsable et éclairée que de multiplier les mesures restrictives.

La protection la plus simple est de :

- Éviter le grignotage ou les boissons sucrées en dehors des repas, éviter les sodas.
- Privilégier les aliments complets et éviter les aliments trop mous et qui collent aux dents, préférer une alimentation solide qui favorise l'auto-nettoyage des dents et de la cavité buccale.
- Préférer si possible les sucres de substitution non fermentescibles, en particulier le xylitol non acidogène.

6.2.2. Nettoyage professionnel des surfaces amélares

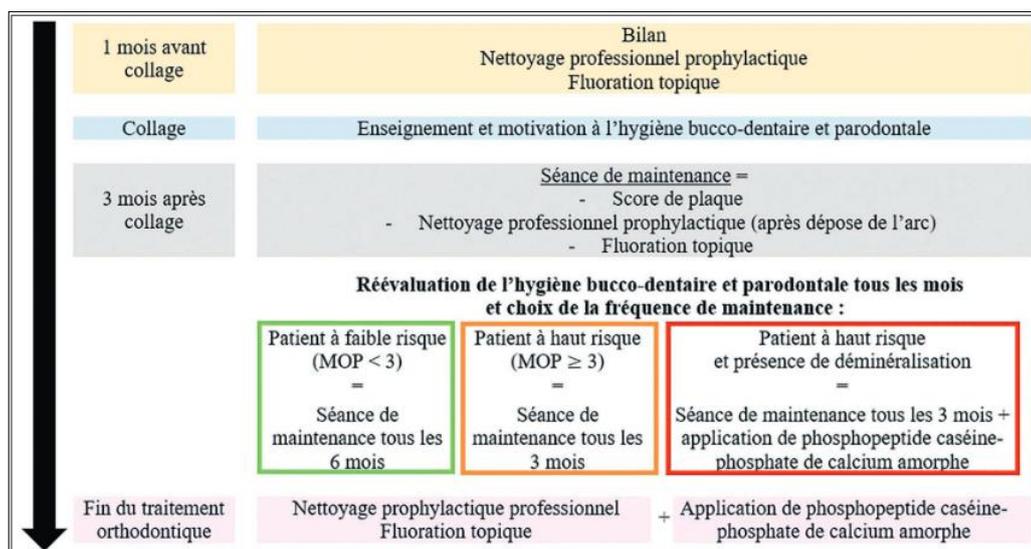
Certaines zones, en particulier inter proximales, restent inaccessibles au brossage favorisant la prolifération bactérienne. Il est recommandé aux odontologistes de pratiquer un nettoyage professionnel prophylactique des surfaces dentaires (NPSD). Il consiste en un détartrage si des dépôts de tartre sont présents et en un polissage systématique à l'aide de cupule en caoutchouc associée à une pâte à polir de granulométries décroissantes.

L'utilisation d'un aéropolisseur et de poudre à base de bicarbonate de sodium ou de glycine a été proposée. L'aéropolissage des attaches orthodontiques à l'aide de poudre à base de bicarbonate de sodium pendant une durée de 5 secondes a montré son efficacité dans l'élimination des dépôts de plaque, mais également dans la réduction des forces de friction causées par ces débris. Le type de poudre doit être adapté au matériau des attaches afin de ne pas causer d'altération de surface pouvant favoriser l'accumulation de plaque dentaire. Pour cela, les poudres à base de glycine, de plus faible granulométrie que les poudres à base de bicarbonate de sodium, semblent être préférables pour le nettoyage des attaches en matière plastique

Dans le but de réduire l'incidence des déminéralisations amélares au cours du traitement orthodontique, il est recommandé de terminer chaque séance de maintenance par l'application topique de fluor.

Les intervalles entre les séances de maintenance ne font pas l'objet d'un consensus dans la littérature, ils peuvent aller de trois semaines à six mois. Cependant, une revue systématique récente tente de définir un protocole de maintenance prenant en compte le score de plaque dans la fréquence des soins prophylactiques (Tableau VI)⁽¹³⁸⁻¹⁴⁰⁾.

Tableau VI : Protocole de maintenance durant un traitement orthodontique multi-attache⁽¹⁴⁰⁾



6.2.3. Scellement des puits et fissures

Ce procédé comble les sillons avec un matériau adhésif fluide et permet ainsi de les isoler du milieu buccal et des attaques acides. Il réalise une barrière physique étanche, lisse et plane qui s'oppose à l'accumulation de plaque bactérienne, empêche la pénétration du substrat nécessaire à la croissance bactérienne (les glucides) et prévient la déminéralisation acide⁽¹⁴¹⁾.

6.2.4. Elimination des excès de colle

L'excès d'adhésif autour des brackets constitue un facteur de rétention de plaque bactérienne, il est impératif d'éliminer les débordements avant sa prise. Cela est plus facile si la résine est peu ou pas chargée car elle est moins visqueuse. Quand les résines sont photo-polymérisables, elles offrent un temps de travail plus long permettant d'éliminer ses excès soigneusement, cependant le risque de déplacer l'attache de sa position idéale est important.

L'avantage des CVIMAR est qu'on peut les polymériser partiellement pendant 5 secondes, puis d'éliminer les excès.

La forme du joint périphérique participe également dans la rétention de la plaque, il doit avoir selon Palot et al, la forme d'un biseau aigu facilitant le passage du flux salivaire et le broyage. De plus, l'orthodontiste doit éviter de laisser la colle en bourrelet autour des brackets car cela crée des zones en contre dépouille, qui entraînent l'accumulation de plaque, même si l'hygiène est rigoureuse^(142,143).

6.2.5. Augmentation de la résistance de l'émail aux attaques acides

6.2.5.1. Prophylaxie par le fluor

De nombreuses études ont démontré le rôle préventif des fluorures sur le développement de lésions carieuses.

Le mécanisme d'action du fluor :

L'effet cariostatique du fluor s'explique par son mécanisme d'action. Le fluor présent dans les fluides de la cavité buccale peut s'accumuler dans la plaque bactérienne. Sa concentration y est généralement plus importante qu'au niveau de la salive et dépend principalement des apports externes.

L'incorporation du fluor dans le biofilm est dépendante du pH : elle est maximale à pH acide. Ainsi, toute baisse du pH (par exemple lors de la production d'acides par la glycolyse bactérienne) entraîne l'accumulation de fluor sous forme d'acide fluorhydrique FH, dans la bactérie. Or, le fluor est toxique pour les bactéries cariogènes, ce qui provoque l'inhibition du métabolisme et donc un ralentissement de la croissance de la bactérie, voire la mort bactérienne⁽¹⁴⁴⁾.

Les fluorures permettent de limiter les déminéralisations, et de favoriser la reminéralisation des tissus durs.

L'exposition de l'émail aux fluorures conduit à la formation de cristaux de fluoro hydroxyapatites, plus stables et moins solubles, ce qui leur confère un rôle protecteur en augmentant la résistance de l'émail aux attaques acides.

Le fluorure de calcium joue un rôle important grâce à sa capacité de précipiter sous forme de globules sphériques qui se retrouvent piégés dans les porosités de l'émail, et constituent ainsi un réservoir d'ions fluors libérés progressivement⁽¹⁴⁵⁾.

Ces ions incorporés dans les couches superficielles de l'émail le sont de manière instable et non définitive, d'où la nécessité de renouveler fréquemment les apports en fluorures⁽¹³⁾.

Les interactions entre émail et fluor sont donc conditionnées par :

- la dose et la fréquence des apports ;
- l'utilisation d'amines fluorées favorisant sa pénétration ;
- l'emploi d'agents topiques à pH acides (permettant une dissolution partielle de l'émail entraînant la formation d'acide fluorhydrique HF diffusant plus profondément dans l'émail), et de fluorure de calcium.

Le fluor peut être administré sous plusieurs formes, systémiques ou topiques.

Formes systémiques

Il est à noter qu'il agit pendant la période pré éruptive. Selon l'ANSM, compte tenu de la diversité des apports en fluor (eau, sel, dentifrice ingéré, etc.), la prescription de fluor médicamenteux sous forme de gouttes ou de comprimés doit être précédée d'un bilan des apports journaliers en fluor. De plus, son utilisation par voie systémique devra se restreindre à une seule source⁽¹⁴⁶⁾.

Formes topiques

L'utilisation des fluorures sous forme topique peut être réalisée par le patient lui-même, ou de façon professionnelle, au cabinet dentaire.

A. Dentifrice fluoré

L'efficacité du fluor, en applications topiques dans la prévention carieuse, n'est plus à prouver. La concentration en fluorures des dentifrices (fluorure de sodium, monofluorophosphate, fluorure d'étain, olafluor, fluorinol) doit être supérieure à 1000 ppm.

Une revue systématique conclut que les dentifrices dosés de 1 500 à 5 000 ppm sont plus efficaces dans la prévention des « white spot » que les dentifrices à 1 000 ppm.

A noter toutefois qu'une concentration de 5 000 ppm ne peut être prescrite chez les enfants de moins de 16 ans, de faibles concentrations de fluorure (généralement 450 à 500 ppm de fluorure) seront indiquées. Heymann and Grauer recommandent de l'utiliser seulement pour le brossage du soir.

Même en cas de très bonne hygiène bucco-dentaire, l'utilisation d'un dentifrice fluoré, seule, demeure cependant inefficace dans la prévention des leucomes pour un grand nombre de patients. D'où la nécessité de faire appel à d'autres sources fluorées (bains de bouche, gels):

Par contre, selon la revue Cochrane de 2013 ,il n'existe pas de supériorité d'une forme sur les autres dans la réduction de l'incidence des déminéralisations chez les patients en cours de traitement orthodontique fixe ^(42,147-151).

B. Bain de bouche fluoré

Considérant le rôle préventif prouvé des bains de bouche fluorés dans la prévention de la carie chez l'enfant et l'adolescent, la plupart des auteurs recommandent des bains de bouche fluorés, le soir après le brossage, et pendant toute la durée du traitement en cas de haut risque carieux , en complément des bains de bouche à la chlorhexidine (CHX) comme agents anti microbiens pour contrôler l'activité cariogène du streptocoque Mutans durant la semaine qui suit le collage .

Tahmasbi et coll. en 2019 ont montré qu'une solution de Fluorure de Sodium à 0,05 % ce qui correspond à une solution renfermant environ 230 ppm de fluor est plus efficace pour la prévention des WSL.

Quant à la cytotoxicité du fluor en application topique, pour Mladinic et al , il semblerait que l'application simultanée de dentifrices fluorés et de bains de bouche n'a pas d'incidence sur les cellules de la muqueuse buccale⁽¹⁵²⁻¹⁵⁴⁾.

C. Vernis fluoré

Étant donné que l'efficacité des produits de soins dentaires domestiques dépend en grande partie de la coopération des patients, les orthodontistes appliquent souvent un vernis à haute teneur en fluorure au début du traitement. Plusieurs études ont montré l'effet protecteur des vernis fluorés. Ils agissent comme un réservoir pour la libération lente du fluorure et facilitent sa plus grande absorption en raison d'un temps de contact plus long. La concentration en fluorure des vernis fluorés est de (5% de fluorure de sodium, 22 600 ppm F). Seulement un vernis fluoré à 2,26% est recommandé pour les enfants de moins de 6 ans. Les patients sont invités à éviter de manger pendant 2 à 4 heures après l'application et à éviter de se brosser les dents la nuit de l'application.

Les lignes directrices de l'AAPD (American Academy of Pediatric Dentistry) recommandent l'application de vernis fluorés au moins deux fois par an pour les dents primaires et deux ou quatre fois par an pour les dents permanentes et ont conclu que ce protocole pourrait entraîner une diminution de 44,3 % de la déminéralisation de l'émail chez les patients subissant un traitement orthodontique.

Les recommandations cliniques pour l'application professionnelle de vernis et de gel fluorure, selon l'American Dental Association (ADA) sont classées en fonction du risque de carie. Si le patient présente un risque modéré de carie, il doit recevoir un vernis fluoré à des intervalles de 6 mois et à des intervalles plus courts de 3 à 6 mois s'il est à haut risque.⁽¹⁵⁵⁻¹⁵⁷⁾

D. Gel fluoré

Il peut être appliqué à la fois professionnellement et par auto-application. Les types de gels couramment utilisés sont le gel de fluorure de sodium à 1,23 % (12 300 ppm F) et le gel de fluorure de phosphate acidulé (APF). L'utilisation d'un véhicule fluoré avec une valeur de pH plus basse peut prolonger l'entrée des ions minéraux dans le corps de la lésion.

Le gel fluoré est appliqué professionnellement jusqu'à quatre fois par an pendant 4 min.

De même pour les vernis, l'Académie européenne de dentisterie pédiatrique (EAPD) conseille de ne pas utiliser les gels chez les enfants de moins de 6 ans en raison du risque d'ingestion. En dentition permanente, l'EAPD recommande modérément 2 à 4 applications par an dans des gouttières de taille appropriée, en position verticale, associé à des dispositifs d'aspiration pendant et après l'application pour réduire la déglutition et ne pas manger ou boire 20 à 30 minutes après l'application du gel fluoré. Selon l'ADA, les mêmes recommandations pour les vernis sont appliquées aux gels en fonction du risque de carie et de l'âge^(158,159).

E. Agents de collage et de ligature libérant des fluorures

D'autres alternatives incluant directement les fluorures au traitement orthodontique ont été développées.

Lors du collage, il est possible d'utiliser des ciments verres ionomères hybrides, capables de relarguer des ions fluorures, et ainsi diminuer les déminéralisations autour des attaches. Ils seraient plus efficaces que les composites mais le niveau de preuves est faible.

L'utilisation de ligatures fluorées ne montre, quant à elle, pas d'effet anti-cariogène significatif. La durée de relargage du fluor est courte (supérieure à 90% la première semaine), et on note une perte d'élasticité rapide.

La dernière revue Cochrane concernant l'efficacité des fluorures dans la prévention des leucomes associés aux traitements orthodontiques ne permet pas d'établir de recommandations concernant l'utilisation d'adhésifs ou de ligatures libérant des fluorures vu qu'il n'existe aucune étude remplissant les critères d'inclusion (essai clinique randomisé – essai clinique comparant le produit fluoré avec la non utilisation du produit ou l'utilisation d'un contrôle non fluoré – évaluation de la déminéralisation de l'émail au début et à la fin du traitement orthodontique)⁽¹⁶⁰⁻¹⁶²⁾.

6.2.5.2. Utilisation de la Caséine Phosphopeptide – Phosphate de Calcium Amorphe (CPP-ACP)

L'équipe du professeur Reynolds de l'Université de Melbourne a développé la Caséine Phosphopeptide–Phosphate de Calcium Amorphe⁽¹⁶³⁾.

Ce complexe dérivé de la caséine (protéine du lait) forme sur les surfaces dentaires et au sein du biofilm des réservoirs de calcium et de phosphate, libérant des ions calcium et phosphate lors de l'acidification du biofilm, diminuant ainsi les phénomènes de déminéralisation et favorisant les processus de reminéralisation. Elle est commercialisée par GC et se présente sous la forme d'une crème appliquer sur les surfaces dentaires, deux fois par jour après le brossage des dents, sans boire ou manger dans les 30 minutes suivant son application (Tooth Mousse, Tooth Mousse Plus (900 ppm Fluor)).

Pour Cochrane et Reynolds, trois études cliniques démontrent l'efficacité de la CPP-ACP dans la prévention et la régression des leucomes au cours d'un traitement orthodontique. Deux entre elles ne révèlent pas de différence entre la CPP-ACP, un gel fluoré (NaF à 5 %) ou un vernis fluoré (Fluor Protector).

En raison du nombre d'études cliniques encore trop faible pour établir des recommandations fiables⁽¹⁶⁴⁾. Sa prescription ne peut être que complémentaire de la prescription des vernis fluorés. Ce que confirme l'étude de Roberston et ses collaborateurs qui montre l'effet synergique du CPP-ACP et du fluorure présentant une réduction de 53,5% du nombre de déminéralisation⁽¹⁶⁴⁻¹⁷⁰⁾.

6.2.6. Action sur le biofilm cariogène

6.2.6.1. Utilisation des agents antiseptiques

La chlorhexidine 0,2% est très efficace dans le contrôle du biofilm et la gestion des gingivites. Elle peut être prescrite sous la forme de bains de bouche (1 fois/jour/15 jours) , de gels ou de vernis (40%). Elle a un effet sur la flore cariogène, entraînant une diminution du nombre de streptocoques mutans avec une action plus importante des vernis par rapport aux gels puis aux bains de bouche.

Il n'existe pas encore de revue Cochrane publiée concernant l'efficacité de la chlorhexidine ou de la Listerine dans la prévention des lésions carieuses, Les conclusions des revues de

synthèse sont une absence de preuves concernant les bains de bouche et les gels. Par contre, les vernis (appliqués tous les 3-4 mois) auraient un certain effet, qualifié de modéré, chez les patients à haut risque carieux, à forte concentration de streptocoques mutans⁽¹⁷¹⁾.

6.2.6.2. Utilisation des polyols (xylitol)

Sucre de substitution (édulcorant) non métabolisé (xylitol) ou faiblement fermentescible (sorbitol) par les bactéries de la plaque dentaire, il provoque la sensation d'un goût sucré, mais lors de sa dégradation ne produit pas d'acides. Ils ont une action inhibitrice du métabolisme des bactéries cariogènes.

Ils stimulent le flux salivaire qui favorise le rôle tampon de la salive, ce qui permet d'augmenter de 50 % la vitesse d'élimination des sucres à la surface des dents après une collation sucrée.

Les premières recommandations préconisaient la consommation de 5 à 7 grammes de xylitol par jour. Actuellement, 10 à 15 grammes sont recommandés chez l'adulte et l'enfant âgé de plus de 7 ans et 5 à 10 grammes chez les enfants plus jeunes. Le xylitol peut être utilisé chez l'enfant dès l'apparition des dents déciduales.

En France, l'ADF, l'UFSBD, n'incluent pas de dose de xylitol à consommer dans leurs recommandations de consommation de chewing gums au xylitol.

L'attention des patients doit être attirée sur le fait que la majorité des produits contenant du xylitol présents sur le marché, notamment les chewing-gums, n'en contiennent pas assez pour apporter les 10 à 15 grammes de xylitol recommandés chez l'adulte. Cela impose actuellement la consommation de plusieurs pièces (chewing gums, dragées, etc.) simultanément pour atteindre la dose optimale.

La mastication d'un chewing-gum au xylitol (2à5 g de xylitol/prise) ou aux polyols, après chaque repas (3 fois par jour) pendant 10 à 20 minutes est recommandée même si les auteurs reconnaissent qu'il manque des études de haut niveau de preuves⁽¹⁷²⁻¹⁷⁴⁾.

6.2.7. Utilisation de Sealants

D'après les conclusions d'une récente revue systématique avec méta-analyse, l'utilisation de sealants semble être efficace pour prévenir les WSL post-orthodontiques. De plus, il n'y a aucune preuve à l'appui que les sealants libérant du fluorure sont plus efficaces que ceux sans libération de fluorure. Il a été signalé qu'un excès de matériau d'étanchéité peut provoquer des sites de rétention pour le biofilm et de nouveaux sites pour les caries autour des brackets. Les sealants ont comme inconvénient d'être fastidieux à éliminer et nécessitent un polissage soigneux après leur élimination. Le problème avec les sealants est qu'ils subissent une usure mécanique au fil du temps, leur durabilité est affectée par l'abrasion mécanique due à la mastication et au brossage, par conséquent, leur conservation doit être évaluée dans des périodes de 3 et 5 mois et renouvelée si nécessaire. De plus, à mesure que les dents se déplacent et s'égressent tout au long du traitement, l'émail qui était initialement recouvert par la gencive devient exposé à l'environnement buccal^(175,176).

6.2.8. Prophylaxie par laser et l'Ozone

L'utilisation des lasers dans la prévention carieuse date de 1972. Ils ont pour effet d'augmenter la résistance de l'émail à l'attaque acide et d'augmenter la micro-dureté de l'émail. Les principaux lasers utilisés pour la dentisterie préventive sont les lasers Argon, CO₂, Nd-YAG et Erbium-YAG.

Les résultats des études ayant porté sur l'utilisation de ces lasers dans la prévention des leucomes associés aux traitements orthodontiques sont contradictoires ⁽¹⁷⁸⁻¹⁷⁹⁾ et soulignent la nécessité d'effectuer des études cliniques randomisées.

Quant à l'utilisation du gaz naturel (O₃) en odontologie, elle est récente et liée à son action antibactérienne au travers de ses propriétés oxydantes. En effet, l'ozone appliqué par un générateur (HealOzone®Kavo), entraîne une diminution des bactéries cariogènes (*S. mutans* et *Lactobacillus*) et ainsi, permet à l'équilibre de la balance déminéralisation-reminéralisation de pencher en faveur de la reminéralisation.

En général, la thérapie photo-dynamique antimicrobienne est efficace sur une courte durée pour diminuer la flore pathogène, mais n'a aucun effet sur l'accélération du mouvement dentaire. Elle pourrait favoriser les décollements de brackets, si on l'utilise juste après la pose du dispositif ⁽¹⁷⁹⁾.

6.2.9. Probiotiques :

Les probiotiques sont des micro-organismes vivants qui ont des effets bénéfiques lorsqu'ils sont administrés en quantité suffisante. Les probiotiques peuvent être administrés sous forme de lait, de yaourt, de fromage, de comprimés, de pastilles, de poudre et de gouttes. Des études ont suggéré que la consommation de probiotiques 5 jours par semaine entraîne une diminution du développement des caries de 60% et 75% lorsqu'ils sont utilisés avec du fluorure, les *Lactobacillus* et *Bifidobacterium* sont les probiotiques les plus fréquemment étudiés.

Des revues systématiques ont signalé la nécessité de mener des essais à long terme et à grande échelle pour examiner l'effet positif de ces produits afin d'adopter la bactériothérapie pour prévenir et contrôler les caries et également pour déterminer l'espèce la plus appropriée, le temps de traitement et la concentration idéale ⁽¹⁵⁸⁾.

6.2.10. Application des nanohydroxyapatites

Il est considéré comme l'un des matériaux les plus biocompatibles et bioactifs, ayant une morphologie, une structure et une cristallinité similaires à celles du cristal d'apatite dans l'émail. Il est fourni sous différentes formes, notamment des pâtes, des bains de bouche et des gels. Une méta-analyse très récente réalisée en 2022 a conclu à des preuves non probantes sur l'efficacité de son utilisation dans la prévention de la déminéralisation ⁽¹⁸⁰⁾.

6.3. Choix de l'appareil et du dispositif orthodontique

La grande innovation des deux dernières décennies a été la suppression des ligatures élastomériques poreuses grâce aux nouveaux boîtiers autoligaturants. Les recherches ne cessent de se poursuivre pour améliorer encore les qualités des boîtiers avec par exemple l'utilisation de nouveaux alliages prometteurs contenant de l'argent, et stables à l'abrasion, qui entrent dans la fabrication de brackets. Ils présentent d'importantes propriétés antibactériennes sur le biofilm oral in situ et cela à long terme⁽¹⁸¹⁾.

Enfin, tous les procédés visant à accélérer le mouvement dentaire provoqué, dans la limite imposée par le renouvellement cellulaire, permettent de raccourcir le temps de traitement, donc l'exposition au risque carieux.

La révision à la baisse des objectifs de traitement est également nécessaire car il n'est pas judicieux de se lancer dans un traitement long avec des extractions de dents permanentes par exemple, si l'élimination de la plaque dentaire n'est pas maîtrisée par le patient, la prise en charge doit être différée ou bien interrompue définitivement.

**Traitement des taches blanches de l'émail
après dépose des attaches orthodontiques**

7. Traitement des taches blanches de l'émail après dépose des attaches orthodontiques.

7.1. Différentes thérapeutiques des taches blanches de l'émail

7.1.1. Reminéralisations

7.1.1.1. Reminéralisations spontanées

Dans les six mois suivant la dépose de l'appareil orthodontique multi-attache, nous observons une régression de l'aspect des leucomes et cela suite à une reminéralisation naturelle par la salive et l'abrasion associée au brossage avec le dentifrice lorsque l'hygiène bucco-dentaire et l'hygiène alimentaire sont normales⁽¹⁸²⁾.

Willmot et al. (2004) ont mesuré une diminution de la taille des tâches d'un tiers à 12 semaines, et de moitié à 26 semaines après la dépose des attaches orthodontiques. Cette amélioration est le plus souvent partielle et dépend de la sévérité des lésions, plus celle-ci est superficielle, meilleures sont les chances de reminéralisations spontanées, ce qui rend indispensable le traitement de ces leucomes⁽¹⁸³⁾.

Attal et Tirlet ont développé la notion de « gradient thérapeutique » classant les différentes thérapeutiques esthétiques sur un axe horizontal allant de la moins mutilante à la plus mutilante ce qui permet d'adapter notre pratique à la demande esthétique du patient, tout en étant le plus conservateur possible. Il sera souvent nécessaire d'associer plusieurs thérapeutiques, mais il faudra toujours veiller à commencer par la moins invasive (Figure 19)⁽¹⁸⁴⁾.

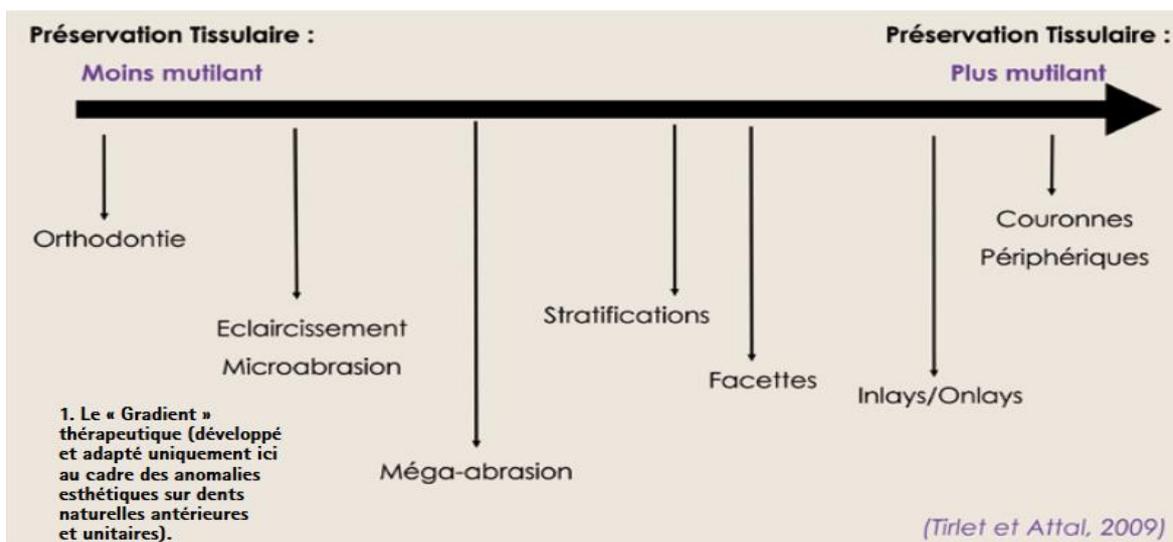


Figure 19 : « Gradient thérapeutique » modifié. D'après Attal et Tirlet, 2009⁽¹⁸⁴⁾.

7.1.1.2. Reminéralisations par fluorures

Comme vu dans le chapitre précédent, l'incorporation des ions fluor à l'émail se fait sous forme de fluoro-hydroxyapatites et de fluoro-apatites qui ont la particularité d'être stables en milieu acide (leur dissolution n'ayant lieu qu'à un pH inférieur à 4.7, en comparaison à celle de l'émail pour lequel le pH doit être de 5.5).

De plus, à haute concentration, les ions fluorures peuvent également précipiter sous forme de microcristaux de fluorures de calcium CaF_2 , qui constituent un réservoir de fluor et de calcium en cas de chute du pH. Par conséquent, l'émail est plus résistant aux attaques acides et sa reminéralisation devient possible, même lorsque le pH est faible.

Ainsi, les fluorures permettent d'accélérer et de promouvoir la reminéralisation des tissus durs.

Le dentifrice fluoré est le plus souvent présent sous la forme de Fluorure de Sodium (NaF), de MonoFluoroPhosphate de Sodium ($\text{Na}_2\text{PO}_3\text{F}$), et/ou de Fluorure d'Amine (AmF). Il est classé en produit cosmétique si la teneur est inférieure à 1500 ppm, et en médicament si elle est supérieure à 1500 ppm.

Notons que 1000 ppm de fluor correspondent à 0,1 % d'ions fluor, soit un milligramme de fluor pour un gramme de pâte (il est communément admis qu'un centimètre de pâte correspond à un gramme de dentifrice).

Il existe une corrélation entre la concentration en ions fluor et l'efficacité des pâtes dentifrices utilisées. En effet, à doses élevées, le fluor entraîne une reminéralisation rapide de la surface amélaire, ce qui restreint le passage des ions dans les couches profondes plus affectées.

Au contraire, à des doses plus faibles, il permet une reminéralisation depuis les couches les plus profondes jusqu'aux couches de surface, avec un rendu esthétique plus favorable⁽¹⁸⁵⁾.

Les dentifrices dosés à 5000 ppm de fluor font l'objet, à titre de médicaments, d'une prescription médicale. Il est recommandé de les utiliser une fois par jour, à la place du dentifrice habituel, et d'éviter de les rincer au moins trente minutes après le brossage.

A l'exception de Fluocaril Bifluoré (2,5 mg/100 ml) les bains de bouche sont considérés comme des produits cosmétiques suite à leur faible concentration en fluorures de sodium (de 0,02% à 0,2%).

Employé seul, le bain de bouche fluoré a un potentiel de reminéralisation limité. Il est donc conseillé de l'utiliser quotidiennement, en complément d'un dentifrice fluoré^(149,186-188).

Formes topiques à usage professionnel :

Les gels fluorés, avec des concentrations allant de 10 000 à 20 000 ppm, sont appliqués par le dentiste à l'aide de gouttières personnalisées, fabriquées au préalable et remplies de gel après un nettoyage buccal approfondi. Le patient les garde en bouche pendant cinq minutes, tout en aspirant pour limiter l'ingestion du produit. Après le retrait des gouttières, le patient ne devra ni boire, ni manger, ni se brosser les dents pendant au moins trente minutes.

Les vernis fluorés se distinguent des autres topiques fluorés par leur adhérence prolongée à la surface des dents, permettant une diffusion optimale du fluor sur une durée étendue. Ils s'avèrent particulièrement efficaces dans le traitement des lésions débutantes.

Leur application est simple :

Nettoyage prophylactique : Les dents sont nettoyées minutieusement à l'aide d'une brosse montée sur contre-angle et d'une pâte prophylactique.

Application du vernis : Le vernis est appliqué sur les surfaces dentaires préalablement rincées et séchées.

Recommandations post-application : Le patient doit éviter tout liquide pendant 40 minutes, ainsi que la nourriture et le brossage des dents pendant les quatre heures qui suivent.

Pour la fréquence d'utilisation Bian et al. recommandent une application mensuelle d'un vernis fluoré à 5% pendant les six premiers mois suivant le retrait d'un appareil orthodontique fixe chez les patients présentant des lésions initiales. Alors que Miller et al. préconisent un renouvellement des applications tous les trois mois^(189,190).

7.1.1.3. Reminéralisations par CPP-ACP

Comme expliqué dans le précédent chapitre les CPP-ACP peuvent être efficaces pour prévenir et traiter les WSL autour des brackets orthodontiques, Nongomera et FitzGerald ont synthétisé leur action au moyen du schéma illustré en (Figure 20), cependant leurs effets ne sont pas significativement plus importants que ceux obtenus en utilisant le fluorure seul. Les orthodontistes et les dentistes généralistes peuvent envisager d'utiliser des produits contenant du CPP-ACP comme alternative au fluorure pour la prévention et le traitement des WSL causées par l'orthodontie. De plus, d'autres études de haute qualité pouvant fournir des preuves plus solides de l'efficacité et de la sécurité du CPP-ACP sont nécessaires, de préférence en utilisant un suivi à long terme et des mesures des résultats cliniquement pertinentes^(191,192).

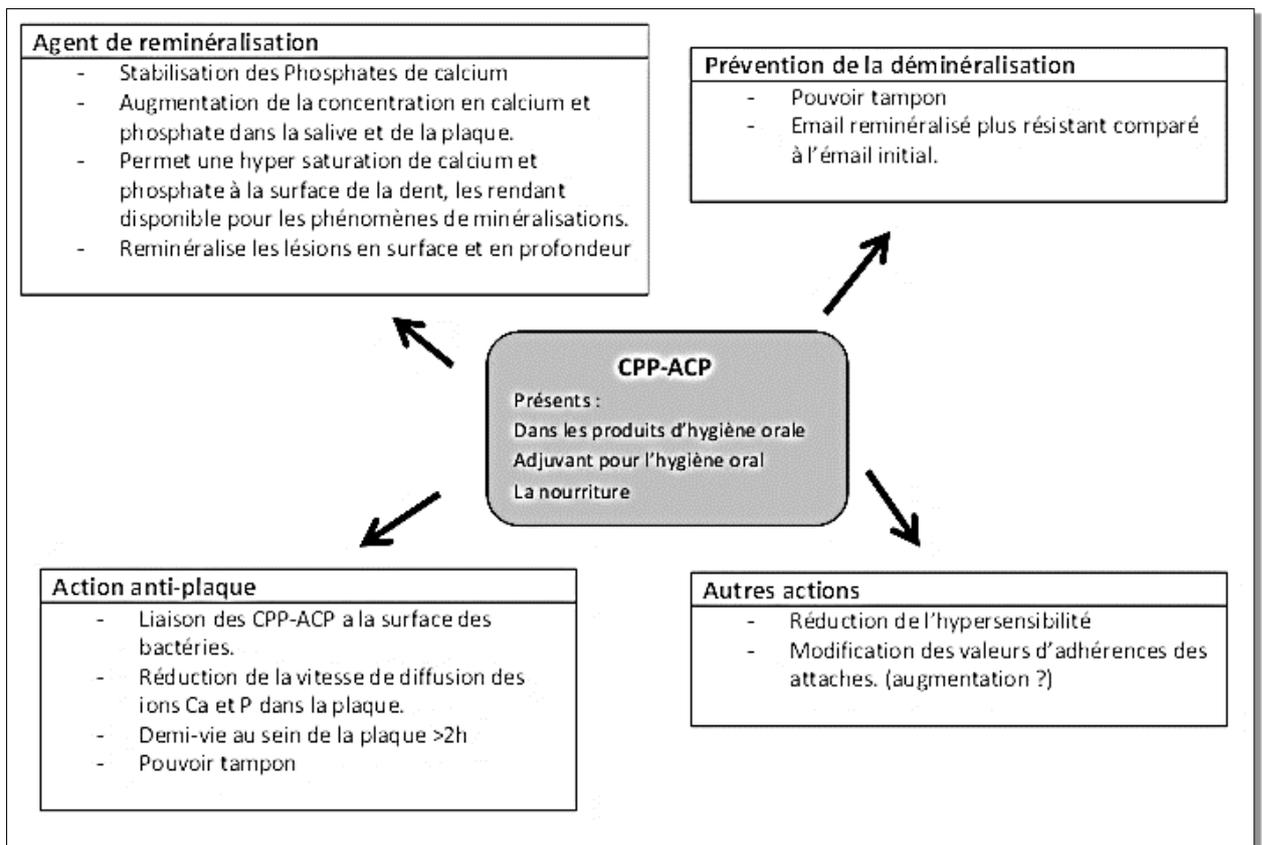


Figure 20 : Schéma résumant l'action des CPP-ACP, d'après Nongomeria et FitzGerald, 2012 ⁽¹⁹³⁾

7.1.2. Eclaircissements

L'éclaircissement dentaire est une technique modifiant les colorations de l'émail et de la dentine en utilisant une solution oxydante (eau oxygénée, perborate de sodium ou peroxyde de carbamide). Cette solution, mise au contact prolongé de la dent, va dissoudre les pigments accumulés au fil du temps ⁽¹⁹⁴⁾.

En dépit de son efficacité indéniable en matière de blanchiment, l'éclaircissement ne forme pas d'indication dans le traitement des taches blanches de l'émail car il ne permet pas leurs reminéralisations. Il s'agit simplement d'un masquage des taches blanches par effet d'optique (augmentation de la luminosité globale de la dent, parfois inhomogène).

Cette technique doit être réservée au patient ayant une très bonne hygiène bucco-dentaire pour le masquage des lésions inactives, si la reminéralisation naturelle n'a pas été complète. Il peut toutefois précéder une thérapeutique par micro-abrasion ou érosion-infiltration ⁽¹⁸²⁾.

7.1.3. Micro-abrasion :

Proposée, au début des années 1990, pour le traitement des leucomes observés après la dépose des boîtiers⁽¹⁹⁶⁻¹⁹⁷⁾. Elle consiste en une abrasion chimique et mécanique des couches superficielles de l'émail à l'aide d'une pâte combinant des agents érosifs (acide phosphorique ou chlorhydrique 6,6 %) et abrasifs (particules d'oxyde d'alumine, oxyde de silicium ou carbure de silicium). Elle permet l'élimination d'une couche superficielle de l'émail aux endroits où les défauts sont présentes.

Une étude menée par Murphy et al. a montré un taux de réussite de 83% dans leur élimination après un traitement orthodontique. Pour Akin et al. ces taux atteignent 99% pour les lésions de surface, et 94% pour les lésions plus sévères (ayant nécessité cinq séances espacées de deux semaines).

Dans les cas les plus complexes, la micro-abrasion peut être combinée à un traitement d'éclaircissement. Il pourra être réalisé avant ou après la micro-abrasion (notons qu'il sera nécessaire d'espacer ces deux thérapeutiques de 24 heures), elle est contre-indiquée pour les lésions supérieures à 0,2 mm, concernant le tiers interne de l'émail ou la dentine car le produit n'agit qu'en surface.

Il est recommandé de prescrire des topiques fluorés ou des crèmes à base de CPP-ACP après la micro abrasion pour permettre une reminéralisation des surfaces amélares et limiter les éventuelles sensibilités post-opératoires^(163,195-201).

7.1.4. Erosion infiltration

7.1.4.1. Principes et mode d'action

Les taches blanches sont le résultat d'un phénomène optique complexe : l'altération des surfaces modifie l'indice de réfraction lumineuse de la dent et permet de distinguer les leucomes, mates et opaques, de l'émail sain, brillant. L'infiltration des surfaces avec une résine dont l'indice de réfraction est égale à 1,52, proche de celui de l'émail, permet de rendre la lésion invisible^(163,202).

L'érosion-infiltration est une thérapeutique conservatrice permettant de masquer les taches blanches de l'émail, (Figure 21).



Figure 21 : Kit starter, ICON® Vestibulaire, ⁽²⁰¹⁾.

L'érosion : Les lésions initiales présentent une couche de surface d'environ 40 microns, faiblement poreuse et d'apparence intacte, qui agit comme une barrière face à la reminéralisation des couches plus profondes de l'émail. Une préparation est donc nécessaire afin de faciliter le processus d'infiltration⁽²⁰³⁾.

L'infiltration :

L'objectif de ce procédé est d'obtenir une pénétration optimale de la résine dans le corps de la lésion et de permettre le scellement des microporosités qui la constituent. Seules les résines composées de tri-éthylène-glycérol di-méthacrylate (TEGDMA) avec adjonction d'éthanol, du fait de leur coefficient de pénétration élevé, sont capables de pénétrer les lésions en profondeur, par capillarité.

L'infiltration permet de stopper les lésions initiales tout en préservant les structures dentaires saines et même capable de rendre une teinte naturelle aux dents lésées ; elle augmente de la micro dureté de l'émail déminéralisé et la résistance de l'émail sain aux attaques acides (d'où une diminution des déminéralisations)

L'avantage est qu'elle est réalisée en une seule séance, sans douleur et procure des résultats esthétiques instantanés et stables dans le temps.

Les résultats d'une étude menée par Paris et al. ont montré que seules les lésions d'ICDAS 2 et 3 pouvaient être traitées efficacement par les résines d'infiltration^(204-206,206-213).

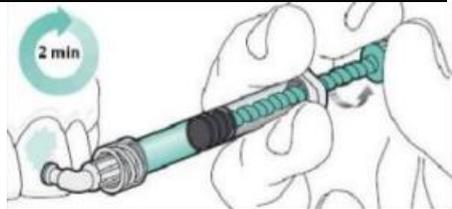
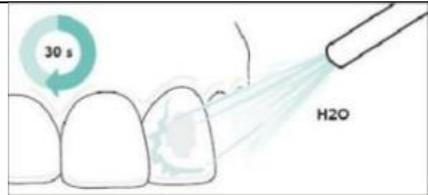
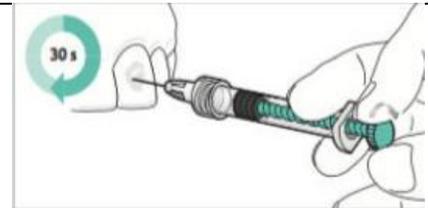
Elles sont donc contre-indiquées pour le traitement des lésions avancées au-delà du tiers externe de la dentine (recommandations du laboratoire DMG).

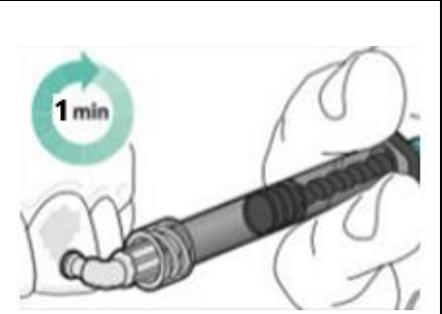
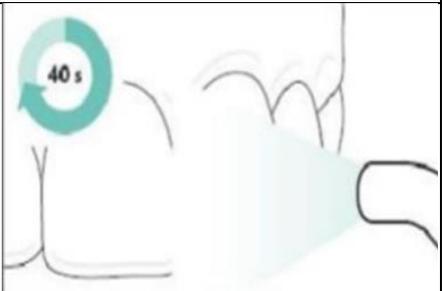
7.1.4.2. Protocole

Le traitement des lésions se déroule en trois étapes cliniques (Tableau VII) correspondant à trois matériaux :

- L'Icon-Etch® : ce gel d'acide chlorhydrique à 15% permet l'élimination de la couche de surface
- L'Icon-Dry® : il s'agit d'une solution d'éthanol à 99% qui va assécher la dent et permettre l'infiltration dans un environnement sec
- L'Icon-Infiltrant® : c'est une matrice à base de résine de méthacrylate (TEGDMA), hydrophobe et de faible viscosité.

Tableau VII : Protocole d'utilisation de l'Icon®(mode d'emploi de l'Icon - site DMG)⁽²¹⁴⁾

Nettoyage des surfaces dentaires à l'aide d'une brosette montée sur contre-angle et d'une pâte prophylactique.	
Mise en place de la digue	
Erosion : Traitement à l'acide chlorhydrique à 15% (ICON-Etch®) pendant 2 minutes . Un léger frottement avec l'embout applicateur	
Rinçage et séchage pendant 30secondes	
Déshydratation avec la solution d'éthanol (ICON-Dry®) 30 secondes La tâche doit complètement disparaître. S'il n'y a aucune modification optique : une nouvelle étape d'érosion est nécessaire.	
Séchage.	

<p>infiltration</p> <p>Mise en place de la résine hydrophobe (ICONInfiltrant®) à l'aide de l'embout applicateur, à l'abri de la lumière, pendant 3 minutes ⁽²⁰⁵⁾.</p>	
<p>Photopolymérisation pendant 40 secondes.</p>	
<p>Une deuxième infiltration est recommandée</p> <p>1 minute</p>	
<p>Une photopolymérisation. 40 secondes</p>	
<p>Dépose de la digue et polissage des surfaces dentaires.</p>	

7.1.4.3. Limites de l'érosion infiltration

Il est à noter que l'effet masquant de cette technique, prouvé aussi bien par des études in vitro qu'in vivo, varie selon la profondeur de la lésion. Il est d'autant plus performant esthétiquement que la lésion est précoce et est à un stade actif plutôt qu'à un stade inactif. En outre, les changements de couleur sont perceptibles au bout d'une semaine après contact prolongé avec du café. Finalement il s'agit d'une technique récente, nous manquons encore de recul clinique et de connaissances sur le sujet⁽²¹⁵⁾.

7.1.4.4. Intérêt préventif en orthodontie

Il se résume en :

- Effet carioprotecteur sur l'émail sain en augmentant sa résistance à la déminéralisation ⁽²¹⁶⁾.
- Amélioration du collage des attaches : Au niveau de l'émail déminéralisé, la combinaison de résine d'infiltration et d'adhésifs conventionnels présente des valeurs de résistance au cisaillement significativement plus élevées qu'un adhésif conventionnel seul⁽²¹⁷⁾.
- Diminution du risque de fracture amélaire lors de la dépose des attaches ⁽²¹⁸⁾.

7.1.5. Restaurations

Dans le cas de déminéralisations sévères ou en cas d'échec des précédentes thérapeutiques, les restaurations constitueront le dernier recours thérapeutique.

Ces traitements seront plus invasifs car ils nécessitent un curetage avec éviction du tissu carié et que de l'émail sain peut être supprimé lors de la réalisation de la cavité. On en distingue deux types selon le mode de réalisation :

- Par technique directe : restaurations composites (par stratification ou non).
- Par technique indirecte : facette en céramique ou composite collée.

7.1.5.1. Restaurations en composite

Les restaurations par résine composite présentent les avantages d'être à la fois peu invasives, rapides et peu coûteuses. Elles vont permettre une restauration anatomique de l'organe dentaire. En cas de restauration plus importante, la technique de stratification, décrite par Dietschi, sera recommandée. Elle permet de reconstituer l'anatomie dentaire grâce à des couches de composite successives correspondant aux couches d'émail et de dentine afin de respecter la dualité tissulaire ^(219,220).

7.1.5.2. Facettes

Les facettes constituent un artifice prothétique composé d'une fine pellicule de céramique ou de composite permettant de modifier la teinte, la structure, la position et la forme de la dent initiale, collée sur la face vestibulaire d'une ou plusieurs dents. Elles assurent une préservation des tissus dentaires, lorsqu'ils sont sains en palatin ou lingual ⁽²²¹⁾.

7.2. Choix du traitement en fonction du stade de déminéralisation

Rappelons que les leucomes, correspondant aux codes 1, 2 et 3 de la classification ICDAS II, se caractérisent par des lésions de l'émail dentaire, sans atteinte de la dentine ou avec une implication limitée au tiers externe de la dentine. En d'autres termes, il s'agit d'altérations superficielles de l'émail, n'affectant pas en profondeur la structure de la dent.

Le gradient thérapeutique développé par Attal et Tirlet cité ci-dessus permet de guider la réflexion du praticien afin d'opter pour le traitement le plus adapté et le moins invasif. Une seule thérapeutique pourra être nécessaire mais, le plus souvent, plusieurs thérapeutiques devront être associées⁽²⁴⁾.

7.2.1. Traitement des déminéralisations limitées à la moitié externe de l'émail, code1

Dans un premier temps, l'utilisation de topiques fluorés et/ou de crèmes dentaires à base de CPP-ACP sera préconisée. En cas d'échec, il conviendra de recourir à des thérapeutiques plus invasives telles que les éclaircissements ou la micro-abrasion (Figure22)

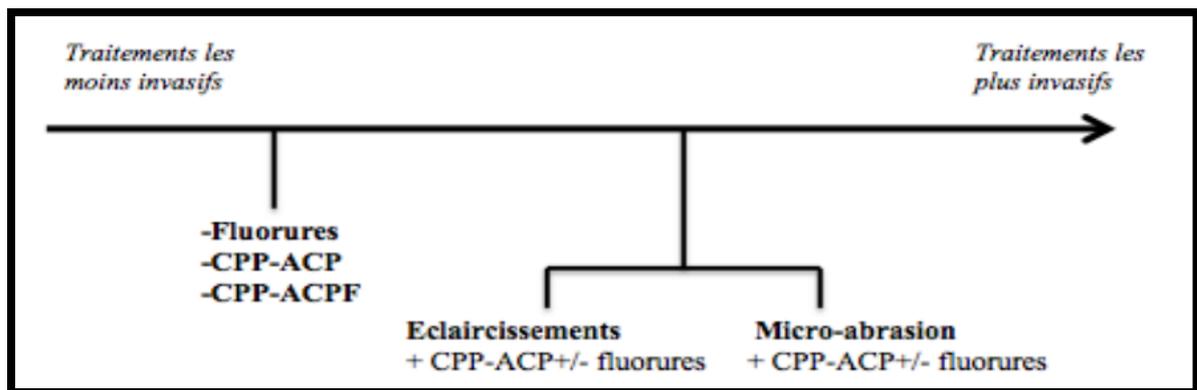


Figure 22 : Traitements des lésions correspondant au code 1 de l'ICDAS II⁽²⁰³⁾

7.2.2. Traitement des déminéralisations allant jusqu'au tiers médian de l'émail, code 2

Cas d'échec des topiques fluorés et des crèmes à base de CPP-ACP d'autres options thérapeutiques peuvent être envisagées pour traiter les lésions blanches à savoir :

L'éclaircissement dentaire, la micro-abrasion ou l'érosion-infiltration (Figure 23).

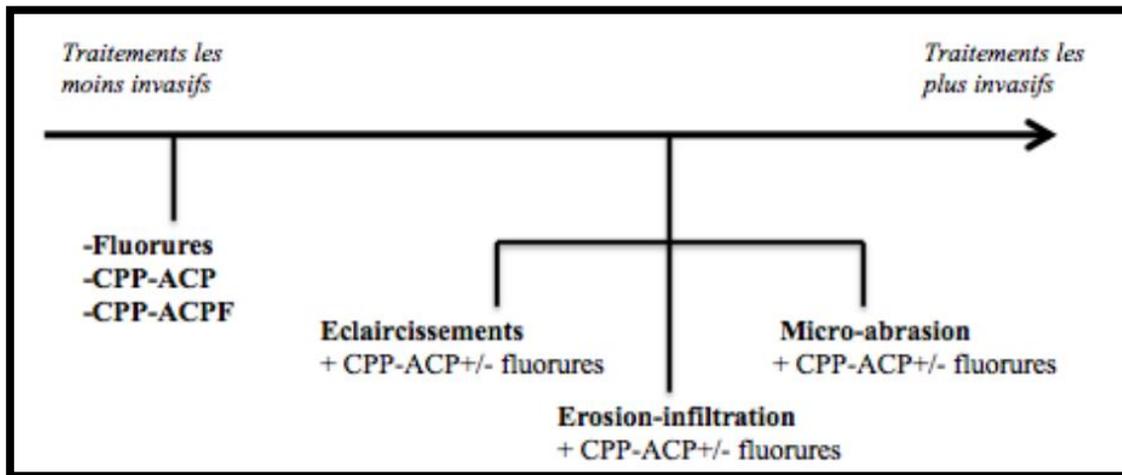


Figure 23 : Traitements des lésions correspondant au code 2 de l'IDAS II⁽²⁰¹⁾.

7.2.3. Traitement des déminéralisations allant jusqu'au tiers interne de l'émail, code 3

Pour les déminéralisations profondes, atteignant le tiers interne de l'émail (ou le tiers externe de la dentine) et correspondant au code 3 de l'ICDAS II, des traitements plus invasifs sont nécessaires en raison de la gravité des lésions.

L'érosion-infiltration constitue la première option thérapeutique. Cette technique consiste à ouvrir les pores de l'émail déminéralisé à l'aide d'agents chimiques, puis à les remplir de résine pour masquer les taches et renforcer la structure de la dent.

En cas d'échec de l'érosion-infiltration, une association avec la micro-abrasion peut être envisagée (technique d'infiltration en profondeur décrite par Attal et al. Ce procédé permet d'éliminer superficiellement les taches restantes en utilisant des particules abrasives fines.

Si les résultats obtenus avec ces techniques combinées restent insatisfaisants, la pose de restaurations par résines composites devient nécessaire, permettant de restaurer l'intégrité et l'esthétique de la dent.

En dernier recours, si les lésions sont trop importantes ou que les autres traitements n'ont pas donné les résultats escomptés, la réalisation de facettes peut être envisagée, permettant de masquer les imperfections et d'améliorer l'apparence du sourire⁽²²³⁾(Figure 24).

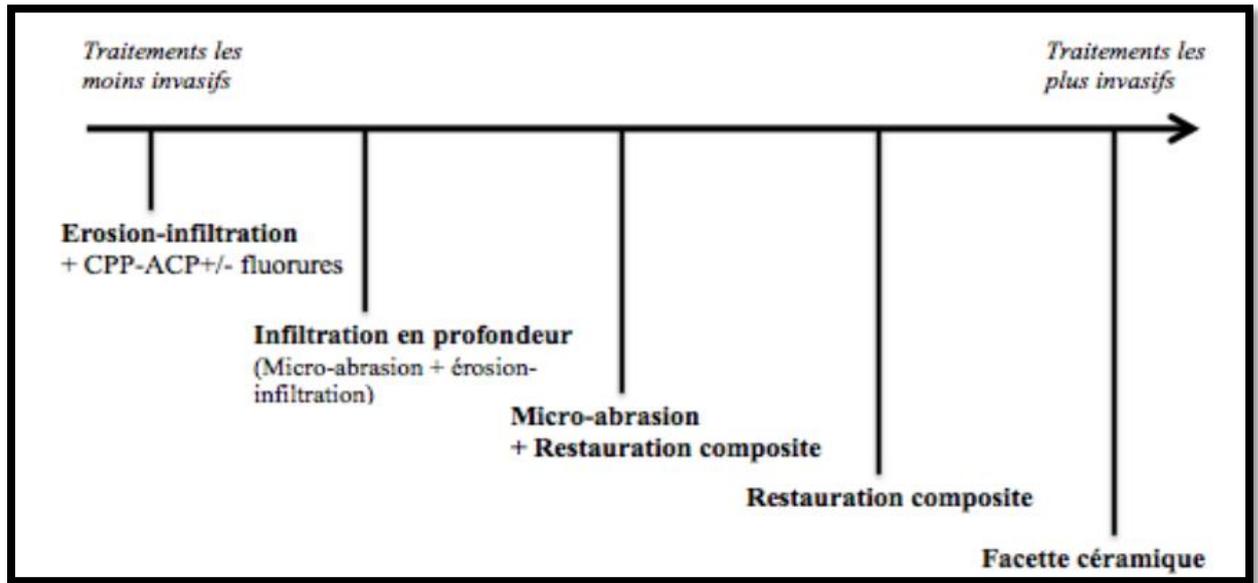


Figure 24 : Traitements des lésions correspondant au code 3 de l'ICDAS II⁽²⁰¹⁾

En résumé, le choix du traitement pour les lésions blanches post-orthodontiques dépend de leur gravité et de l'efficacité des différentes techniques. Le praticien est en mesure d'évaluer la situation et de proposer le traitement le plus adapté à chaque cas (Tableau VIII).

Tableau VIII: Possibilités thérapeutiques de prise en charge des WSL

Thérapeutique
<ul style="list-style-type: none"> • Techniques de reminéralisation * Applications topiques de fluorures * Applications topiques de CPP-ACP (2 fois/jour après le brossage, pendant 8 semaines au moins)
<ul style="list-style-type: none"> • Eclaircissement dentaire
<ul style="list-style-type: none"> • Techniques de dentisterie à minima * Micro-abrasion * Erosion-infiltration
Techniques restauratrices
<ul style="list-style-type: none"> * Composites * Facettes

PARTIE PRATIQUE
ENQUÊTE ÉPIDÉMIOLOGIQUE

Méthodologie de l'étude

8. Méthodologie de l'étude

Alors que l'orthodontie a évolué vers des traitements plus rapides et personnalisés, dont l'objectif commun est la perfection des finitions et l'aboutissement à des résultats esthétiques satisfaisants, le défi de maintenir une hygiène bucco-dentaire irréprochable pendant le port d'appareils fixes persiste. En effet, les brackets et les fils créent des niches où la plaque bactérienne s'accumule, favorisant la déminéralisation de l'émail et l'apparition de lésions carieuses, notamment autour des attaches.

L'esthétique étant un enjeu majeur de l'orthodontie moderne, les taches blanches, par leur aspect disgracieux, réduisent considérablement la satisfaction du patient quant au résultat final.

Face à la fréquence des taches blanches (WSL) chez les patients orthodontiques et étant soucieux d'optimiser les résultats de nos traitements orthodontiques tout en préservant la santé bucco-dentaire de nos patients, nous avons entrepris une étude visant à :

Quantifier l'incidence des WSL pendant le traitement orthodontique.

Identifier les facteurs liés au patient, au traitement ou à l'environnement, qui peuvent influencer l'apparition des WSL.

Développer des stratégies de prévention efficaces pour préserver la santé bucco-dentaire de nos patients tout en optimisant le résultat esthétique.

L'étude a été réalisée sur une population formée de patients ayant bénéficié d'un traitement orthodontique fixe, présentant une pathologie orthodontique variable, recrutés au sein de notre consultation au service d'orthopédie dento faciale de Constantine.

8.1. Objectifs de l'étude

8.1.1. Objectif principal

Estimer l'incidence des WSL survenant au cours d'un traitement orthodontique fixe multi-attache dans une population en denture permanente âgés de 12 à 17 ans, au sein du service d'orthopédie dento-faciale du CHU Dr BENBADIS de Constantine, situé dans la commune de Constantine au boulevard CHIHANI Bachir.

8.1.2. Objectifs secondaires

- Identifier les principaux facteurs de risque qui entretiennent l'apparition des WSL et analyser la relation statistique qui existe entre les facteurs étudiés et la survenue des WSL.
- Localiser les dents les plus touchées par les WSL, ainsi que les surfaces les plus concernées.
- Proposer un modèle de prévention des WSL chez une population orthodontique.

Notre troisième objectif, qui consiste à établir un modèle préventif pour les lésions initiales de l'émail, se caractérise par son ambition et sa complexité. Compte tenu de l'étiologie multifactorielle des WSL, la conception d'une stratégie préventive efficace représente un défi scientifique majeur. Bien que cet objectif s'inscrive dans une perspective à long terme, ce qui pourrait le rapprocher d'un but, nous le considérons comme une cible à atteindre on se basant sur les résultats de notre étude. Nous pensons que d'autres études plus larges apporteront d'autres éléments essentiels affinant nos propositions actuelles

8.2. Patients et méthodes

8.2.1. Type d'étude

Il s'agit d'une étude descriptive longitudinale prospective partielle.

Descriptive : Nous décrivons le phénomène de taches blanches de l'émail survenue durant le traitement orthodontique.

Longitudinale : Les mêmes patients sont suivis à deux reprises sur une période de 12 mois, pour estimer l'incidence des taches blanche et identifier les facteurs de risque.

Prospective : Les données sont recueillies au fur et à mesure que le temps passe, en partant du présent vers le futur.

Partielle : L'étude ne porte pas sur l'ensemble de la population orthodontique, mais seulement sur la population orthodontique se traitant dans notre service et répondant aux critères d'inclusion.

8.2.2. Période d'évaluation

J'ai uniformisé la période d'évaluation, en la fixant à 12 mois du traitement orthodontique et cela pour isoler l'effet de la durée du traitement sur l'apparition des WSL, largement étudié et démontré dans les études similaires.

Douze mois représentent également la durée moyenne des traitements orthodontiques, qui prennent rarement fin avant une année et peuvent s'étendre jusqu'à vingt mois, voire plus, dans les cas les plus complexes. Par conséquent, une période d'observation supérieure à

douze mois risquerait de surestimer l'incidence et la progression des lésions initiales de l'émail (WSL), tandis qu'une période inférieure entraînerait une sous-estimation de ce phénomène. Ainsi, une durée d'observation de douze mois offre un compromis permettant d'évaluer l'incidence et la progression des WSL de manière fiable, sans risque de surestimation ou de sous-estimation

8.2.3. Population d'étude

Les patients âgés de 12 ans à 17 ans, ayant bénéficié d'un traitement orthodontique fixe, présentant une pathologie orthodontique variable, recrutés au sein de notre consultation.

Leur prise en charge étant décidée après établissement d'un diagnostic et d'une démarche thérapeutique impliquant un dispositif multi-attache. Tous les patients sont retenus après constitution du dossier orthodontique.

Le choix de cette tranche d'âge se justifie par le fait qu'elle correspond à une période où les traitements orthodontiques sont souvent réalisés, soit pour finaliser un traitement orthopédique préalable, soit pour en corriger les conséquences.

Elle englobe aussi la période de l'adolescence, durant laquelle les fluctuations hormonales peuvent avoir un impact sur la qualité de l'hygiène bucco-dentaire.

De plus, un impératif méthodologique de notre étude est l'évaluation des lésions initiales de l'émail (WSL) sur les dix dents antérieures, ce qui requiert la présence d'une denture permanente complète. Celle-ci n'est généralement acquise qu'à partir de l'âge de 12 ans

Nous avons initialement envisagé d'étendre la limite supérieure de l'âge afin d'évaluer l'impact de la maturité de l'émail sur la déminéralisation, un facteur susceptible d'influencer ce processus. Cependant, en raison de contraintes méthodologiques exposées dans les limites de notre étude, nous avons dû nous limiter à la tranche d'âge définie.

8.2.4. Critères d'inclusion

Les patients

- Des deux sexes.
- âgés de 12 ans à 17 ans.
- Présentant une dentition permanente.
- Aucune malocclusion orthodontique ou orthopédique n'a été exclue dans notre étude.

8.2.5. Critères de non inclusion

Les patients

- Présentant des WSL avant le traitement orthodontique.
- Nécessitant un traitement amovible.

8.2.6. Echantillonnage

8.2.6.1. Taille de l'échantillon

La taille de l'échantillon a été calculée par l'Open Epi, version3, un logiciel libre de calcul—SSPropor (Figure 25) en introduisant les données suivantes.

n : étant La taille de l'échantillon requise.

DEFF : **Le design effect** (effet du plan d'échantillonnage). C'est un facteur de correction qui ajuste les déviations par rapport à un échantillonnage aléatoire simple.

N : **La taille de la population totale**, il s'agit de la population orthodontique dans notre étude représentée par le nombre de patients pris en charge dans notre service par année.

p : **La proportion estimée dans la population**. C'est la proportion de la caractéristique d'intérêt dans la population.

d : **La marge d'erreur souhaitée**. Elle représente l'écart maximal acceptable entre l'estimation de l'échantillon et la valeur réelle dans la population.

$Z_{\{1-\alpha/2\}}$: La valeur critique de la distribution normale pour un niveau de confiance donné $(1-\alpha)$. Par exemple, pour un niveau de confiance de 95%, $Z_{\{1-\alpha/2\}}$ est approximativement 1,96.

α : Le niveau de signification. C'est la probabilité de commettre une erreur de type I (rejet de l'hypothèse nulle alors qu'elle est vraie). Dans le contexte d'un niveau de confiance de 95%, α est 0,05.

Dans notre étude :

- N=200
- p=0.70 (70%) (l'incidence de référence)
- d=0.05 (5%)
- $\alpha=0.05$ (ce qui correspond à un niveau de confiance de 95%)
- DEFF=1
- $Z_{1-\alpha/2}$ Pour un niveau de confiance de 95%, est approximativement 1.96

La taille de notre échantillon selon la formule :

$$n = \frac{[DEFF * N * p(1-p)]}{[(d^2 / Z_{1-\alpha/2}^2 * (N-1)) + p * (1-p)]}$$

$$n = 124 \text{ patients}$$

Afin de pallier aux pertes de participants susceptibles de réduire la taille de l'échantillon final suite à des abandons en cours de traitement, le nombre initial de participants a été porté à 135 patients .

L'unité statistique est représentée par le patient.

Taille d'échantillon pour fréquence dans une population

Taille de population (pour facteur de correction de population fini ou fpc)(N) : 200
Fréquence % hypothétique de facteur de résultats dans une population (p): 70% +/- 5
Limites de confiance comme % de 100 (absolu +/- %)(d) : 5%
Facteur de calcul (Pour enquêtes de groupes-DEFF): 1

Taille d'échantillon (n) pour plusieurs niveaux de confiance

Confiance Niveau (%)	Taille de l'échantillon
95%	124
80%	82
90%	107
97%	134
99%	148
99.9%	165
99.99%	173

Équation

$$\text{Taille d'échantillon } n = \frac{[DEFF * N * p(1-p)]}{[(d^2 / Z_{1-\alpha/2}^2 * (N-1)) + p * (1-p)]}$$

Résultats tirés de OpenEpi, version 3, logiciel libre de calcul --SSPropor
Imprimer à partir du navigateur via ctrl-P
ou sélectionner le texte à copier et le coller dans d'autres programmes.

Figure 25 : La taille de l'échantillon calculée par l' OpenEpi ,version 3⁽²²⁴⁾

8.2.6.2. Mode de recrutement

Il est opportun : tous les cas qui répondent aux critères d'inclusion et qui se présentent durant la période d'étude ont été recrutés.

L'étude a respecté les protocoles éthiques d'obtention du consentement du parent/tuteur de l'enfant.

8.2.7. Approbation ethnique

Avant de recruter le patient, nous avons obtenu le consentement des parents ou du tuteur légal, après leur avoir expliqué qu'il participerait à une étude menée au sein du service d'orthopédie dento-faciale de Constantine. Cette étude porte sur l'incidence des taches blanches de l'émail durant le traitement orthodontique. Nous les avons informés également de la prise de photos intra buccales, après séchage des surfaces dentaires. L'accord était consigné dans le dossier du patient, avec la signature du consentement éclairé, qui était ensuite joint au dossier médical. Une copie de ce consentement éclairé est jointe en annexe 03

8.2.8. Mise en œuvre de l'enquête

8.2.8.1. Durée et lieu de l'enquête

L'étude a été menée entre avril 2022 et juillet 2024 au sein du service d'orthopédie dentofaciale de Constantine. Elle a été réalisée par une seule examinatrice.

8.2.8.2. Enquête proprement dite

L'enquête a commencé le mois d'avril 2022, tous les patients consultés présentant une pathologie orthodontique et répondant aux critères d'inclusion ont été recrutés, rappelant que notre mode de recrutement était opportun. Un examen clinique minutieux a été réalisé afin d'établir un diagnostic précis et de planifier une démarche thérapeutique impliquant un dispositif multi-attache.

Durant la constitution du dossier orthodontique, des photos intrabuccales de face et de profil droit et gauche ont été prises avec des dents séchées durant 5 secondes pour s'assurer de l'absence de taches blanches.

Le premier volet du questionnaire (annexe 1) a été rempli :

- Nom et prénom du patient, son sexe ainsi que son âge
- Niveau socioéconomique basé dans notre enquête sur le statut professionnel des parents

- Evaluation de l'état d'hygiène avant la pose de l'appareil fixe multi-attache
- La détermination de l'indice CAOD

Les critères utilisés dans l'évaluation de l'état d'hygiène, le niveau socioéconomique et l'indice CAOD sont détaillés dans la partie collecte des données et dans l'annexe 2.

Tous les patients ont été pris en charge par la technique de l'arc droit, le dispositif multi-attache utilisé dans le traitement est constitué soit de :

- Bracket conventionnel : Roth avec une lumière de 0.022×0.028 inch avec utilisation progressive des arcs suivants :

Un premier arc en nitinol de 0.012 ou 0.014 de diamètre, suivi de 0.016, 0.018, 0.017 × 0.025 nitinol, et 0.017 × 0.025 en acier inoxydable.

Ou de :

- Bracket autoligaturant passif : avec lumière 0.022×0.026 inch avec utilisation progressive des arcs orthodontiques suivants :

Arcs Thermo Actifs Nickel Titanium : 0.014, suivi de 0.018, 0.014 × 0.025, 0.018 × 0.025, 0.020 × 0.020.

Arc Beta Titanium : 0.020 × 0.020, 0.019 × 0.025 ou Acier inoxydable : 0.020 × 0.020.

La préparation de la surface amélaire avant le collage a été réalisée par un mordantage avec l'acide orthophosphorique à 37% pendant une durée de 15 secondes ou de 30 secondes

L'utilisation du CVIMAR étant automordant, ne demande pas la préparation de la surface amélaire.

Le collage de dispositif orthodontique fixe a été réalisé en utilisant les produits de collage disponibles au sein du service, il s'agit du composite photo polymérisable et du ciment verre ionomère modifié par adjonction de résine (CVIMAR).

Les patients sont revus chaque mois pour le suivi de leur traitement orthodontique, les instructions d'hygiène faisaient l'objet d'un rappel systématique à chaque rendez-vous.

A 12 mois du traitement orthodontique, le 2^{ème} volet du questionnaire a été rempli en évaluant les facteurs suivants :

- L'état d'hygiène bucco-dentaire
- Fréquence et durée de brossage
- Utilisation des adjuvants au brossage

- Utilisation de supplément de fluorure
- Utilisation des agents antiseptiques
- Comportement alimentaire : grignotage, consommation de sucre, de boissons gazeuses et de jus
- L'indice CAOD
- Le nombre de RDV ratés
- Application du vernis fluoré
- Préparation de la surface amélaire
- Système d'adhésif utilisé
- Système de ligature utilisé
- Apparition et répartition des taches blanches de l'émail (WSL)
- Détermination du degré de sévérité des WSL

Nous rappelons que les critères d'évaluation des facteurs cités ci-dessus sont détaillés dans la partie suivante (collecte des données).

8.2.8.3. Collecte des données

Sources d'informations :

- Le patient
- Les parents du patient
- La fiche clinique

La collecte des données des patients a été effectuée à l'aide d'une fiche de données développée pour enregistrer la survenue des WSL et les facteurs contributifs.

Le questionnaire comporte quatre axes (annexe 01) :

- Description du profil sociodémographique de chaque patient (âge, sexe, niveau socioéconomique
- Étude des facteurs liés au patient : évaluation de la qualité d'hygiène bucco-dentaire, l'utilisation de supplément de fluorure, le comportement alimentaire)

- Étude des facteurs liés au traitement : Préparation de la surface amélaire, système d'adhésif et de ligature utilisé....)
- Évaluation de l'apparition des WSL, leur répartition et détermination de leur degré de sévérité.

A. Définition de la population

Age des patients : les participants à l'étude étaient âgés de 12 à 17 ans.

Sexe : les deux genres sont inclus dans notre étude.

Statut socio-économique des patients : Nous n'avons retenu que le critère de la profession des deux parents pour l'évaluation du statut socio-économique. Cette information a été ensuite catégorisée en trois niveaux :

- Bas : Chômeurs, retraités non cadres, agents d'entretien et de surveillance.
- Moyen : Ouvriers, cadres moyens, fonctionnaires, artisans.
- Haut : Cadres et professions intellectuelles supérieures, chefs d'entreprises, industriels, grands commerçants.

B. Étude des facteurs liés au patient

Durant l'examen clinique endobuccal la qualité d'hygiène avant la pose de l'appareil orthodontique et à 12 mois du traitement a été évaluée.

Les critères utilisés pour évaluer l'état d'hygiène bucco-dentaire avant le traitement :

- *Bonne hygiène* : Pas de plaque dentaire visible, pas de gingivite
- *Hygiène moyenne* : Quelques plaques dentaires visibles, zones isolées de gingivite
- *Mauvaise hygiène* : Plaque dentaire épaisse et / ou généralisée, avec gingivite

Dans notre enquête, nous avons évalué la présence ou l'absence de gingivite. En se basant sur des critères cliniques : rougeur, œdème et saignement lors du brossage dentaire.

Avant le début du traitement, des instructions d'hygiène bucco-dentaire approfondie ont été données et tous les patients étaient initiés au brossage des dents 2 à 3 fois par jour avec l'utilisation des adjuvants de brossage.

À 12 mois du traitement, l'état d'hygiène était réévalué.

Les critères utilisés pour évaluer l'état d'hygiène bucco-dentaire à 12 mois du traitement orthodontique :

- *Bonne hygiène* : Pas de plaque dentaire visible, pas d'hypertrophie, pas de saignement gingival.
- *Hygiène moyenne* : Quelques plaques dentaires visibles, gingivite isolée ou hypertrophie, saignement provoqué.
- *Mauvaise hygiène* : Multiples zones de plaques dentaires visibles et / ou hypertrophie généralisée, gingivite et saignement gingival⁽²⁴⁾

Fréquence et durée de brossage :

Selon les recommandations de l'OMS « Le brossage des dents deux fois par jour avec un dentifrice contenant du fluorure (entre 1000 et 1500 ppm) doit être encouragé »⁽²²⁵⁾. Toutefois les porteurs d'appareils orthodontiques fixes, agissant comme des pièges pour retenir la plaque dentaire, doivent se brosser les dents trois fois par jour pendant trois minutes après les repas⁽²²⁶⁾.

Notre questionnaire s'est intéressé à la fréquence quotidienne du brossage, ainsi qu'à la durée de brossage en minute :

- 1 fois par jour.
- 2 fois par jour.
- 3 fois par jour.

Utilisation de supplément de fluorure :

Mentionner si le patient utilise des bains de bouche fluoré comme supplément en répondant par oui ou non.

Utilisation des adjuvants au brossage :

Le questionnaire portera sur l'utilisation ou non des bâtonnets et des brosettes interdentaires, ainsi que les fils dentaires en répondant par oui ou non.

Utilisation des agents antiseptiques : en bain de bouche ou gel.

Comportement alimentaire :

Grignotage : Évaluer la présence ou non du grignotage.

Consommation de sucre, des boissons gazeuses et des jus de fruit : L'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) recommande que l'apport en sucres libres (sucre ajouté ou présent naturellement dans les jus de fruits) ne dépasse pas 10 % de l'apport calorique total quotidien, et idéalement, moins de 5 %.

- Consommation modérée :

Environ 25 à 50 grammes de sucre par jour. Cela représente environ 6 à 12 cuillères à café de sucre, ce qui reste dans la limite des recommandations de l'OMS.

- Consommation importante :

Plus de 50 grammes de sucre par jour. Cela peut être considéré comme excessif⁽²²⁷⁾.

Il n'existe pas de score universel pour la consommation de sucre et de boissons gazeuses, mais des outils comme les journaux alimentaires et les questionnaires de fréquence permettent de l'évaluer.

Pour notre enquête nous avons enregistré la fréquence des apports en sucre par jour ainsi que la consommation des boissons gazeuses et jus de fruit comme suit :

Produit consommé	Fréquence
Sucre :	
La consommation de sucre (sucre ajouté, produit sucré : bonbon, pâtisserie, chocolat)	<ul style="list-style-type: none"> • Inférieure à 02 fois par jour • Supérieure ou égale à 02 fois par jour
Boissons gazeuses et jus de fruit :	
	<ul style="list-style-type: none"> • Pas de consommation • Quelques fois par semaine • Chaque jour

Détermination de l'indice CAOD :

L'indice CAOD (DMFT Decayed, Missing, Filled Teeth en Anglais) mesure la sévérité de l'atteinte carieuse ou expérience carieuse des dents permanentes.

Il s'agit de recenser le nombre de dents cariées, de dents extraites pour cause de caries et de dents traitées, afin de déterminer par la suite l'indice CAOD, ce dernier est calculé avant le début du traitement orthodontique et à 12 mois du traitement.

- Une dent obturée avec en plus une lésion carieuse est considérée comme cariée, que la lésion soit sur la même face ou sur une autre face de la même dent.

La coopération du patient : estimée en enregistrant le nombre de RDV ratés par le patient par rapport au nombre total de rendez-vous mentionné sur sa fiche clinique et cela durant les 12 mois du traitement.

C. Étude des facteurs liés au traitement :

Application du vernis fluoré : décrire si le patient a bénéficié d'une application du vernis fluoré, avant ou durant le traitement ou non.

Préparation de la surface amélaire avant le collage des brackets :

Enregistrer l'utilisation des systèmes d'adhésif auto mordançant ou la réalisation du mordantage à l'acide orthophosphorique, pour cette dernière la durée du mordantage doit être estimée à 15 ou 30 secondes.

Système d'adhésif utilisé : préciser si le collage a été réalisé par un ciment verre ionomère libérant le fluorure (CVIMAR) ou bien par un composite.

Système de ligature : inclut quatre situations :

- l'utilisation des brackets autoligaturants,
- l'utilisation des ligatures métalliques,
- l'utilisation des ligatures élastomériques
- l'utilisation des ligatures mixtes (élastomériques et métalliques)

D. Evaluation de l'apparition des WSL et leur répartition

Nous avons mentionné les dents atteintes de la 2ème prémolaire droite à celle gauche sur l'arcade maxillaire et mandibulaire.

Pour chaque dent atteinte, nous avons indiqué les surfaces concernées autour des brackets : mésiale, distale, occlusale et cervicale.

L'évaluation est basée sur la comparaison des photos numériques intrabuccales, de face et de profil droit et gauche, prises avant le traitement avec celles prises à 12 mois du traitement.

Avant la prise de photos de 12 mois de traitement, les surfaces dentaires ont été poncées, nettoyées à l'eau pour éliminer tout débris et résidu d'adhésif (en cas de fin de traitement) et séchées à l'air comprimé pendant 05 secondes, nous avons demandé aux patients de ce mettre en bout à bout afin d'exposer toute la surface dentaire (Figure 26).

La standardisation du cliché photographique est assurée par le respect des éléments suivants :

- Le rapport d'agrandissement est fixé à 1 :1 (l'image sur le capteur et l'objet ont les mêmes dimensions)
- La profondeur de champ : Point de focus doit être placé sur la partie médiane de la canine pour avoir une arcade complètement nette
- Le cadrage : en utilisant deux plan un sagittal et un horizontal passant par le plan d'occlusion
- Réglage manuel des paramètres suivants :
 - L'ouverture du diaphragme : fixée à f/22
 - La vitesse d'obturation : fixée à 1/125
 - La sensibilité ISO : fixée à 200 ISO bonnes expositions à la lumière
- Stockage des photos en forme JPG

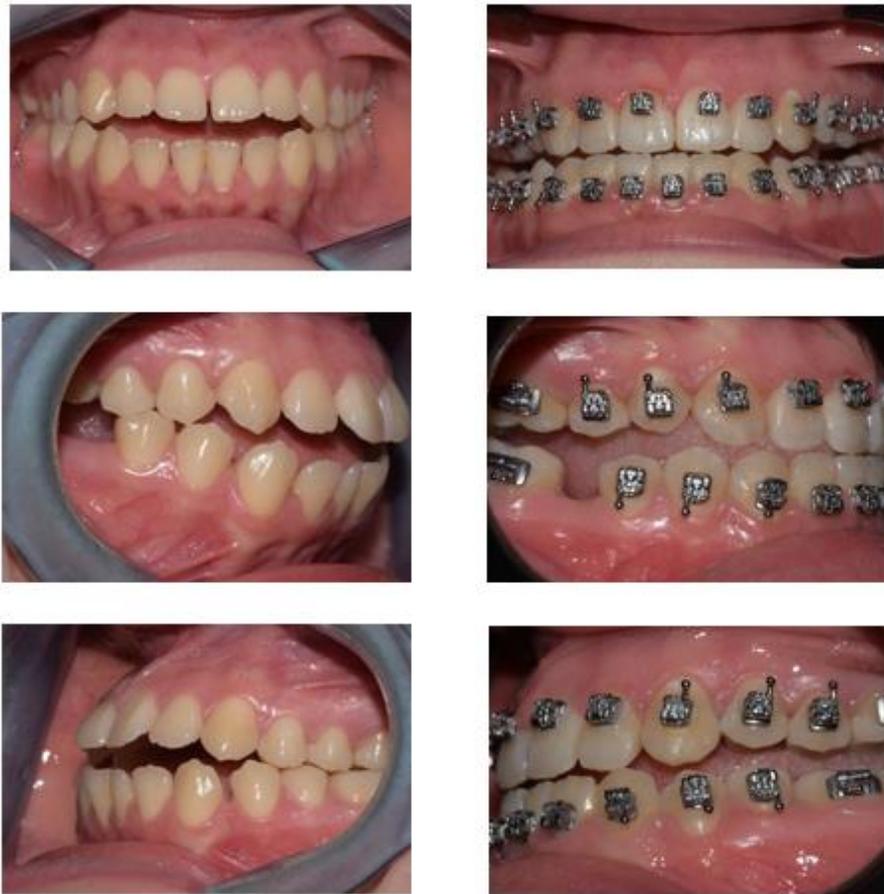


Figure 26 : Evaluation des WSL basée sur la comparaison des photos numériques intrabuccales , de face et de profil droit et gauche

L'estimation du degré de l'atteinte a été effectuée à l'aide d'une échelle d'évaluation clinique, introduite et modifiée par Gorelick et al⁽¹⁰⁾, utilisée spécifiquement pour quantifier la sévérité des taches blanches qui apparaissent fréquemment, après un traitement orthodontique (Tableau IX). Plusieurs raisons justifient le choix de l'indice de Gorelick :

Spécificité : L'indice de Gorelick a été spécifiquement développé pour évaluer un problème précis : les taches blanches post-orthodontiques. Cette spécificité lui confère une grande pertinence dans ce domaine.

Objectivité : L'échelle de notation de l'indice est claire et précise, ce qui réduit le risque d'interprétation subjective et permet une évaluation plus objective des lésions.

Reproductibilité : Différents professionnels de la santé peuvent utiliser l'indice de Gorelick et obtenir des résultats similaires, ce qui témoigne de sa fiabilité.

Validation scientifique : L'indice de Gorelick a fait l'objet de nombreuses études et a été largement utilisé dans la communauté scientifique, renforçant ainsi sa crédibilité.

Tableau IX : Echelle d'évaluation introduite et modifiée par Gorelick et al⁽¹⁰⁾ (iconographie personnelle)

<p>0 = Pas de taches blanches visibles ni de perturbation de surface (pas de déminéralisation)</p>	
<p>Score 1 = Tache blanche visible sans perturbation de la surface (déminéralisation légère)</p>	
<p>Score 2 = Lésion de taches blanches visibles ayant une surface rugueuse mais ne nécessitant pas de restauration (déminéralisation sévère)</p>	
<p>Score 3 = Lésion de taches blanches avec habitation visible nécessitant une restauration (déminéralisation sévère cavitaire)</p>	

Chaque dent est représentée par un tableau de 03 colonnes et 05 lignes pour indiquer les surfaces atteintes et leurs scores (Tableau X).

Tableau X : Exemple de tableaux utilisés dans l'évaluation de l'apparition des WSL , leur répartition et leur score .

Dent intéressée	Surface atteinte	Score
11	M	
	D	
	C	
	O	

8.2.9. Moyens

Toute l'étude clinique sera réalisée au service d'orthopédie dento-faciale de Constantine. Elle bénéficiera de ce fait de tout l'équipement dentaire adéquat

8.2.9.1. Matériels utilisés lors de l'enquête

Le recours à l'usage du matériel suivant est indispensable pour la réalisation de notre observation :

- Fauteuil dentaire
- Plateaux de consultation jetables garnis de précelle, sonde et miroir
- Gants d'examen et bavettes jetables
- Appareil photographique numérique professionnelle de type NIKON D7200
- Objectif Macro SIGMA 105 mm
- Un flash annulaire Macro Godox
- Écarteur buccal
- Un miroir de photographie intra buccale double face en Titanium (face vestibulaires et les héli arcades)

L'examen clinique se déroule dans le respect des mesures d'hygiène.

8.2.10. Traitement des données

La saisie et analyse statistique des données est réalisée grâce au logiciel IBM SPSS Statistics Version 26.

L'analyse univariée pour la détermination de l'incidence des WSL et pour décrire les caractéristiques de notre population d'étude, les variables quantitatives sont exprimées en médiane, moyenne, écart-type, les variables qualitatives sont exprimées en effectif et pourcentage.

Représentation de tableaux de fréquences et de diagrammes.

En analyse bi variée : croisement des variables avec tests statistiques comme le KHI carré de Pearson, test exact de Fisher, test de la médiane pour échantillons indépendants et calcul de p value.

L'analyse multi variée à régression logistique envisagée pour comparer plusieurs variables et facteurs et étudier leur interdépendance.

Le seuil de signification retenu :

- p inférieur ou égale à 5% : la différence est significative.
- p supérieur à 5% : la différence est non significative.

L'intervalle de confiance retenu est de 95%

8.2.10.1. Matériel informatique

La saisie informatique des données recueillies sur la fiche et les analyses statistiques sont réalisées avec les logiciels suivants :

- Microsoft Excel 2013 ;
- IBM SPSS Statistics Version 26 ;
- Open Epi, version 3

8.2.11. Collaboration scientifique

L'étude se fera avec la collaboration du service d'épidémiologie de Constantine représenté par :

- Pr LAKEHAL Abdelhak MCA en épidémiologie au centre Hospitalier de Didouche Mourad
- Dr KOUACHI Zeineddine Résident en fin de cycle en épidémiologie

Résultats et analyse des données

9. Résultats Et Analyse Des Données

9.1. Étude descriptive de l'échantillon (analyse statistique univariée)

9.1.1. Description des caractéristiques sociodémographiques de l'échantillon d'étude

9.1.1.1. Répartition de l'échantillon d'étude selon l'âge

Tableau XI : Répartition de l'échantillon par âge civil

Age	Effectif	Pourcentage
12	48	35,6
13	16	11,9
14	22	16,3
15	23	17,0
16	21	15,6
17	5	3,7
Total	135	100,0

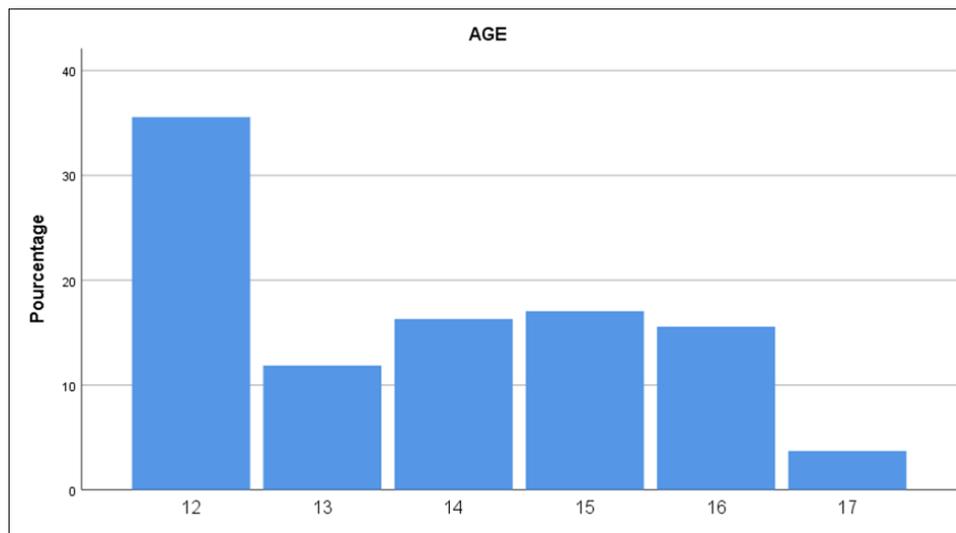


Figure 27 : Répartition de l'échantillon d'étude selon l'âge

Tableau XII : Caractéristiques de la variable âge de l'échantillon

Age	
Effectifs valide	135
Effectifs manquant	0
Moyenne	13,76
Médiane	14,00
Mode	12
Ecart type	1,62
Minimum	12
Maximum	17

Notre population d'étude était composée de 135 patients, avec une moyenne d'âge de 13,7 ans et un écart-type de 1,62 (Tableau XI, XII). La figure 27, nous montre que la tranche d'âge la plus nombreuse est celle de 12 ans.

9.1.1.2. Répartition de l'échantillon d'étude selon le sexe

Tableau XIII : Répartition de l'échantillon d'étude selon le sexe

Sexe	Effectif	Pourcentage
M	44	32,6
F	91	67,4
Total	135	100,0

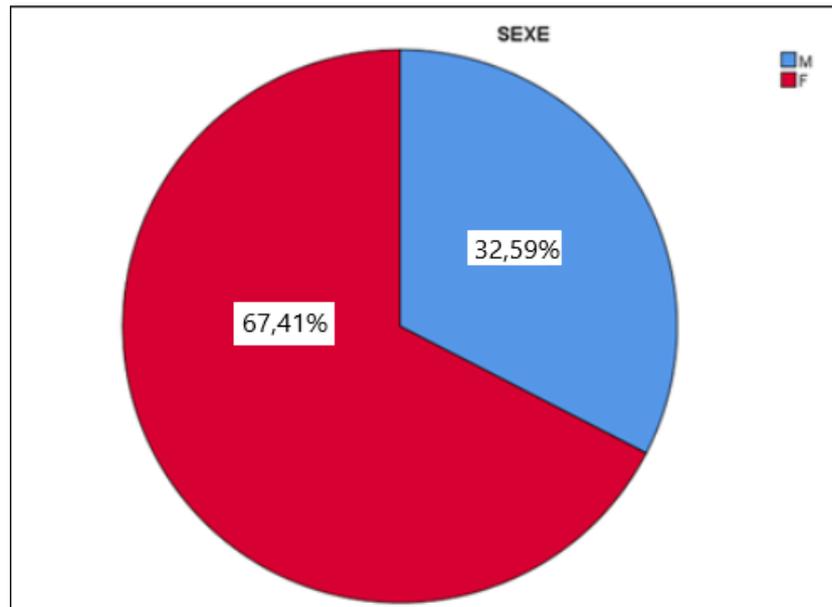


Figure 28 : Répartition de l'échantillon d'étude selon le sexe

La répartition des sujets de notre population d'étude selon le sexe (Tableau XIII), (Figure 28) a montré que le sexe féminin était prédominant avec 91 filles contre 44 garçons, avec sex-ratio = 0,48.

9.1.1.3. Répartition de l'échantillon d'étude selon le niveau socio-économique

Tableau XIV : Répartition de l'échantillon d'étude selon le niveau socio-économique

N.S.É	Effectif	Pourcentage
Bas	22	16,3
Haut	13	9,6
Moyen	100	74,1
Total	135	100,0

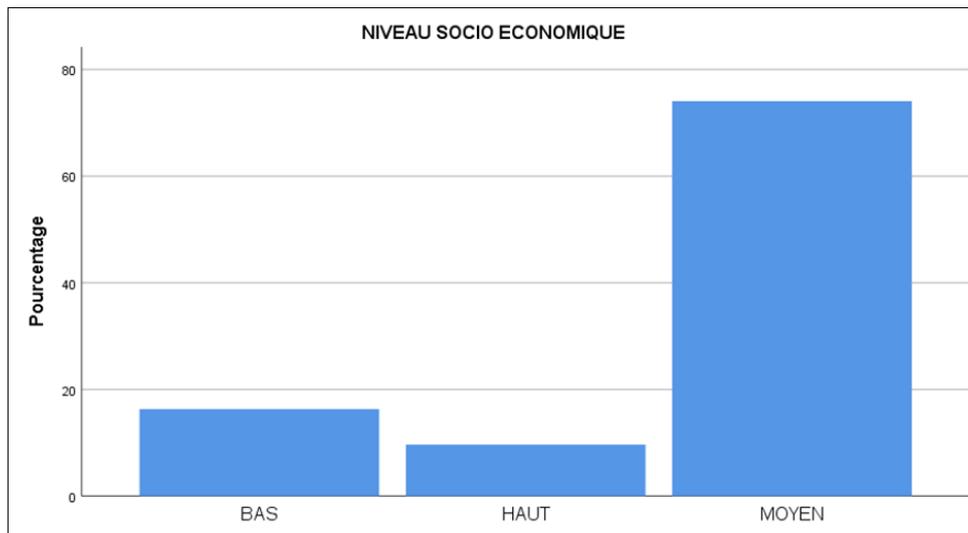


Figure 29 : Répartition de l'échantillon d'étude selon le niveau socio-économique

L'analyse selon le niveau socio-économique (voir partie : matériel et méthode) révèle que la majorité des élèves proviennent de milieux socioéconomiques moyens, représentant presque les trois quarts de la population.

9.1.2. Répartition de l'échantillon selon les facteurs liés au patient

9.1.2.1. Répartition de l'échantillon selon l'état d'hygiène bucco-dentaire avant le traitement

Tableau XV : Répartition de l'échantillon selon l'état d'hygiène bucco-dentaire avant le traitement

État d'hygiène bucco-dentaire	Effectif	Pourcentage
Mauvais	44	32,6
Moyen	59	43,7
Bon	32	23,7
Total	135	100,0

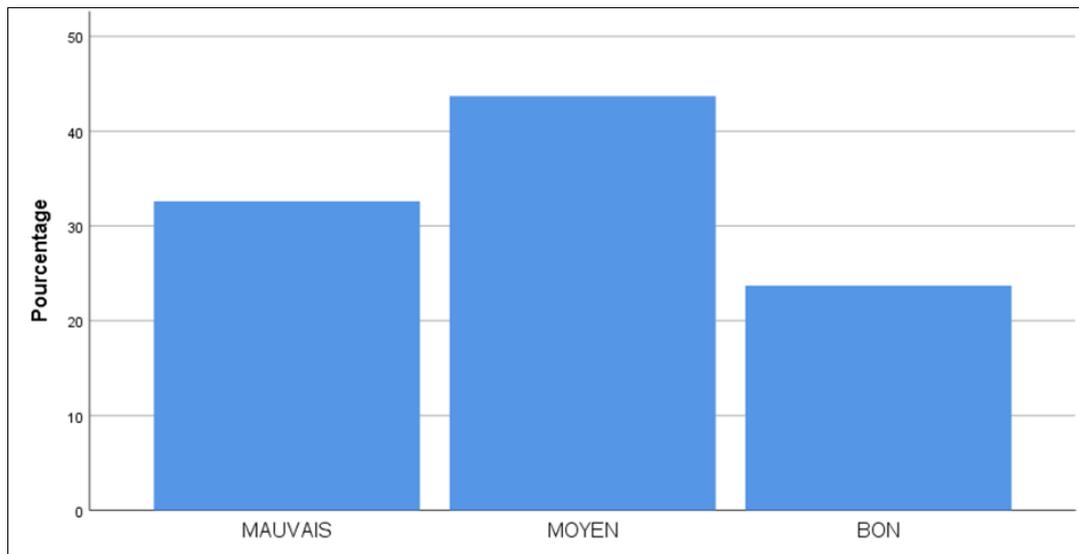


Figure 30 : Répartition de l'échantillon selon l'état d'hygiène bucco-dentaire avant le traitement

L'évaluation de l'hygiène bucco-dentaire des patients avant le traitement orthodontique a mis en évidence que seulement 23,7% d'entre eux avaient une bonne hygiène, tandis que la majorité présentait une hygiène moyenne (Tableau XV).

9.1.2.2. Répartition de l'échantillon selon l'état d'hygiène bucco-dentaire à 12 mois du traitement

Tableau XVI : Répartition de l'échantillon selon l'état d'hygiène bucco-dentaire à 12 mois du traitement

État d'hygiène bucco-dentaire À 12 Mois	Effectif	Pourcentage
Mauvais	44	32,6
Moyen	67	49,6
Bon	24	17,8
Total	135	100,0

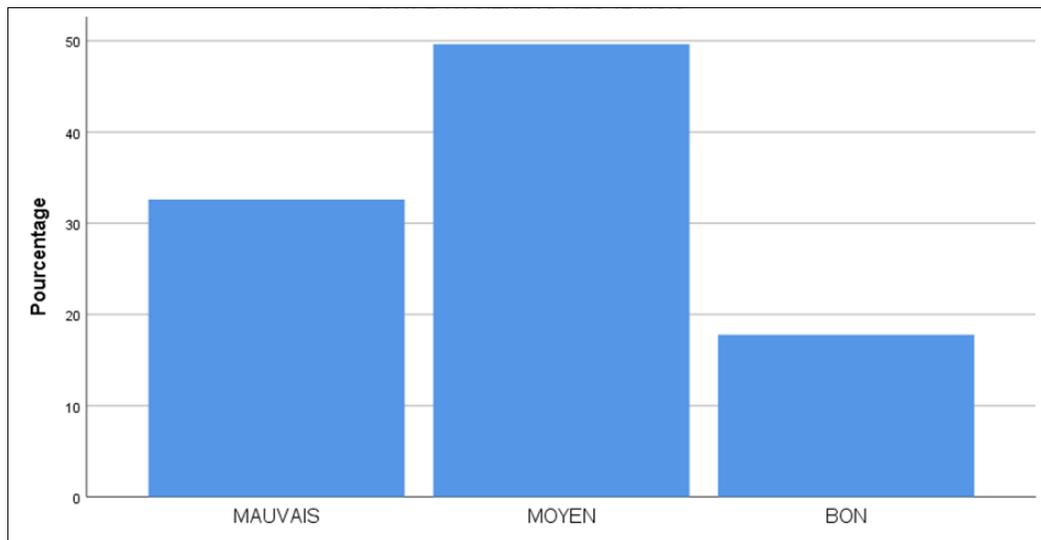


Figure 31 : Répartition de l'échantillon selon l'état d'hygiène bucco-dentaire à 12 mois du traitement

La proportion de patients ayant une mauvaise hygiène bucco-dentaire n'a pas changé après 12 mois de traitement orthodontique. Cependant, on observe une diminution du nombre de patients ayant une bonne hygiène, la majorité conserve une hygiène moyenne, et représente désormais près de la moitié des patients.

9.1.2.3. Répartition de l'échantillon selon le changement de l'état hygiène bucco-dentaire

Tableau XVII : Répartition de l'échantillon selon le changement de l'état d'hygiène bucco-dentaire

Changement de l'état d'hygiène bucco-dentaire	Effectif	Pourcentage
Amélioration	21	15,6
Stagnation	86	63,7
Aggravation	28	20,7
Total	135	100,0

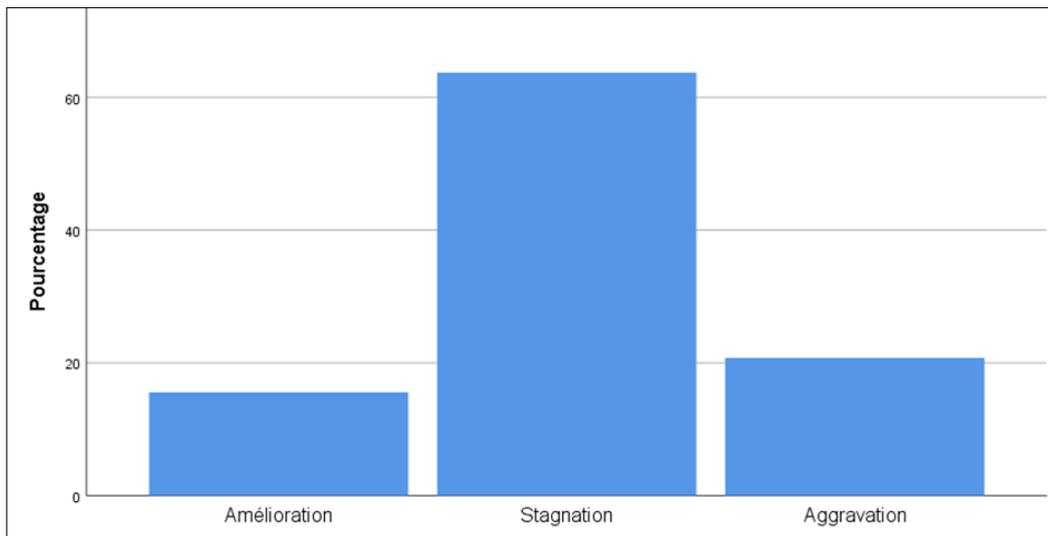


Figure 32 : Répartition de l'échantillon selon le changement de l'état d'hygiène bucco-dentaire

En ce qui concerne l'évolution de l'hygiène bucco-dentaire après le traitement orthodontique, on observe que plus de la moitié des patients n'ont connu aucune modification de leur hygiène bucco-dentaire quel que soit son état initial (bon, mauvais ou moyen). Parmi les autres patients, 20,7% ont présenté une dégradation de leur hygiène, tandis que 15,6% ont connu une amélioration.

9.1.2.4. Répartition de l'échantillon selon la fréquence du brossage dentaire

Tableau XVIII : Répartition de l'échantillon selon la fréquence du brossage dentaire

Fréquence du brossage dentaire	Effectif	Pourcentage
1 fois /jour	26	19,3
2 fois/jour	66	48,9
3 fois/jour	43	31,9
Total	135	100,0

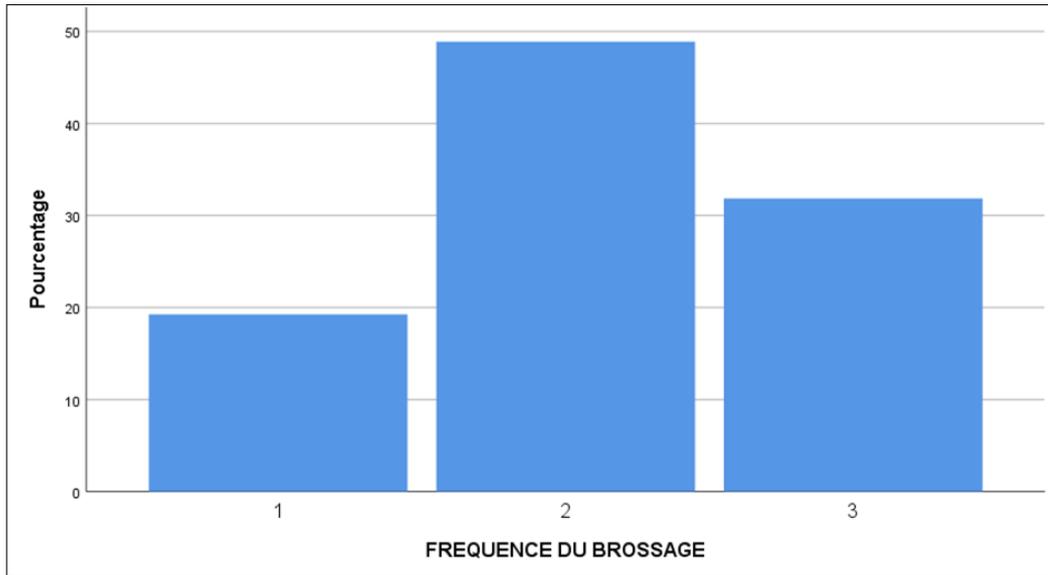


Figure 33 : Répartition de l'échantillon selon la fréquence du brossage dentaire

Dans notre échantillon 68,1 % de patients ne se brossent pas après chaque repas ce qui correspond à moins de 3 fois par jour, seul 31,9% se brossent les dents 3 fois par jour.

9.1.2.5. Répartition de l'échantillon selon la durée de brossage dentaire

Tableau XIX : Répartition de l'échantillon selon la durée de brossage dentaire

Durée de brossage dentaire	Effectif	Pourcentage
Inférieur à une minute	34	25,1
Une minute	31	23,0
Supérieur à une minute	70	51,9
Total	135	100,0

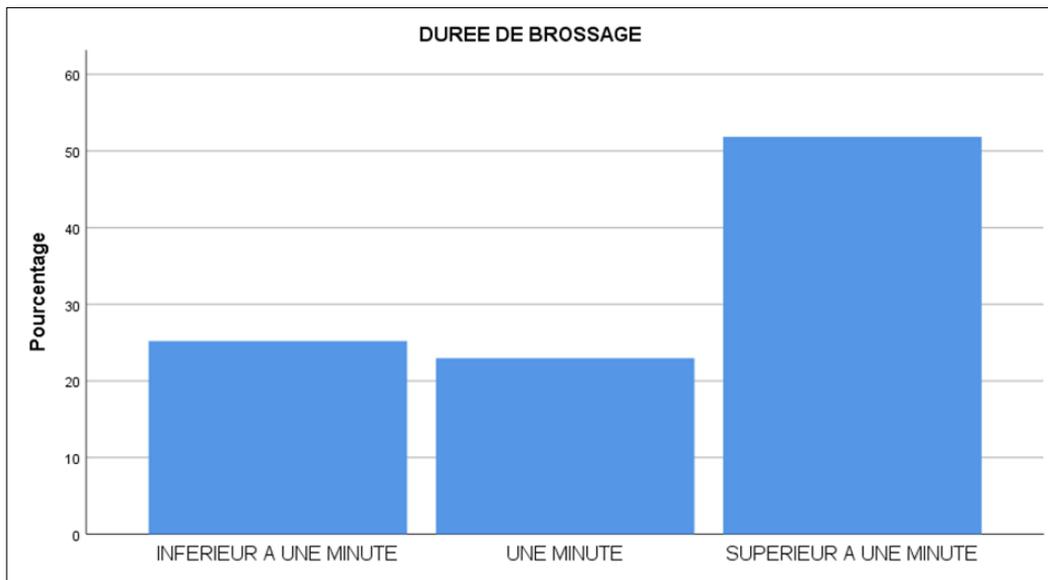


Figure 34 : Répartition de l'échantillon selon la durée de brossage

On constate que :

51,9 % des participants à l'étude ont une pratique satisfaisante.

25,1 % des participants se brossent les dents trop peu de temps (moins d'une minute).

23% des participants se brossent les dents pendant une durée insuffisante (une minute).

Ce qui signifie que presque la moitié des participants à l'étude ne respectent pas les directives pour un brossage efficace.

9.1.2.6. Répartition de l'échantillon selon utilisation des bâtonnets interdentaires

Tableau XX : Répartition de l'échantillon selon utilisation des bâtonnets interdentaires.

	Effectif	Pourcentage
Oui	24	17,8
Non	111	82,2
Total	135	100,0

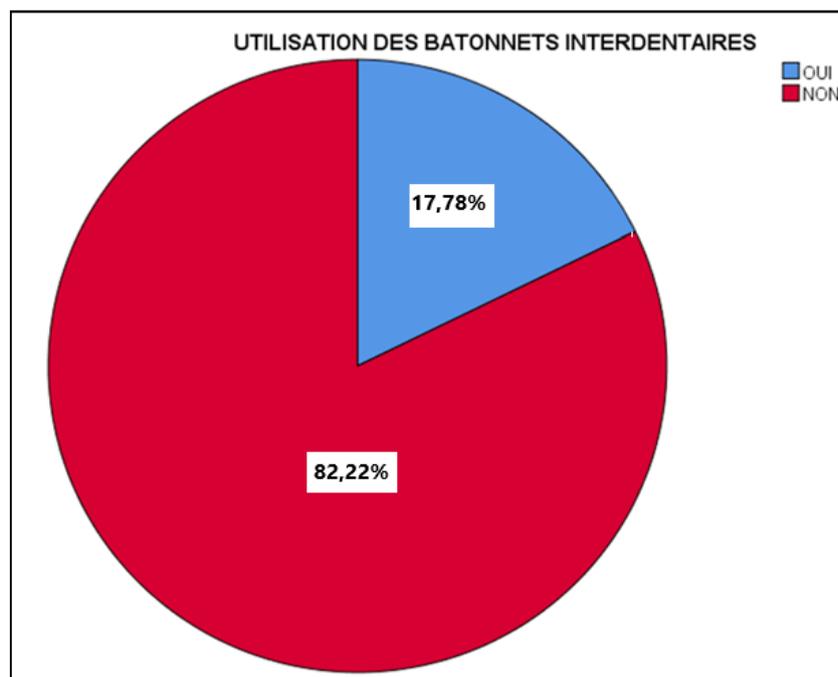
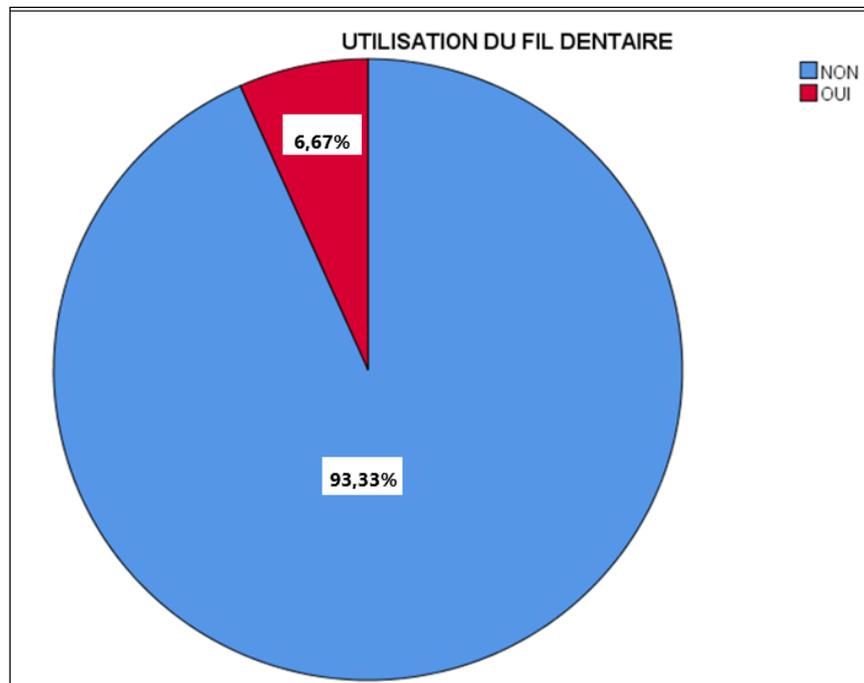


Figure 35 : Répartition de l'échantillon selon utilisation des bâtonnets interdentaires

Moins du quart des patients utilisent les bâtonnets interdentaires.

9.1.2.7. Répartition de l'échantillon selon l'utilisation du fil dentaire*Tableau XXI : Répartition de l'échantillon selon l'utilisation du fil dentaire*

	Effectif	Pourcentage
Non	126	93,3
Oui	9	6,7
Total	135	100,0

*Figure 36 : Répartition de l'échantillon selon l'utilisation du fil dentaire*

L'utilisation du fil dentaire comme complément du brossage est une pratique peu répandue parmi les patients de l'étude, avec un taux d'adoption de seulement 6,7%.

Cela signifie que 93,3% des patients ne profitent pas des avantages supplémentaires que le fil dentaire peut apporter à l'hygiène bucco-dentaire.

9.1.2.8. Répartition de l'échantillon selon l'utilisation des brossettes inter dentaires

Tableau XXII : Répartition de l'échantillon selon l'utilisation des brossettes inter dentaires .

	Effectif	Pourcentage
Oui	35	25,9
Non	100	74,1
Total	135	100,0

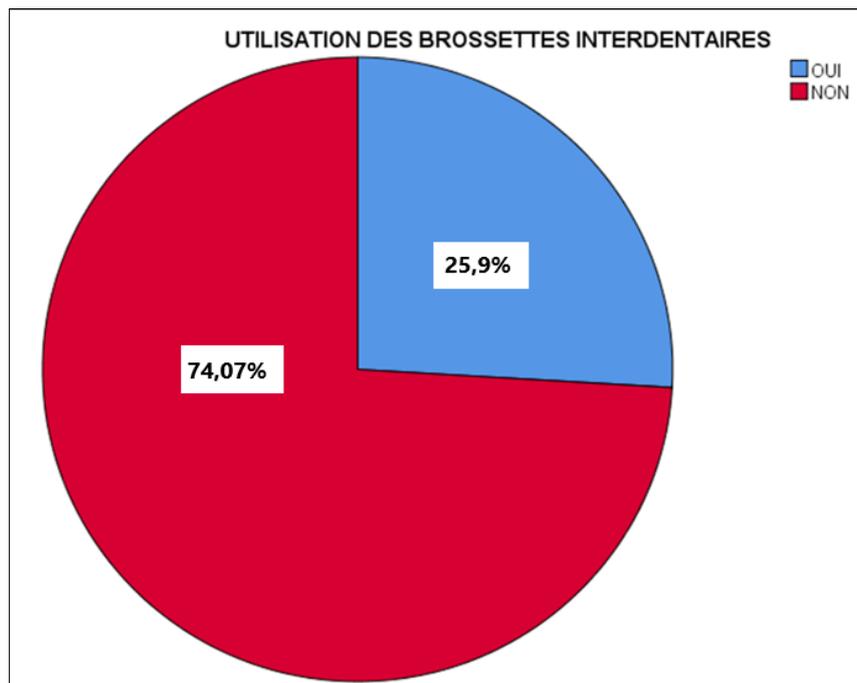


Figure 37 : Répartition de l'échantillon selon l'utilisation des brossettes inter dentaires ..

Les brossettes inter dentaires est un instrument adopté par une part non négligeable (25,9%) de la population pour son efficacité à nettoyer les espaces inter dentaires.

9.1.2.9. Répartition de l'échantillon selon l'utilisation de supplément de fluorure (bain de bouche fluoré)

Tableau XXIII : Répartition de l'échantillon selon l'utilisation de supplément de fluorure

	Effectif	Pourcentage
Oui	22	16,3
Non	113	83,7
Total	135	100,0

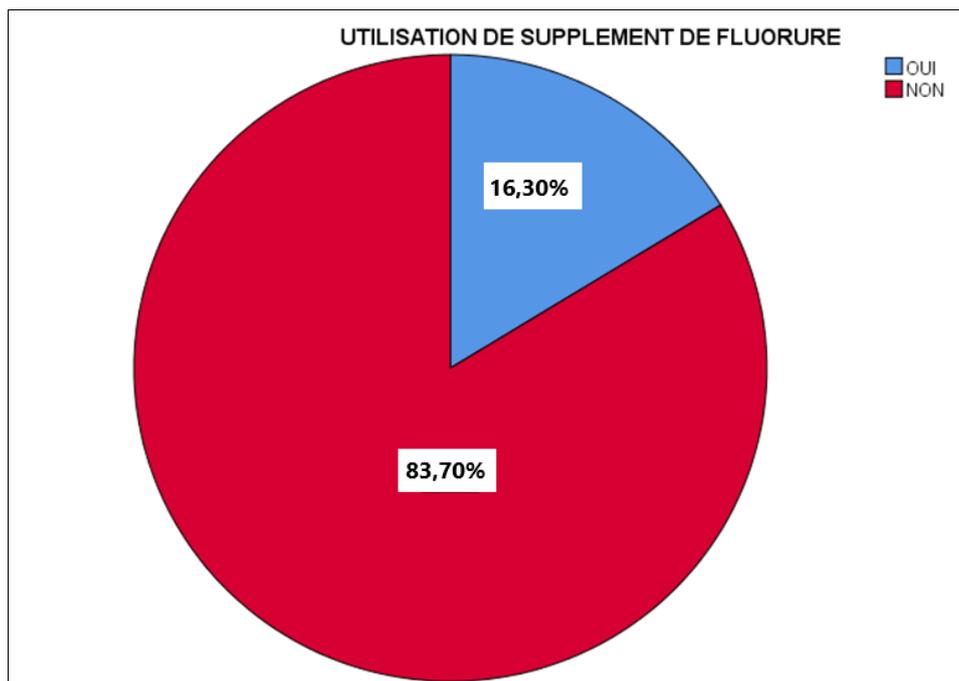


Figure 38 : Répartition de l'échantillon selon l'utilisation de supplément de fluorure

On constate une faible adoption de supplément de fluorure chez les participants à l'étude, puisque seulement 16,3% d'entre eux en font usage.

9.1.2.10. Répartition de l'échantillon selon l'utilisation des agents antiseptiques

Tableau XXIV : Répartition de l'échantillon selon l'utilisation des agents antiseptiques

	Effectif	Pourcentage
Non	103	76,3
Oui	32	23,7
Total	135	100,0

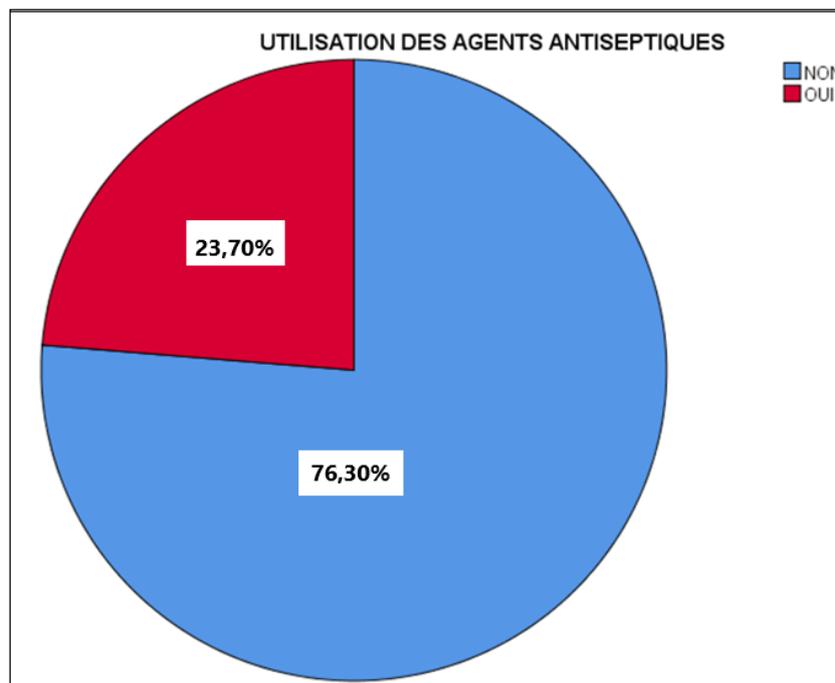


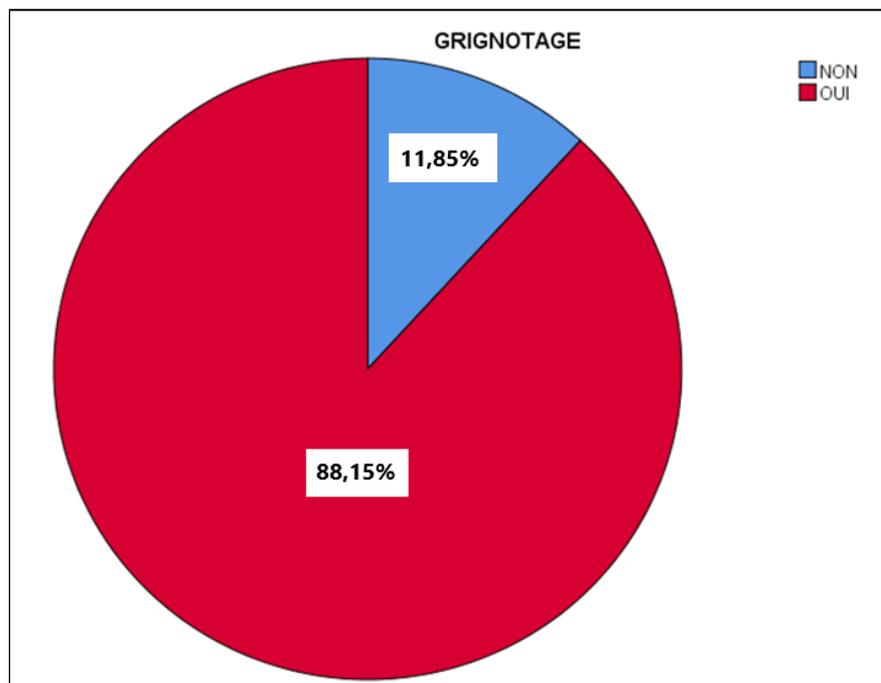
Figure 39 : Répartition de l'échantillon selon l'utilisation des agents antiseptiques

L'utilisation d'agents antiseptiques buccaux est également peu répandue chez les patients, comme le montre le tableau, avec un taux d'adoption de 23,70%.

Cela signifie que la grande majorité des patients (76,30%) n'utilisent pas ce type de produit.

9.1.2.11. Répartition de l'échantillon selon l'habitude de grignotage*Tableau XXV : Répartition de l'échantillon selon l'habitude de grignotage*

Habitude de grignotage	Effectif	Pourcentage
Non	16	11,9
Oui	119	88,1
Total	135	100,0

*Figure 40 : Répartition de l'échantillon selon l'habitude de grignotage*

D'après les données fournies, il apparaît que la majorité des patients de l'échantillon 88,1 % ont des habitudes de grignotage.

9.1.2.12. Répartition de l'échantillon selon la consommation de sucre

Tableau XXVI : Répartition de l'échantillon selon la consommation de sucre

Consommation de sucre	Effectif	Pourcentage
Supérieure ou égale à 2 fois /jour	72	53,3
Inférieure à 2 fois /Jour	63	46,7
Total	135	100,0

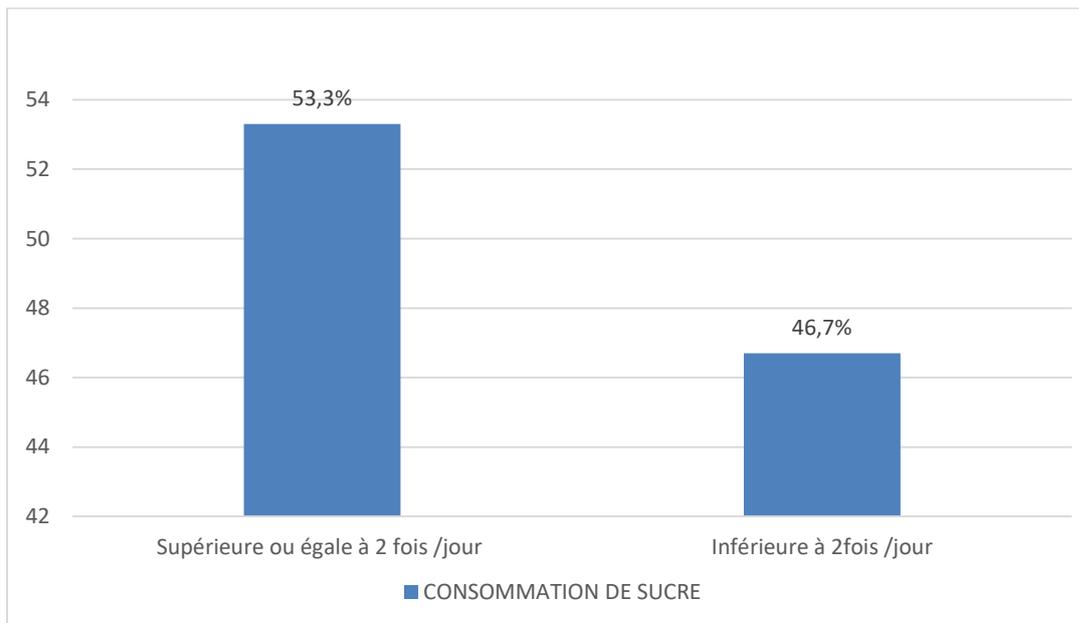


Figure 41 : Répartition de l'échantillon selon consommation de sucre

L'analyse des données recueillies révèle une relative homogénéité dans les habitudes de consommation de sucre au sein de l'échantillon.

9.1.2.13. Répartition de l'échantillon selon la consommation de boissons gazeuses et jus de fruits

Tableau XXVII : Répartition de l'échantillon selon la consommation de boissons gazeuses et jus de fruits

Consommation de boissons gazeuses et de jus de fruits	Effectif	Pourcentage
Chaque jour	57	42,2
Quelque fois par semaine	60	44,4
Pas de consommation	18	13,3
Total	135	100,0

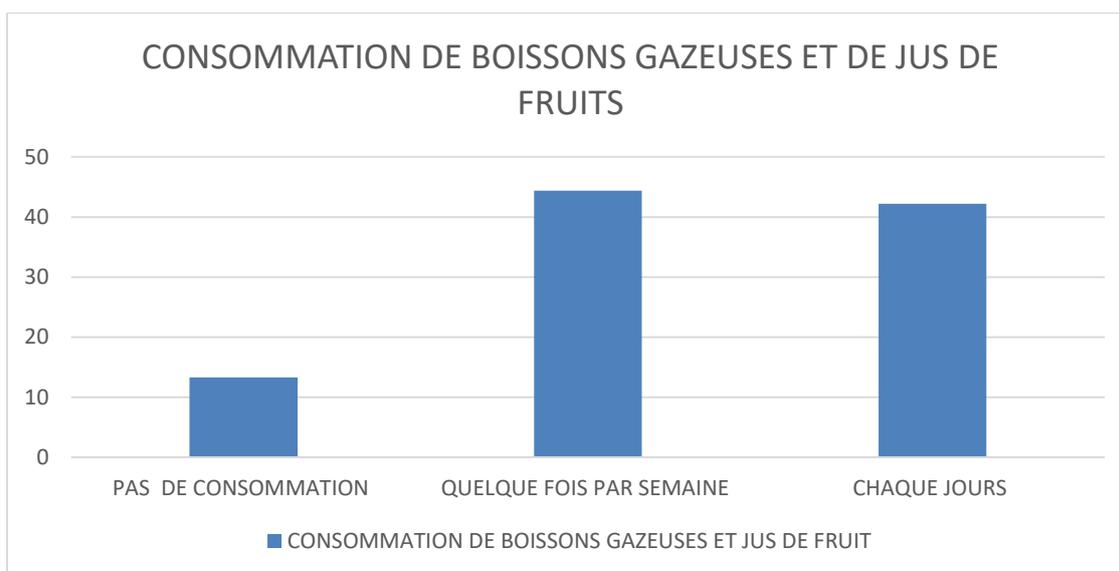


Figure 42 : Répartition de l'échantillon selon la consommation de boissons gazeuses et jus de fruits

L'analyse du tableau met en lumière une nette prédominance des boissons gazeuses et jus de fruit dans les habitudes de consommation des patients interrogés.

En effet, 86,7% d'entre eux déclarent en consommer, contre seulement 13,3% qui n'en consomment pas.

Par ailleurs, il est intéressant de noter que la répartition entre les modes de consommation semble homogène, suggérant que la consommation de boissons gazeuses et de jus de fruit n'est pas concentrée chez un sous-groupe particulier de patients.

9.1.2.14. Répartition de l'échantillon selon l'indice CAOD

A/Avant le traitement

Tableau XXVIII : Valeurs statistiques en relation avec la répartition de l'échantillon selon l'indice CAOD

Indice CAOD avant le traitement	
Effectif Valide	135
Moyenne	1,63
Médiane	1,00
Mode	0
Ecart type	2,101
Minimum	0
Maximum	11

Tableau XXIX : Fréquences de l'indice CAOD avant le traitement dans notre échantillon

Indice CAOD avant le traitement	Effectif	Pourcentage
0	67	49,6
1	7	5,2
2	23	17,0
3	13	9,6
4	15	11,1
5	2	1,5
6	4	3,0
7	2	1,5
9	1	0,7
11	1	0,7
Total	135	100,0

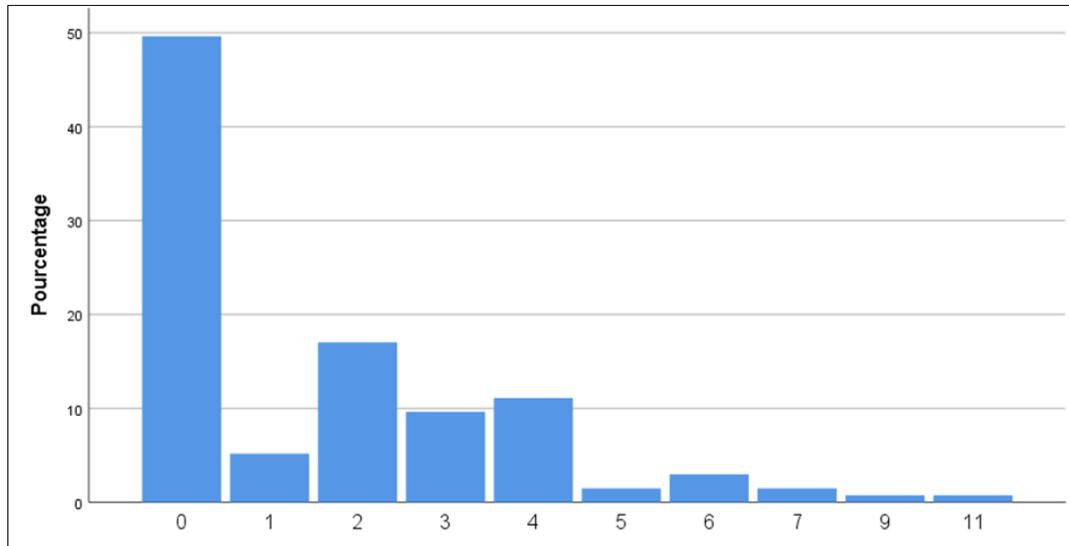


Figure 43 : Répartition de l'échantillon selon l'indice CAOD avant le traitement

En analysant le tableau ci-dessus, on remarque que le mode, c'est-à-dire la valeur la plus fréquente, est 0. Cela signifie que l'indice CAOD de 0 est le plus répandu parmi les données analysées.

De l'autre côté, la moyenne est calculée à 1,63. Cependant, il est important de noter que la moyenne peut être sensible aux valeurs extrêmes.

Enfin, la médiane, qui divise l'échantillon en deux groupes de taille égale, est plus intéressante dans ce cas précis. En effet, les données sur les indices CAOD présentent une disparité importante, allant de 0 à 11. Cette dispersion signifie que la moyenne peut être influencée par un petit nombre de valeurs élevées, ce qui ne reflète pas nécessairement la valeur la plus représentative de l'ensemble. Par conséquent, l'utilisation de la médiane est plus pertinente ici car elle est moins sensible aux valeurs extrêmes et offre une meilleure représentation de la tendance centrale des indices CAOD, compte tenu de leur distribution inégale.

B/Après 12 mois du traitement :

Tableau XXX : Valeurs statistiques en relation avec la répartition de l'échantillon selon l'indice CAOD après 12 mois du traitement

Indice CAOD après 12 mois	
Effectifs valide	135
Moyenne	2,05
Médiane	1,00
Mode	0
Ecart type	2,41
Minimum	0
Maximum	12

Tableau XXXI : Fréquences de l'indice CAOD après 12 mois du traitement

L'indice CAOD après 12 mois	Effectif	Pourcentage
0	56	41,5
1	12	8,9
2	21	15,6
3	11	8,1
4	15	11,1
5	8	5,9
6	5	3,7
7	2	1,5
8	3	2,2
10	1	0,7
12	1	0,7
Total	135	100,0

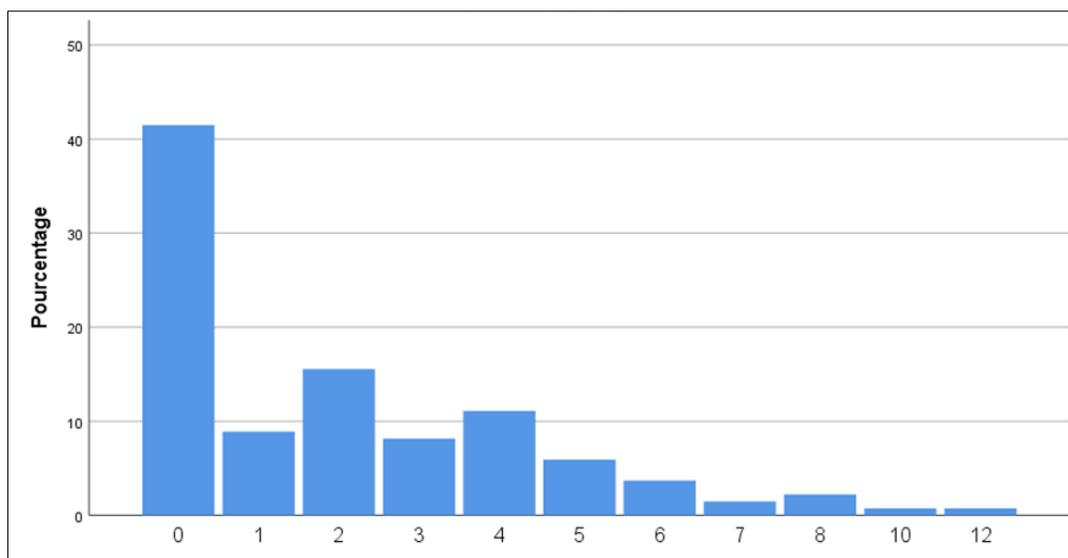


Figure 44 : Répartition de l'échantillon selon l'indice CAOD après 12 mois du traitement

D'après les observations effectuées après 12 mois de traitement, on constate les évolutions suivantes :

Stabilité du mode et de la médiane : Cela signifie que la valeur la plus commune et la valeur centrale de l'indice CAOD n'ont pas changé de manière significative après 12 mois de traitement.

Augmentation de la moyenne et de l'écart type : La moyenne augmente de 1,63 à 2,05. L'écart type, qui mesure la dispersion des données autour de la moyenne, augmente également de 2,10 à 2,41.

C/ Changement de l'indice CAOD après 12 mois du traitement :

Tableau XXXII : Changement de l'indice CAOD après 12 mois du traitement

Changement de l'indice CAOD		
	Effectif	Pourcentage
Aggravation	39	28,9
Stagnation	96	71,1
Total	135	100,0

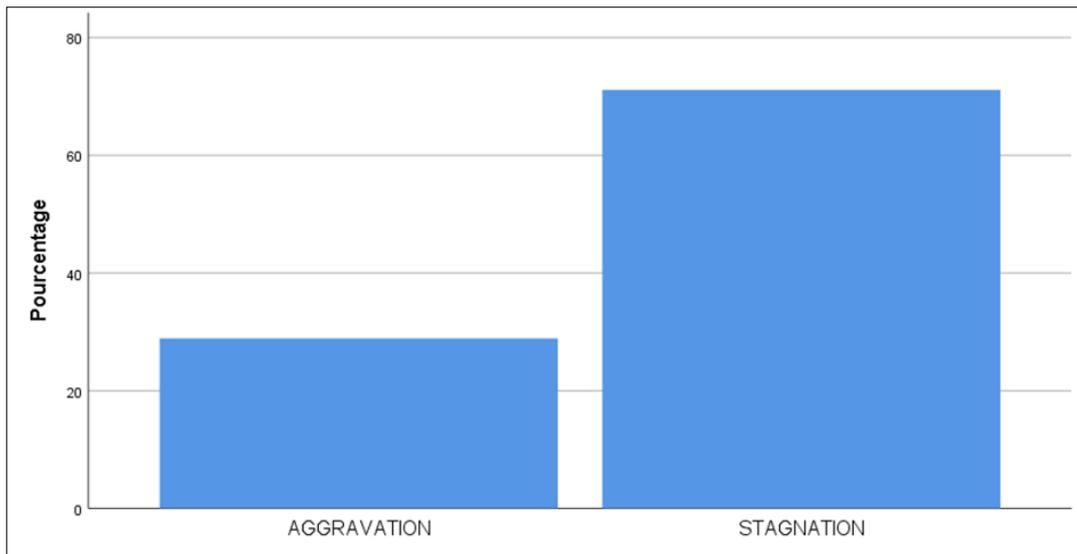


Figure 45 : Changement de l'indice CAOD après 12mois du traitement

D'après les données fournies, l'indice CAOD a augmenté pour 28,9% de la population étudiée, tandis que pour la majorité restante (71,1%), il est resté stable.

9.1.2.15. Répartition de l'échantillon selon le nombre de RDV ratés

Tableau XXXIII : Répartition de l'échantillon selon le nombre de RDV ratés

Nombre de RDV ratés	Effectif	Pourcentage
Aucun	45	33,3
Inferieur ou égale à 3	57	42,2
Supérieur à 3	33	24,4
Total	135	100,0

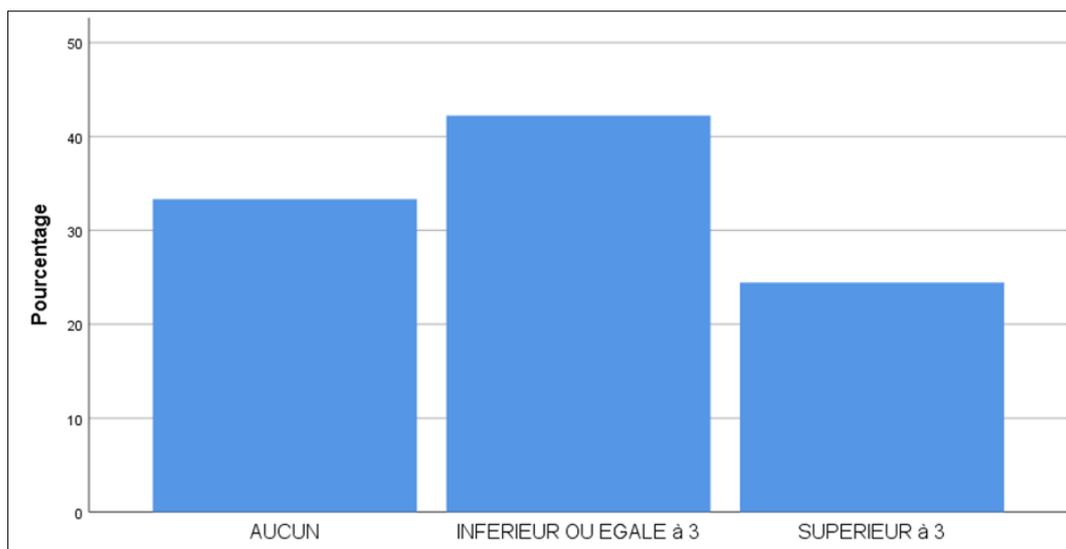


Figure 46 : Répartition de l'échantillon selon le nombre de RDV ratés.

On observe un taux de 24,4% de patients cumulant plus de trois rendez-vous manqués.

On constate également une proportion de 33% de patients n'ayant jamais manqué de rendez-vous.

9.1.3. Répartition de l'échantillon selon les facteurs liés au traitement

9.1.3.1. Répartition de l'échantillon selon l'application du vernis fluoré

Tableau XXXIV : Répartition de l'échantillon selon l'application du vernis fluoré.

Application du vernis fluoré	Effectif	Pourcentage
Oui	2	1,5
Non	133	98,5
Total	135	100,0

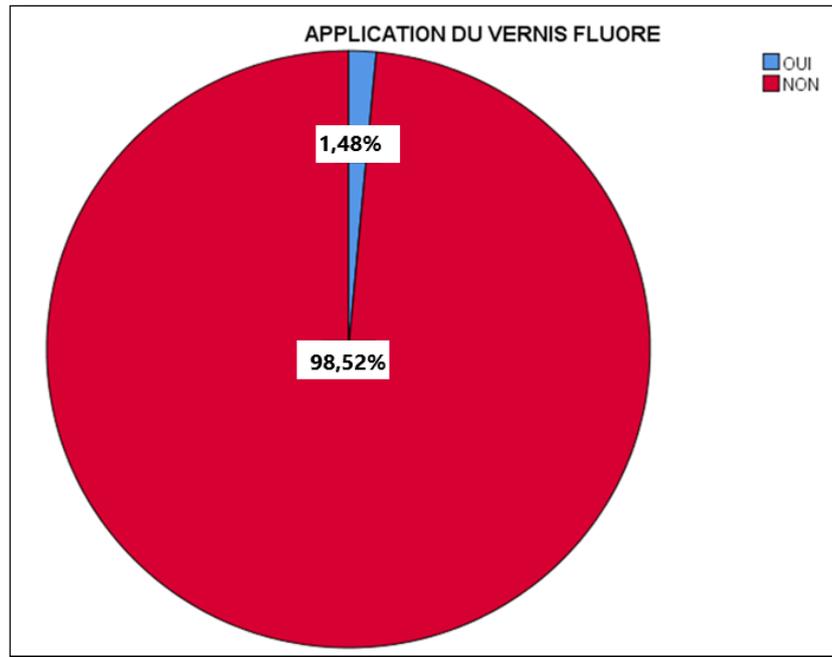


Figure 47 : Répartition de l'échantillon selon l'application du vernis fluoré..

L'étude met en évidence un recours très limité au vernis fluoré lié au manque de moyen mis à disposition. En effet, seuls 2 patients sur 135, soit 1,5%, ont bénéficié de cette application avant leur traitement orthodontique.

9.1.3.2. Répartition de l'échantillon selon la préparation de la surface amélaire

Tableau XXXV : Répartition de l'échantillon selon la préparation de la surface amélaire

Préparation de la surface amélaire	Effectif	Pourcentage
Acide orthophosphorique	132	97,8
Adhésif auto mordant	3	2,2
Total	135	100,0

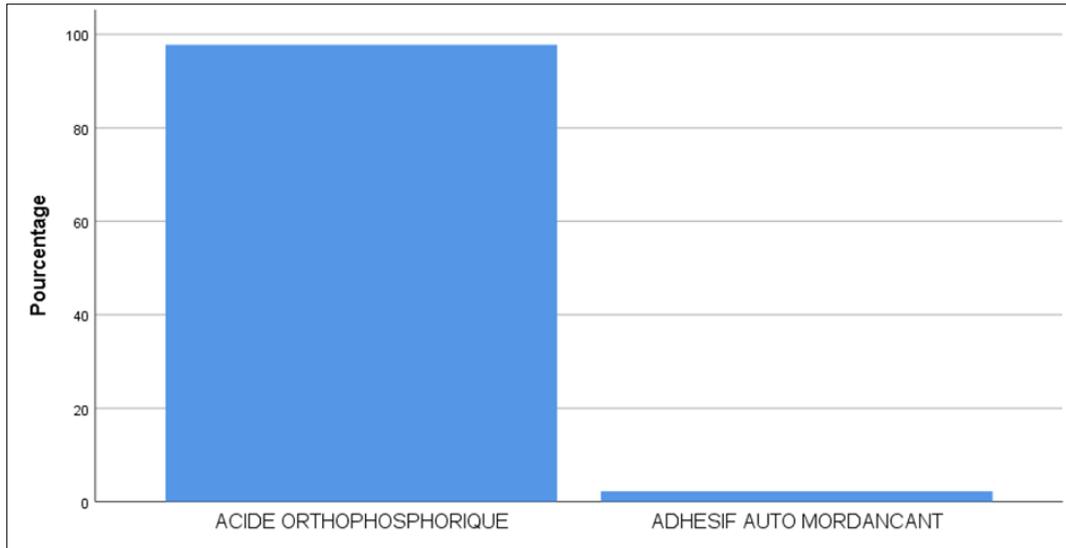


Figure 48 : Répartition de l'échantillon selon la préparation de la surface amélaire

Tout comme le vernis fluoré, l'utilisation de l'adhésif auto mordançant est très limitée (2,2%) dans la population de l'étude. La grande majorité a subi un mordantage à l'acide orthophosphorique avant le collage des brackets.

9.1.3.3. Répartition de l'échantillon selon la durée de la préparation de la surface amélaire (mordantage)

Tableau XXXVI : Répartition de l'échantillon selon la durée de la préparation de la surface amélaire (mordantage)

Durée de mordantage		Effectif	Pourcentage
Valide	15 secondes	72	53,3
	30 secondes	60	44,4
	Total	132	97,8
Manquant		3	2,2
Total		135	100,0

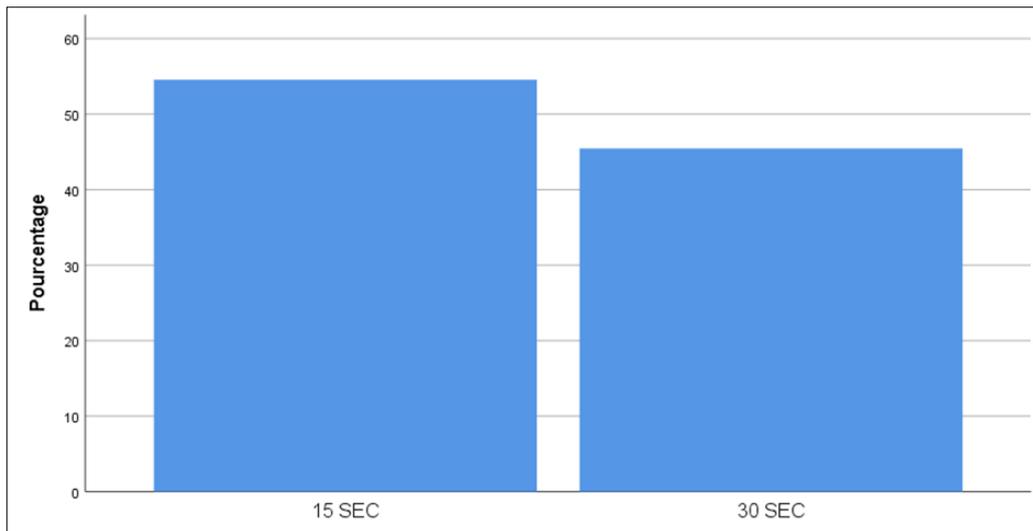


Figure 49 : Répartition de l'échantillon selon la durée de la préparation de la surface amélaire (mordançage)

Les résultats indiquent une répartition homogène de notre échantillon en termes de durée de mordançage.

- 54,5% des patients ont reçu une préparation à l'acide orthophosphorique pendant 15 secondes.
- 45,5% des patients ont reçu un mordançage pendant 30 secondes.

Cette répartition met en évidence la diversité des pratiques existantes en matière de préparation de la surface amélaire.

9.1.3.4. Répartition de l'échantillon selon le système adhésif utilisé

Tableau XXXVII : Répartition de l'échantillon selon le système adhésif utilisé.

Système d'adhésif	Effectif	Pourcentage
Composite conventionnel	132	97,8
CVIMAR	3	2,2
Total	135	100,0

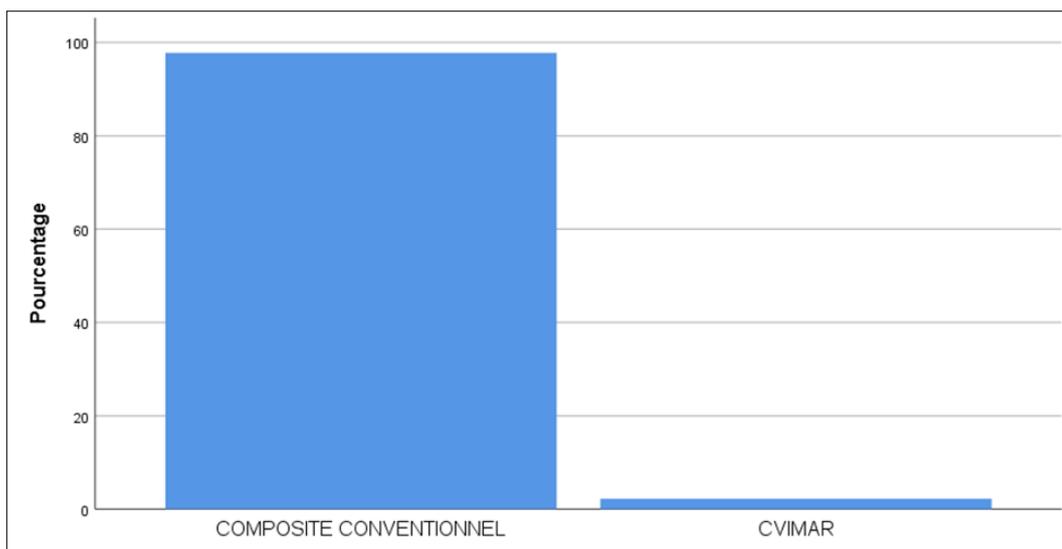


Figure 50 : Répartition de l'échantillon selon le système adhésif utilisé.

Dans notre étude, le collage des brackets orthodontiques a été réalisé avec du composite conventionnel pour une écrasante majorité des patients, soit 97,8%.

Seuls 3 patients, soit 2,2%, ont bénéficié de l'utilisation du CVIMAR. Ce constat met en évidence une prédominance quasi-totale du composite conventionnel dans la pratique actuelle du collage des brackets orthodontiques au sein de notre échantillon.

9.1.3.5. Répartition de l'échantillon selon le système de ligature utilisé

Tableau XXXVIII : Répartition de l'échantillon selon le système de ligature utilisé

Système de ligature	Effectif	Pourcentage
Métallique	20	14,8
Élastomériques	41	30,4
Mixte	65	48,1
Auto ligaturant	9	6,7
Total	135	100,0

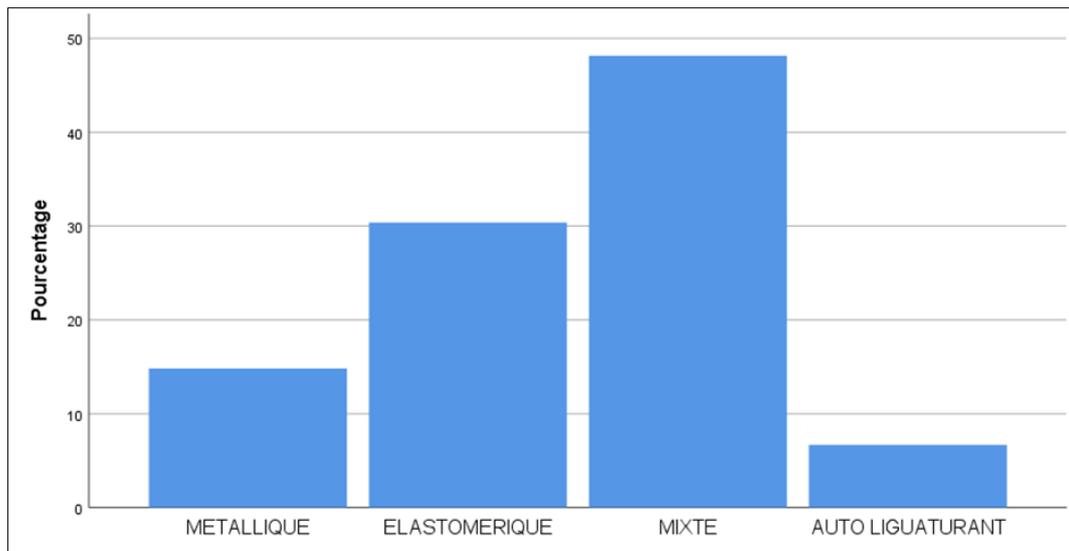


Figure 51 : Répartition de l'échantillon selon le système de ligature utilisé

Notre étude révèle une pratique courante de 48,1% consistant à utiliser des systèmes de ligature mixtes, associant des ligatures élastomériques et métalliques simultanément.

En revanche, l'adoption des brackets autoligaturants reste très limitée au sein de notre échantillon 6,7%.

9.2. Incidence des taches blanches de l'émail au cours du traitement orthodontique

L'incidence est la mesure épidémiologique qui permet de quantifier la fréquence à laquelle de nouveaux cas de tache blanche de l'émail surviennent dans notre population au cours d'une période de 12 mois du traitement orthodontique.

Elle s'exprime généralement sous forme de taux, en calculant le nombre de nouveaux cas divisé par la taille de la population à risque et par la durée de la période d'observation.

Dans notre échantillon, elle est égale à **73,3%**.

Cela signifie que **73,3%** de la population d'étude ont présenté au moins une tache blanche de l'émail durant une période de 12 mois.

Tableau XXXIX : Incidence des taches blanches de l'émail (patients).

	Effectif	Pourcentage
Incidence de WSL	99	73,3
Absence de WSL	36	26,7
Total	135	100,0

Sur un total de 2658 dents examinées, 604 dents ont été touchées par les WSL, ce qui donne une incidence de **22,7%**.

Tableau XL : Incidence des taches blanches de l'émail (dents)

	Effectif	Pourcentage
Incidence de WSL	604	22,7
Absence de WSL	2054	77,3
Total	2658	100,0

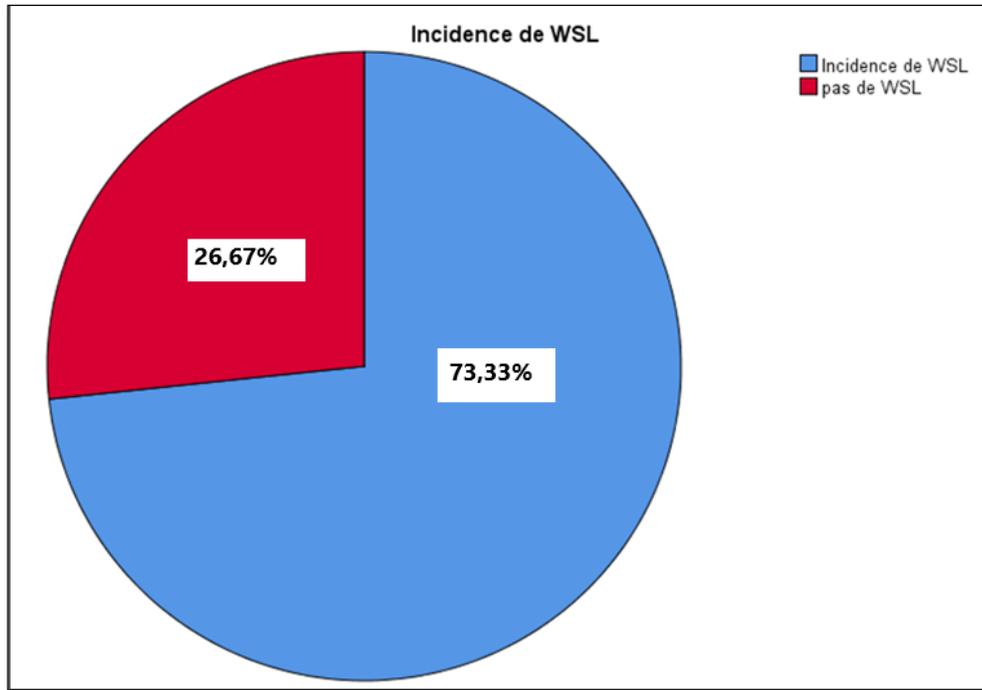


Figure 52 : Répartition de l'échantillon d'étude selon la présence des taches blanches de l'émail.

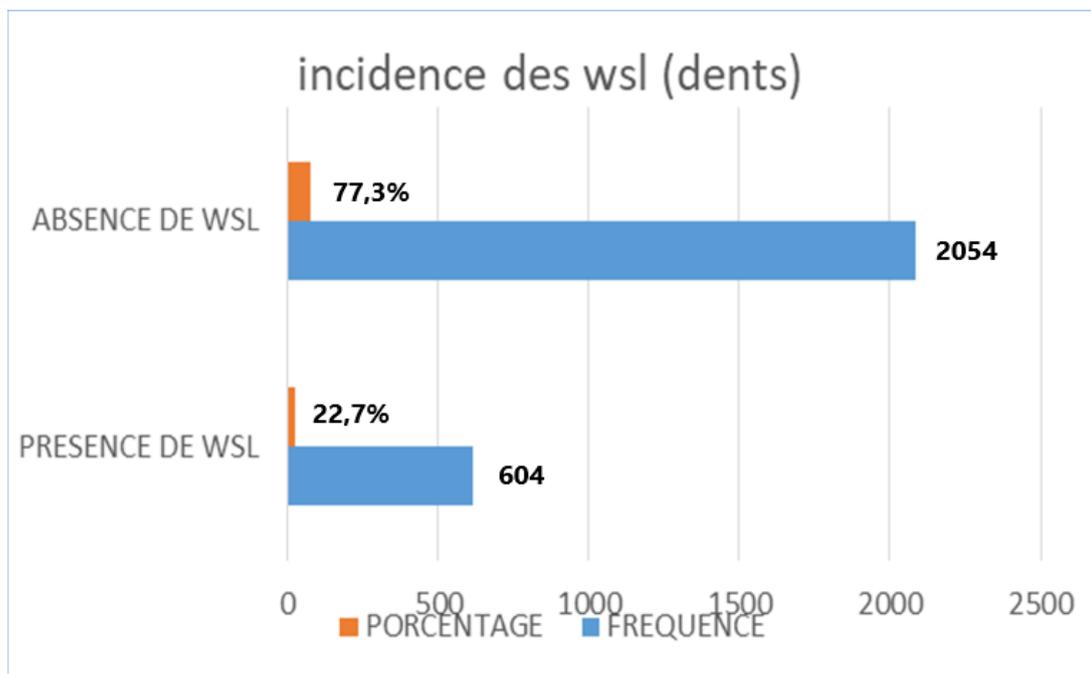


Figure 53 : Répartition de l'échantillon d'étude selon la présence des taches blanches de l'émail (dent)

9.2.1. Répartition des patients atteints de taches blanches de l'émail selon le type de dents concernées et la gravité de la lésion

Type de dents concernées

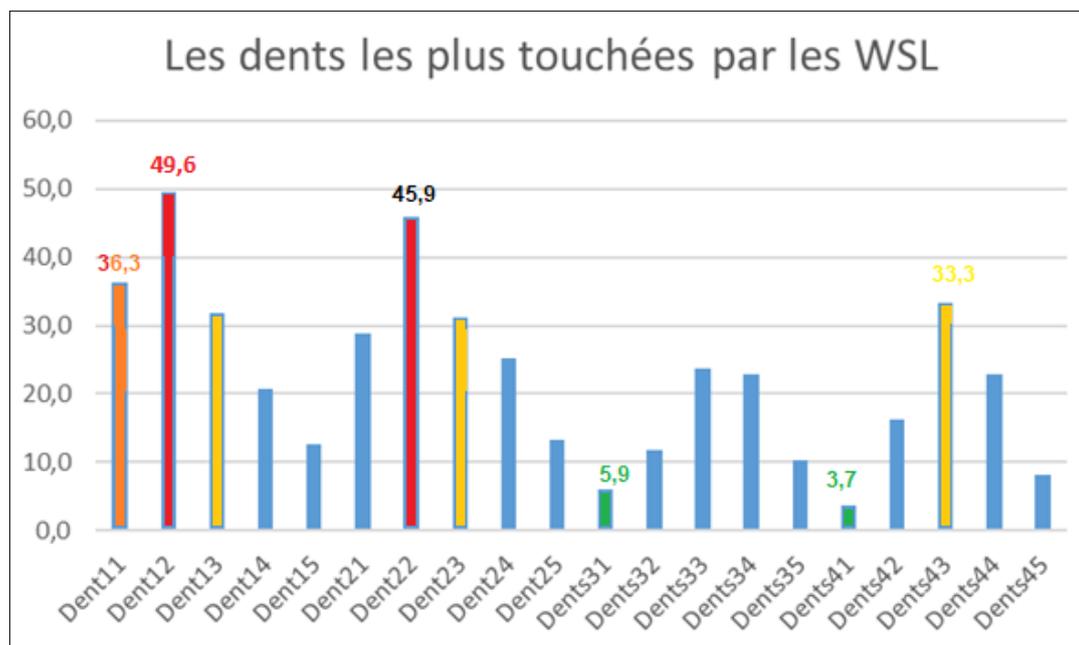


Figure 54 : Répartition des patients atteints de taches blanches de l'émail selon le type de dents concernées et la gravité de la lésion

L'analyse de la distribution des lésions blanches (WSL) selon les dents concernées a mis en évidence une prédominance sur les incisives latérales supérieures, avec des taux respectifs de 49,6% et 45,9% pour les dents droites et gauches.

L'incisive centrale supérieure arrive en deuxième position avec un taux de 36,3%, suivie de la canine inférieure droite 33,3% puis les canines supérieures avec des taux de 31,1% du côté droit et 31,9% du côté gauche.

À l'inverse, les incisives centrales inférieures droite et gauche sont les dents les moins touchées, avec des taux de 3,5% et 5,9% respectivement.

Ces observations suggèrent une susceptibilité plus élevée des incisives et des canines

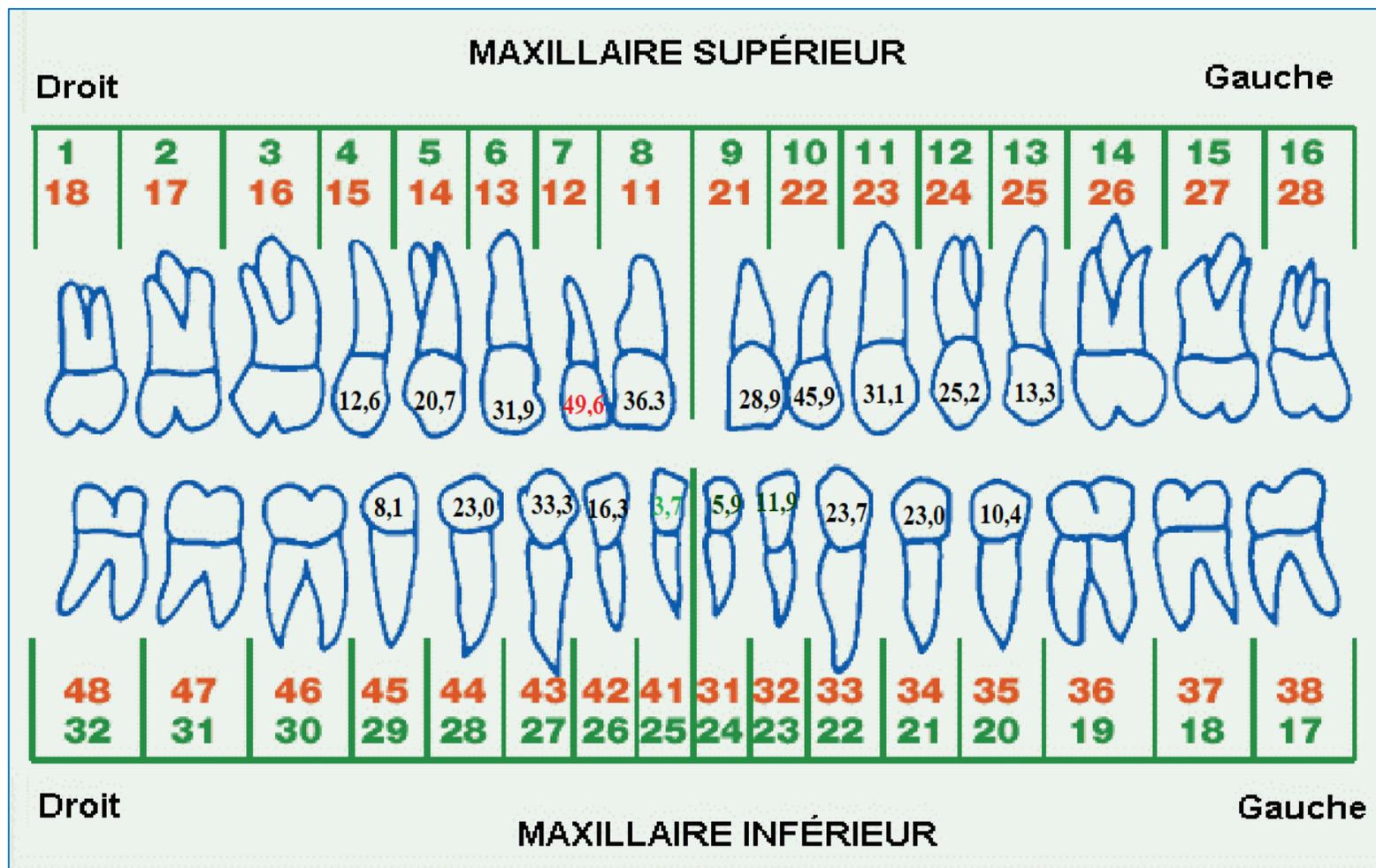


Figure 55 : Répartition des patients atteints de taches blanches de l'émail selon le type de dent concernée

Gravité de la lésion

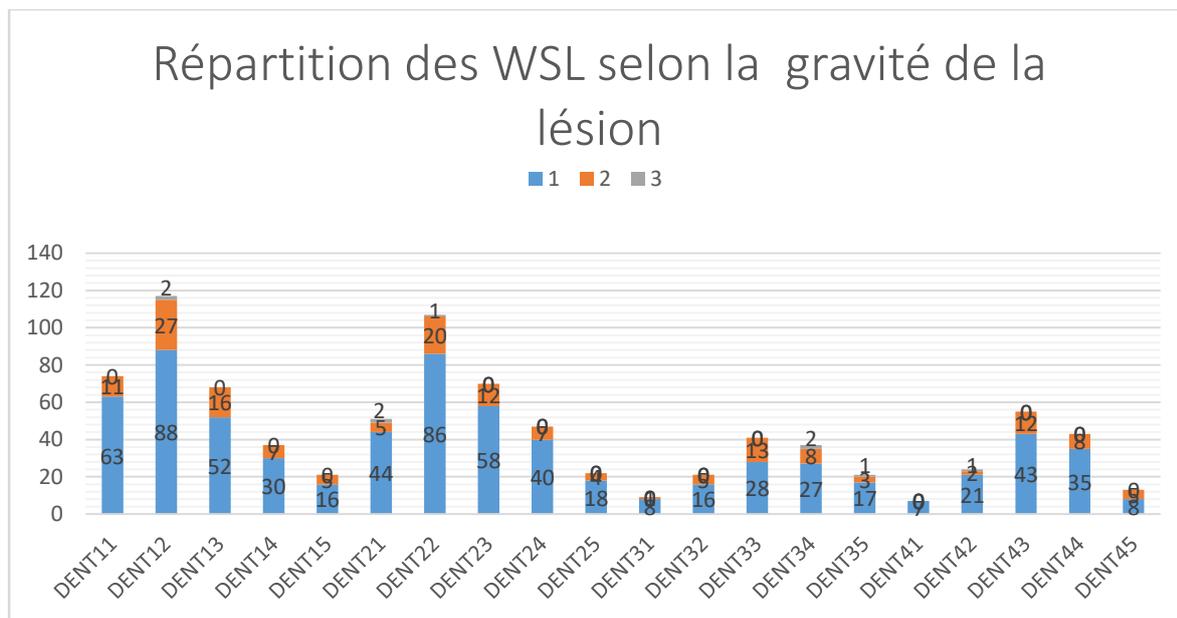


Figure 56 : Effectif et gravité des taches blanches pour chaque dent étudiée

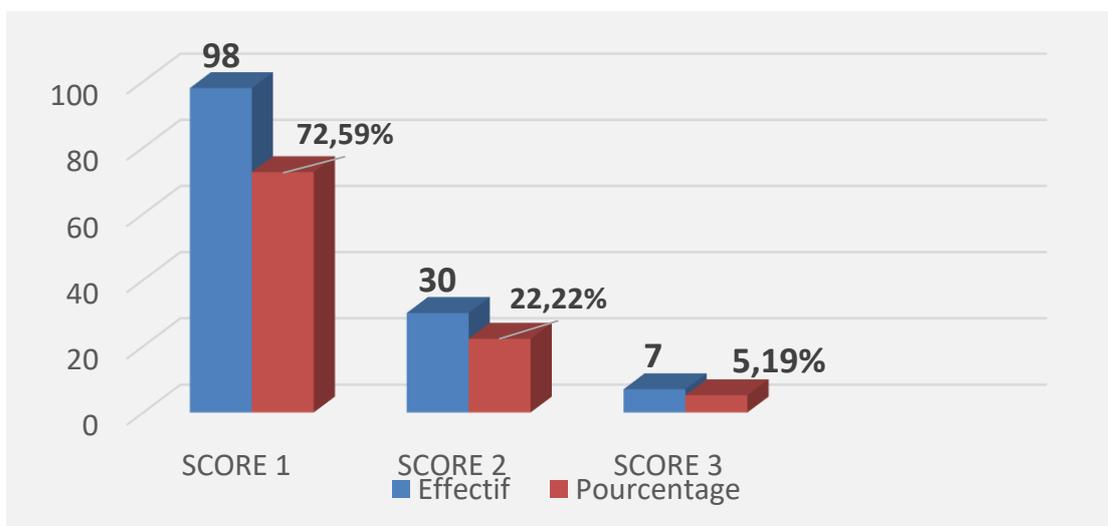


Figure 57 : Répartition des patients atteints de taches blanches de l'émail selon la gravité de la lésion

Concernant la sévérité de la lésion, on remarque un pourcentage peu important du score 3 (lésion cavitaire) égale à 5,19% impliquant uniquement 09 dents, dont 05 incisives supérieures. Il est important de noter que les taches blanches du score 1 (légère) sont les plus fréquentes avec un pourcentage de 72,59%, suivies par celles du score 2 (sévère) 22,22%.

9.2.2. Répartition des patients atteints de taches blanches de l'émail selon le type de faces concernées (mésiale, distale, cervicale, occlusale)

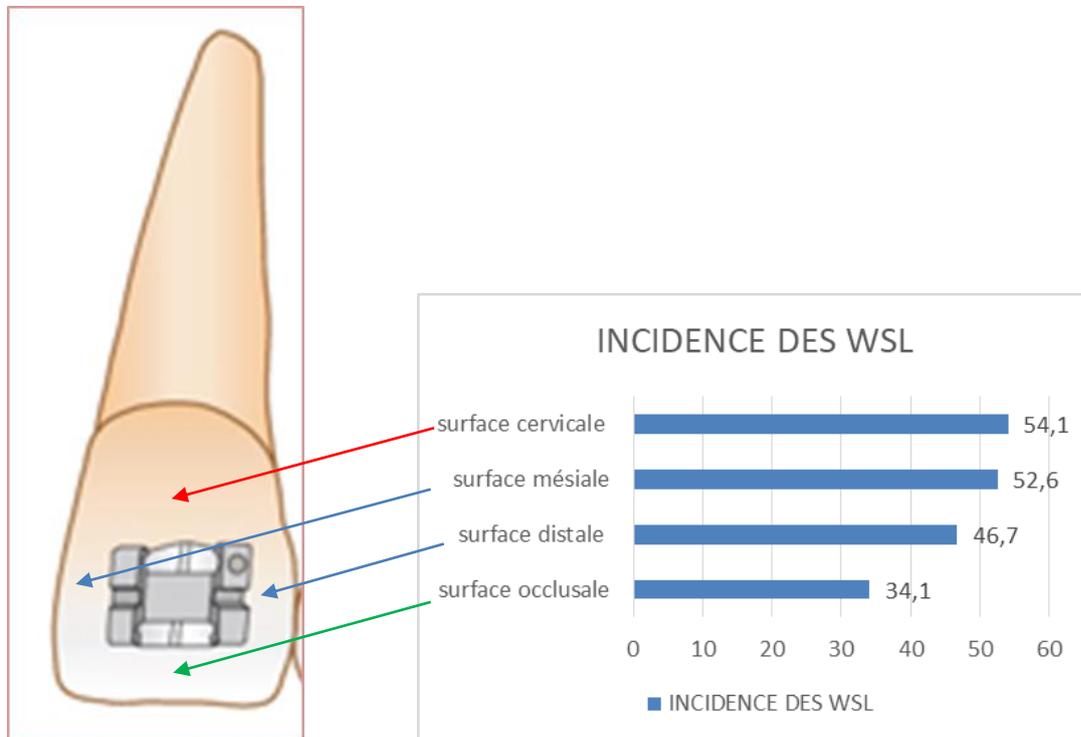


Figure 58 : Répartition des patients atteints de taches blanches de l'émail selon le type de faces concernées (mésiale , distale, cervicale , occlusale)

Les résultats révèlent que les taches blanches sont plus répandues au niveau de la surface cervicale et cela par un taux de 54,1% suivie par la surface mésiale 52,6% puis la surface distale 46,7% , les surfaces occlusales ne sont impliquées que chez 34,1% de la population d'étude .

9.3. Analyse bivariée des variables associées à l'apparition des WSL

Une analyse bivariée est réalisée afin d'étudier certaines variables qui peuvent être spécifiques aux patients atteints de WSL comparés à ceux non atteints de WSL.

9.3.1. Association entre les WSL et l'âge

Tableau XLI : Répartition des patients affectés et non affectés par WSL selon l'âge.

	Incidence de WSL	Absence de de WSL	Valeur de p
Médiane d'âge	14	13	Test de la médiane pour échantillons indépendants p=0,14

Le tableau ci-dessus montre que la médiane d'âge des patients atteints de WSL est **14** et celle des patients indemnes est **13**, statistiquement, la différence n'est pas significative (p supérieur à 0,05).

9.3.2. Association entre les WSL et le sexe

Tableau XLII : Répartition des patients affectés et non affectés par WSL selon le sexe

Sexe	Présence de WSL	Absence de WSL	Total	Valeur de p
Masculin	70,4%	29,5%	100%	Test du khi-carré de Pearson p= 0,60
Féminin	74,7%	25,2%	100%	

Les données présentées dans le tableau indiquent que l'incidence des lésions blanches (WSL) est de 74,7% chez les filles et 70,4% chez les garçons.

Malgré cette observation, il est important de noter que la différence n'est pas statistiquement significative p=0,60

9.3.3. Association entre les WSL et le niveau socioéconomique

Tableau XLIII : Répartition des WSL selon le niveau socio-économique

Niveau Socioéconomique	Présence de WSL	Absence de WSL	Total	Valeur de p
BAS	77,2%	22,7%	100%	Test exact de Fisher p=0,94
MOYEN	72,0%	28%	100%	
HAUT	76,9%	23,1%	100%	

Nous observons une disparité non significative de la fréquence des WSL selon le niveau socio-économique :

Le taux le plus élevé est 77,2% chez les patients avec niveau socioéconomique bas suivi par 76,9% pour un haut niveau socioéconomique et un taux de 72% pour le niveau moyen

Il est toutefois important de noter que cette différence d'incidence entre les groupes socio-économiques ne s'avère pas statistiquement significative.

9.3.4. Association entre les WSL et l'état d'hygiène bucco-dentaire avant le traitement

Tableau XLIV : Association entre les WSL et l'état d'hygiène bucco-dentaire avant le traitement

État d'hygiène bucco-dentaire avant le traitement	Présence de WSL	Absence de WSL	Total	Valeur de p
Mauvais	81,8%	18,2%	100%	Test du khi-carré de Pearson p=0,17
Moyen	72,9%	27,1%	100%	
Bon	62,5%	37,5%	100%	

81,8% des patients ayant une mauvaise hygiène avant le traitement orthodontique, ont développé des WSL contre 62,5% qui avez une bonne hygiène bucco-dentaire.

L'association n'est pas significative statistiquement p=0,17.

9.3.5. Association entre les WSL et l'état d'hygiène bucco-dentaire après 12 mois du traitement

Tableau XLV : Association entre les WSL et l'état d'hygiène bucco-dentaire après 12 mois du traitement

État d'hygiène après 12 mois du traitement	Présence de WSL	Absence de WSL	Total	Valeur de p
Mauvais	75%	25%	100%	Test du khi-carré de Pearson p=0,18
Moyen	77,6%	22,4%	100%	
Bon	58,3%	41,7%	100%	

L'incidence des taches blanches (WSL) s'avère préoccupante chez les patients présentant une hygiène buccale moyenne après 12 mois de traitement (77,6%) , suivis par les patients du groupe ayant une mauvaise hygiène (75%) et seulement 58% des patients du groupe ayant maintenu une bonne hygiène buccale tout au long du traitement ont développé des WSL. Le résultat demeure statistiquement non significatif p=0,18.

9.3.6. Association entre les WSL et le changement de l'état d'hygiène

Tableau XLVI : Association entre les WSL et le changement de l'état d'hygiène bucco-dentaire :

Changement de l'état d'hygiène bucco-dentaire	Présence de WSL	Absence de WSL	Total	Valeur de p
Aggravation	81%	19%	100%	Test du khi-carre de Pearson p=0,60
Stagnation	73.3%	26.7%	100%	
Amélioration	67.9%	22.91	100%	

Nos résultats indiquent que 67,9% des patients ayant connu une amélioration de leur état d'hygiène bucco-dentaire ont développé des WSL. 81% des patients présentant une aggravation de l'état d'hygiène bucco-dentaire ont présenté ces lésions.

Il est important de souligner que l'analyse statistique n'a pas permis d'établir une relation significative entre le changement d'état d'hygiène bucco-dentaire et l'incidence des WSL.

9.3.7. Association entre les WSL et la fréquence du brossage dentaire

Tableau XLVII : Association entre les WSL et la fréquence du brossage dentaire

Fréquence du brossage dentaire	Présence de WSL	Absence de WSL	Total	Valeur de p
01 fois par jour	53.8%	46.2%	100%	Test du khi-carré de Pearson p = 0,035
02 fois par jour	80.3%	19.7%	100%	
03 fois par jour	74.4%	25 .6%	100%	

Nous remarquons une incidence élevée(80.3%) de taches blanches chez les patients qui se brossent deux fois par jour contre 74.4% chez les patients qui se brossent trois fois par jour et 53.8% chez les patients qui se brossent une seule fois par jour.

Cette observation suggère une relation potentielle entre la fréquence du brossage et le risque de développer des WSL. Cette relation est corroborée par l'analyse statistique, qui révèle une association significative entre les deux variables (p = 0,035).

Cependant, il est important de noter que les statistiques d'estimation du risque ne peuvent être calculées pour les facteurs avec plus de deux modalités. Pour cela nous allons étudier la répartition selon les deux modalités suivantes (Tableau XLVIII).

Tableau XLVIII : Répartition des patients présentant WSL selon la fréquence du brossage dentaire

Fréquence du brossage dentaire	Présence de WSL	Absence de WSL	Total	Valeur de p
2 fois par jour	80.3%	19.7%	100%	Khi-carré de Pearson p=0,47
3 fois par jour	74.4%	25 .6%	100%	

D'après le tableau ci-dessus la relation entre la survenue des WSL et la fréquence du brossage, n'est pas significative $p=0,47$

9.3.8. Association entre les WSL et la durée du brossage dentaire

Tableau XLIX : Association entre les WSL et la durée du brossage dentaire

Durée du brossage dentaire	Présence de WSL	Absence de WSL	Total	Valeur de p
Inferieur à une minute	82.4%	17.6%	100%	Khi-carré de pearson p=0,07
Supérieur ou égale à une minute	75.7%	24.3%	100%	

Le tableau 49 révèle une incidence de 82,4% de WSL chez les patients qui se brossent pendant une durée inférieure à une minute, on marque un taux légèrement inférieur 75.7% de taches blanches chez les sujets qui se brossent les dents pendant une minute ou plus .

Néanmoins, il est crucial de souligner que cette différence d'incidence n'atteint pas un seuil de signification statistique. En d'autres termes, les données recueillies ne permettent pas de conclure avec certitude que la durée prolongée du brossage diminue réellement le risque de développer des WSL.

9.3.9. Association entre les WSL et l'utilisation des adjuvants au brossage dentaire

9.3.9.1. Utilisation des bâtonnets inter dentaires

Tableau L : Association entre les WSL et l'utilisation des adjuvants au brossage dentaire (bâtonnets inter dentaires)

Utilisation des bâtonnets inter dentaires	Présence de WSL	Absence de WSL	Total	Valeur de p
Oui	62.5%	37.5%	100%	khi-carré de Pearson p=0,19
Non	75.7%	24.3%	100%	

Parmi les patients présentant des WSL, 75.7% n'utilisaient pas de bâtonnets inter dentaires, tandis que 62.5% en utilisaient. Cependant, il est important de souligner que cette différence d'incidence n'atteint pas un seuil de signification statistique.

9.3.9.2. Utilisation du fil inter dentaire

Tableau LI : Association entre les WSL et l'utilisation des adjuvants au brossage dentaire (fil inter dentaire)

Utilisation du fil inter dentaire	Présence de WSL	Absence de WSL	Total	Valeur de p
NON	73%	27%	100%	Test exact de Fisher p=0,10
OUI	77.8%	22.2%	100%	

Sur un total de 99 patients présentant des WSL, 73% n'utilisaient pas le fil inter dentaire, et 77.8% en utilisaient, il est à noter que cet impact n'atteint pas la signification.

9.3.9.3. Utilisation des brossettes inter dentaires

Les résultats montrent un nombre important de patients avec WSL 82.9% qui utilisaient les brossettes inter dentaires, contre 70% qui ne les utilisaient pas. Il est à signaler que cette relation n'est pas significative statistiquement.

Tableau LII : Association entre les WSL et l'utilisation des brossettes inter dentaires

Utilisation des brossettes inter dentaires	Présence de WSL	Absence de WSL	Total	Valeur de p
Oui	82.9%	17.1%	100%	khi-carré de Pearson p=0,14
Non	70%	30%	100%	

9.3.10. Utilisation de supplément de fluorure (bain de bouche fluoré)

Tableau LIII : Association entre les WSL et l'utilisation de supplément de fluorure

Utilisation des suppléments de fluorure	Présence de WSL	Absence de WSL	Total	Valeur de p
Oui	81.8%	18.2%	100%	khi-carré de Pearson p=0,32
Non	71.7%	28.3%	100%	

Le tableau ci-dessus indique que la présence des WSL est de 81.8% chez les patients qui utilisaient les suppléments de fluorure et de 71.7 % pour ceux qui ne les utilisaient pas, la relation est toujours faible statistiquement $p= 0,32$.

9.3.11. Utilisation des agents antiseptiques

Notre étude montre un pourcentage des WSL égal à 81.3% chez les patients qui utilisaient les agents antiseptiques durant le traitement orthodontique, contre 70.9% chez ceux qui ne les utilisaient pas.

Néanmoins, il est important de noter que cette différence d'incidence n'atteint pas un seuil de signification statistique.

Tableau LIV : Association de l'incidence des (WSL) et l'utilisation d'agents antiseptiques

Utilisation des agents antiseptiques	Présence de WSL	Absence de WSL	Total	Valeur de p
OUI	81.3%	18.8%	100%	khi-carré de Pearson p=0,24
NON	70.9%	29.1%	100%	

9.3.12. Association entre les WSL et l'habitude de grignotage

Tableau LV : Association entre les WSL et l'habitude de grignotage

Grignotage	Présence de WSL	Absence de WSL	Total	Valeur de p
Non	68.8%	31.3%	100%	Test exact de Fisher p= 0,76
Oui	73.9%	26.1%	100%	

Parmi les patients présentant des WSL, on observe que ceux qui grignotent présentent 73.9% de WSL face à 68.8% pour ceux qui ne grignotent pas, ce résultat demeure insuffisant pour atteindre le seuil de signification statistique.

9.3.13. Association entre les WSL et la consommation de sucre

Tableau LVI : Association entre les WSL et la consommation de sucre

Consommation de sucre	Présence de WSL	Absence de WSL	Total	Valeur de p
Supérieure ou égale à 2 fois par jour	79.2%	20.8%	100%	khi-carré de Pearson p = 0,10
Inférieur à 2 fois par jour	66.7%	33.3%	100%	

Nos résultats révèlent une incidence notable (79.2%) de taches blanches (WSL) chez les patients qui consommaient du sucre plus de 02 fois par jour, la fréquence est égale à 66.7% chez les patients qui consommaient modérément le sucre. Mais les données recueillies ne permettent pas de conclure avec certitude qu'une consommation importante de sucre augmente effectivement le risque de développer des WSL car p= 0,10.

9.3.14. Association entre les WSL et la consommation de boissons gazeuses et de jus de fruits

Tableau LVII : Association entre les WSL et la consommation de boissons gazeuses et de jus de fruits

Consommation de boissons gazeuses et de jus de fruit	Présence de WSL	Absence de WSL	Total	Valeur de p
Chaque jour	84.2%	15.8%	100%	Test exact de Fisher p=0,033
Quelque fois par semaine	63.3%	36.7%	100%	
Pas de consommation	72.2%	27.8%	100%	

Notre analyse met en évidence une relation statistiquement significative entre la consommation de boissons gazeuses et jus de fruits et l'incidence des taches blanches (WSL). On observe une incidence plus élevée de WSL (84.2%) chez les patients qui consomment davantage ces boissons. La valeur de (p=0,033) indique que cette association est peu probablement due au hasard et suggère que la consommation de boissons gazeuses et de jus de fruits contribue effectivement au développement des WSL.

Tableau LVIII : Association entre les WSL et la consommation de boissons gazeuses et de jus de fruits

Consommation de boissons gazeuses et jus de fruits	Présence de WSL	Absence de WSL	Total	Valeur de p
Chaque jour	84.2%	15.8%	100%	Test exact de Fisher p=0,30
Pas de consommation	72.2%	27.2	100%	

Pour calculer le risque associé à cette consommation, il est nécessaire de croiser les modalités de ce facteur deux par deux. Cela permettra de comparer le risque de développer des WSL chez les patients qui consomment beaucoup de boissons gazeuses et de jus par rapport à ceux qui en consomment peu ou pas du tout.

Selon le tableau ci-dessus la différence est statistiquement non significative.

9.3.15. Association entre les WSL et la médiane de l'indice CAOD au début du traitement et à 12 mois du traitement orthodontique

Tableau LIX : Association entre les WSL et la médiane de l'indice CAOD au début du traitement et à 12 mois du traitement orthodontique

Indice CAOD	Incidence de WSL		Valeur de p
	Présence de WSL	Absence de WSL	Test de la médiane pour échantillons indépendants
	Médiane	Médiane	
Indice CAOD avant le traitement	02	00	p=0,002
Indice CAOD à 12 mois du traitement	02	00	p= 0,0001

Cette analyse bivariée, montre que l'indice CAOD calculé avant le traitement orthodontique et à 12 mois du traitement est plus élevé chez les patients qui présentent les taches blanches (médiane =02) que chez les patients indemnes (médiane =00) la relation est statistiquement significative.

9.3.16. Association entre les WSL et le changement de l'indice CAOD

Tableau LX : Association entre les WSL et le changement de l'indice CAOD

Changement de l'indice CAOD		Présence de WSL	Absence de WSL	Valeur de p	Risque relatif	Intervalle de confiance à 95%
Aggravation	Effectif	36	3	Khi-carré de Pearson p=0,001	RR =6,28	1,79 - 21,95
	%	92,3%	7,7%			
Stagnation	Effectif	63	33			
	%	65,6%	34,4%			
Total	Effectif	99	36			
	%	73,3%	26,7%			

D'après les données présentées (Tableau LXI), il est apparu que 92,3% des patients ayant subi une augmentation de leur indice CAOD ont également développé des taches blanches. Cette association statistiquement significative est étayée par une valeur de p de 0,0001 et un risque relatif de 6,28.

Nous observons une association forte entre l'aggravation de l'indice CAOD et l'apparition de taches blanches sur l'émail chez les patients ayant subi un traitement orthodontique.

9.3.17. Association entre les WSL et le nombre de RDV ratés

Tableau LXI : Association entre les WSL et le nombre de RDV ratés

Nombre de RDV ratés		Présence de WSL	Absence de WSL	Total	Valeur de p
Aucun	Effectif	31	14	45	p=0,09
	Pourcentage	68,9%	31,1%	100,0%	
Inferieur ou égal à 3	Effectif	39	18	57	
	Pourcentage	68,4%	31,6%	100,0%	
Supérieur à 3	Effectif	29	4	33	
	Pourcentage	87,9%	12,1%	100,0%	
Total	Effectif	99	36	135	
	Pourcentage	73,3%	26,7%	100,0%	

L'analyse des données montre que les patients ayant manqué plus de 3 rendez-vous présentent une incidence élevée des WSL (88%) Cependant, chez les patients ayant respecté tous leurs rendez-vous, la prévalence des WSL reste élevée (69%), ce qui ne permet pas de conclure à une relation statistiquement significative entre l'assiduité aux rendez-vous et l'apparition des WSL (p=0,09).

9.3.18. Association entre les WSL et l'application professionnelle du vernis fluoré

Tableau LXII : Association entre les WSL et l'application professionnelle du vernis fluoré

Application du vernis fluoré		Présence de WSL	Absence de WSL	Total	La valeur de p
Oui	Effectif	1	1	2	Test exact de Fisher p= 0,46
	Pourcentage	50,0%	50,0%	100,0%	
Non	Effectif	98	35	133	
	Pourcentage	73,7%	26,3%	100,0%	
Total	Effectif	99	36	135	
	Pourcentage	73,3%	26,7%	100,0%	

D'après les données du tableau LXIII, l'incidence des WSL est nettement plus élevée chez les patients n'ayant pas bénéficié de l'application du vernis fluoré (73,7%) par rapport aux patients ayant reçu le vernis (50,0%). Cependant, il est important de noter que cette différence n'est pas statistiquement significative $p = 0,46$

9.3.19. Association entre les WSL et la préparation de la surface amélaire

Tableau LXIII : Association entre les WSL et la préparation de la surface amélaire

Préparation de la surface amélaire		Présence de WSL	Absence de WSL	Total	Valeur de p
Acide orthophosphorique	Effectif	97	35	132	Test exact de Fisher p = 1,00
	Pourcentage	73,5%	26,5%	100,0%	
Adhésif auto mordançant	Effectif	2	1	3	
	Pourcentage	66,7%	33,3%	100,0%	
Total	Effectif	99	36	135	
	Pourcentage	73,3%	26,7%	100,0%	

Sur un groupe de 132 patients ayant subi une préparation de la surface amélaire par mordantage à l'acide orthophosphorique, 73.5% ont présenté des taches blanches de l'émail (WSL). Parmi les patients ayant reçu un collage avec un adhésif automordançant, 66,7% ont développé des WSL. Cependant, ce résultat n'est pas statistiquement significatif (p=1.00)

9.3.20. Association entre les WSL et la durée du mordantage

Tableau LXIV : Association entre les WSL et la durée du mordantage

Durée du mordantage		Présence de WSL	Absence de WSL	Total	Valeur de p
15 secondes	Effectif	52	20	72	khi-carré de Pearson p=0,71
	Pourcentage	72,2%	27,8%	100,0%	
30 secondes	Effectif	45	15	60	
	Pourcentage	75,0%	25,0%	100,0%	
Total	Effectif	97	35	132	
	Pourcentage	73,5%	26,5%	100,0%	

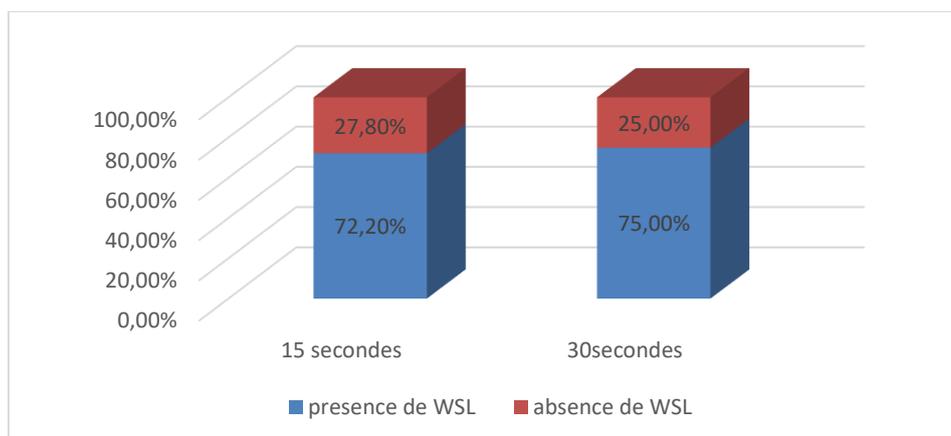


Figure 59 : Association entre les WSL et la durée de mordantage

Selon le tableau ci-dessus :

Pour une préparation de la surface amélaire durant 15 secondes la survenue des WSL est de 72,2%, ce qui représente un taux élevé, alors que pour une préparation amélaire de 30 secondes, 75,0% des patients ont présenté des WSL un taux légèrement plus élevé que le groupe précédant. Cependant cette association reste non significative $p=0,71$

9.3.21. Association entre les WSL et le système d'adhésif utilisé

Tableau LXV : Association entre les WSL et le système d'adhésif utilisé

Système d'adhésif		Présence de WSL	Absence de WSL	Total	Valeur de p
Composite conventionnel	Effectif	97	35	132	Test exact de Fisher $p=1,00$
	Pourcentage	73,5%	26,5%	100,0%	
CVIMAR	Effectif	2	1	3	
	Pourcentage	66,7%	33,3%	100,0%	
Total	Effectif	99	36	135	
	Pourcentage	73,3%	26,7%	100,0%	

Parmi les patients dont les brackets ont été collés à l'aide de composite conventionnel, 73,5% ont développé des taches blanches de l'émail (WSL), soit le taux le plus élevé observé.

En revanche, chez les patients traités avec le CVIMAR, le taux de WSL était de 66,7%, inférieur à celui du composite conventionnel. Il est important de noter que ce résultat n'est pas statistiquement significatif.

9.3.22. Association entre les WSL et le système de ligature utilisé

Tableau LXVI : Association entre les WSL et le système de ligature utilisé

Système de ligature		Incidence de WSL	Absence de WSL	Total	Valeur de p
Auto ligaturant	Effectif	8	1	9	Test exact de Fisher p= 0,15
	Pourcentage	88,9%	11,1%	100,0%	
Elastomérique	Effectif	27	14	41	
	Pourcentage	65,9%	34,1%	100,0%	
Métallique	Effectif	18	2	20	
	Pourcentage	90,0%	10,0%	100,0%	
Mixte	Effectif	46	19	65	
	Pourcentage	70,8%	29,2%	100,0%	
Total	Effectif	99	36	135	
	Pourcentage	73,3%	26,7%	100,0%	

Les brackets autoligaturants et les ligatures métalliques ont montré les taux d'incidence de WSL les plus élevés (respectivement 88.9% et 90%), suivis des ligatures mixtes (70.8%) et élastomériques (65.9%). L'association observée entre le type de système de ligature et l'incidence des WSL n'est pas statistiquement significative.

9.4. Étude des facteurs de risque en analyse multivariée (régression logistique)

L'analyse multi variée vise à étudier la contribution de tous les facteurs simultanément. Les variables introduites dans le modèle multivarié sont présentées ainsi :

9.4.1. Étude des facteurs liés au patient

Tableau LXVII : Analyse multivariée (régression logistique binaire) des facteurs liés au patient

Facteur	Risque relatif	IC 95%	p
Age			NS
Sexe			NS
État d'hygiène bucco-dentaire avant le traitement			NS
État d'hygiène bucco-dentaire à 12 mois du traitement			0.03
Changement de l'indice CAOD	7.04	[1.60 - 31.05]	0.01
Fréquence de brossage			NS
Consommation de boissons gazeuses et de jus de fruits			0.02
Utilisation des brossettes inter dentaires			NS
Utilisation de supplément de fluorure			NS

9.4.2. Étude des facteurs liés au traitement

Tableau LXVIII : Analyse multivariée (régression logistique binaire) des facteurs liés au traitement

Facteur	Risque relatif	IC_{95%}	p
Durée du mordantage			NS
Système de ligature			NS

En analyse multivariée, les facteurs qui étaient associés de façon statistiquement significative au risque de survenue des WSL sont :

- État d'hygiène après 12 mois du traitement avec (p=0.03)
- Changement de l'indice CAOD avec (p=0.01)
- Consommation de boissons gazeuses et de jus de fruits avec (p=0.02)

Dans notre étude le risque de développer les WSL augmente de 7.04 pour le changement de l'indice CAOD.

Discussion

10. Discussion

Les WSL considérées comme des hypominéralisations amélaire, forment le premier signe visible, à l'œil nu, de la lésion carieuse. Par leur aspect inesthétique poreux et opaque liée à une différence entre les indices de réfraction de l'émail sain et l'émail déminéralisé, elles constituent en orthodontie une complication très fâcheuse surtout pour notre spécialité dont le but est d'améliorer l'esthétique faciale et dentaire.

L'objectif de notre étude longitudinale descriptive, menée auprès de 135 patients traités par une thérapeutique fixe multi-attache, est d'évaluer l'incidence et la distribution de ces lésions, ainsi que leur sévérité pouvant aller d'une légère déminéralisation sans perturbation de la surface (score 1 de Gorelick), à une lésion cavitaire nécessitant une restauration (score 3 de Gorelick), les facteurs de risque associés à ces lésions seront également explorés.

Les résultats ont montré une incidence élevée de WSL, affectant 73,3% des patients et 22,7% des dents.

Les incisives latérales supérieures ont été les plus fréquemment atteintes avec un taux égal à 49,6%, suivies des incisives centrales (36,3%) et des canines supérieures (31,1%). Les lésions de faible sévérité étaient prédominantes, principalement localisées sur les surfaces cervicales (54,1%) et mésiales (52,6%). L'analyse multi variée a révélé une association significative entre l'apparition des WSL et trois facteurs :

- L'état d'hygiène bucco-dentaire à 12 mois de traitement avec un $p=0,03$
- La consommation de boissons gazeuses et de jus de fruits $p=0,02$
- Le changement de l'indice CAOD $p=0,01$, ce dernier étant associé à un risque multiplié par 7,04 de développer des taches blanches.

Ces résultats suggèrent que ces facteurs jouent un rôle important dans la pathogénie des WSL en orthodontie.

L'apparition de taches blanches de l'émail est une des complications de traitement d'orthodontie. Elles compromettent l'aspect esthétique du résultat final du traitement orthodontique. La littérature à travers le monde foisonne à ce sujet qui concerne tous les praticiens pratiquant la science dentaire car il est capital d'informer les patients de ce risque, de leur donner les outils et connaissances nécessaires à leur prévention avant et tout au long du traitement.

L'orthodontiste pourra être amené à différer voire même à ne pas entreprendre un traitement, ou choisir une solution alternative au traitement multi-bagues. Il est aussi important de s'assurer de l'implication des patients car les cas les plus graves de WSL sont observés chez des patients qui ont quitté le parcours de soins pendant une longue durée en raison de difficultés financières ou personnelles.

À notre connaissance, aucune étude épidémiologique n'a été menée en Algérie pour quantifier l'incidence des lésions blanches de l'émail. De plus, la littérature scientifique relative à cette problématique est relativement limitée dans la région maghrébine et en Afrique. D'un autre côté, nous remarquons que les lésions blanches de l'émail sont négligées ou voire même méconnues et très peu diagnostiquées par les orthodontistes dans notre pays. Ce constat s'impose probablement en raison de lacunes observées au niveau de la formation en orthodontie.

En effet, les cursus universitaires accordent peu d'importance aux risques potentiels associés aux traitements orthodontiques. De plus, les opportunités de formation continue pour les professionnels de la santé bucco-dentaire sont insuffisantes, ce qui limite leur capacité à mettre à jour leurs connaissances sur les dernières avancées en matière de gestion des risques. Pour cela le présent travail, en évaluant l'incidence et les facteurs de risque associés chez une population algérienne, contribue à combler ce manque de données et offre une première estimation de la fréquence de cette pathologie dans notre pays. Nos résultats sont d'une importance capitale car ils nous permettent de mieux cerner les risques encourus par les patients lors d'un traitement orthodontique, et ainsi de mettre en place des stratégies de prévention et de prise en charge plus efficaces.

De par sa nature descriptive, notre étude vise à caractériser la distribution et la gravité des lésions blanches. Si elle ne permet pas d'inférer de relations causales entre les facteurs de risque étudiés et les WSL, elle constitue une première étape indispensable pour la formulation d'hypothèses à tester dans des études analytiques ultérieures.

L'un des atouts majeurs de cette étude réside dans l'homogénéité de l'examen des WSL, assuré par une seule observatrice qui est spécialiste en orthodontie. Ce choix méthodologique garantit la fiabilité des données recueillies et limite les biais liés à l'inter-observateur.

Comme souligné dans notre revue de littérature, le diagnostic des lésions blanches de l'émail repose sur une variété de méthodes, allant de l'examen visuel simple à des techniques instrumentales plus sophistiquées. Dans cette étude, nous avons opté pour une approche standardisée basée sur l'acquisition d'images numériques à l'aide d'un appareil photographique.

Cette méthode offre une représentation visuelle objective de l'état des dents, facilitant ainsi la détection des taches blanches contrairement à l'examen visuel direct qui, bien que rapide et simple, peut être subjectif et dépend de l'expérience de l'observateur. Il peut également être difficile de comparer les résultats entre différents examens.

Le respect des protocoles photographiques standardisés assure la reproductibilité des photos réalisées à différents moments du traitement, ce qui permet d'établir une chronologie précise de l'évolution des lésions. En plus la précision que peut offrir un support photographique permet une éventuelle quantification avec plus d'exactitude de la taille, la forme et la couleur des lésions, grâce à des logiciels d'analyse d'image.

Les photographies constituent également un document médical précieux qui peut être utilisé pour communiquer avec les patients d'où son intérêt pédagogique. Ce même document nous permet de réévaluer les lésions en cas de besoin (oubli ou incertitude).

En conclusion, la recherche d'une évaluation objective, précise et reproductible, ainsi que la nécessité de constituer une documentation fiable, nous ont conduits à privilégier cette méthode peu coûteuse relativement à d'autres moyens.

Au terme de notre étude, nous avons pu mettre en exergue l'importance des lésions blanches de l'émail associées aux traitements orthodontiques. En caractérisant ces lésions et en identifiant les facteurs de risque associés, nos travaux ouvrent de nouvelles perspectives

Pour :

Une meilleure prise en charge des patients orthodontiques en sensibilisant les praticiens à la fréquence et à la sévérité de ces complications.

Une identification précoce des patients à risque afin de mettre en place des mesures de prévention adaptées.

Le développement de stratégies préventives personnalisées visant à limiter l'apparition et la progression de ces lésions.

Avant de commencer la comparaison de nos résultats, il nous semble judicieux de passer par une description succincte de notre population.

Notre échantillon était constitué de 135 patients, d'âge moyen 13,76 ans (écart-type : 1,62 ans), avec une prédominance féminine (67,4%). Socio économiquement, la majorité des patients appartenait à la classe moyenne (74,1%). Le bon état d'hygiène bucco-dentaire initial était de faible fréquence (23,7%) et s'est détérioré au cours du traitement orthodontique (17,8%).

L'étude a révélé des pratiques d'hygiène bucco-dentaire insuffisantes chez les patients. Moins d'un tiers (31,9%) se brossent les dents trois fois par jour, tandis qu'environ la moitié se limitait à deux brossages quotidiens. La durée du brossage était également hétérogène, avec un partage quasi égal entre les sujets brossant plus ou moins d'une minute. Par ailleurs, l'utilisation d'adjuvants de brossage (6,7% à 25,9%), de suppléments de fluorure (16,33%) et d'agents antiseptiques (23,7%) était faible, soulignant un manque d'adhésion aux mesures d'hygiène recommandées.

Les résultats de notre étude mettent en évidence des habitudes de vie à risque chez un grand nombre de patients : 88,14% ont des habitudes de grignotage, 53,3% consomment excessivement de sucre et 42,2% boivent régulièrement des boissons gazeuses. Ces comportements, préjudiciables à la santé bucco-dentaire, soulignent la nécessité d'interventions éducatives ciblées pour promouvoir des habitudes de vie plus saines.

L'indice CAOD a connu une augmentation significative au cours du traitement orthodontique, passant de 1,63 à 2,05, témoignant d'une dégradation de l'état bucco-dentaire global. Concernant l'assiduité aux rendez-vous, un quart des patients ont manqué plus de trois séances, tandis qu'un tiers ont respecté l'intégralité de leur suivi.

Quant aux protocoles de traitement, notre étude a révélé une quasi-absence de l'application de vernis fluoré avant le traitement orthodontique (1,5%). En revanche, la technique de mordantage à l'acide orthophosphorique était largement utilisée (97,2%), avec une durée de 15 secondes (53,3%) et 30 secondes (44,4%). Ces données suggèrent une faible utilisation des mesures préventives à base de fluor pour protéger l'émail dentaire.

Nous avons également constaté une prédominance des techniques de collage et de ligature traditionnelles, avec une faible utilisation des systèmes autoligaturants et des adhésifs automordançants. En effet, seuls 6,7% des patients ont bénéficié de brackets autoligaturants et 2,2% d'un adhésif type CVIMAR.

Une revue de la littérature a été effectuée sur les principales bases de données scientifiques (PubMed, Scopus, Science Direct, Google Scholar) pour recenser l'ensemble des travaux publiés entre 2007 et 2024 portant sur l'évaluation de l'incidence des lésions blanches (WSL) en orthodontie. Les études identifiées ont été catégorisées en fonction de leur design méthodologique, de l'effectif des échantillons, des outils d'évaluation et de notation employés et des taux d'incidence obtenus. Les études pionnières de Gorelick (1982) et Banks (1994) ont jeté les bases de l'indice d'évaluation des WSL, en proposant un outil de mesure spécifique à ce domaine (Tableau LXIX).

Une cartographie a été réalisée pour visualiser la distribution géographique des études, permettant ainsi d'identifier les pays les plus actifs dans ce domaine de recherche et d'évaluer l'évolution temporelle de l'intérêt scientifique pour cette problématique (Figure 60).

Tableau LXIX : Travaux publiés entre 1982 et 2024 portant sur l'évaluation de l'incidence des lésions blanches (WSL) en orthodontie

Auteur	Pays	Type d'étude	Moyen diagnostic	de	Indice	Echantillon	année	Incidence
Gorelick et al⁽¹⁰⁾	NY / USA	Observationnelle	Photographie		Gorelick	121 Patients	1982	49.6%
Banks et Richmond⁽²⁴⁶⁾	Manchester/UK	Essai randomisé	évaluation visuelle directe (EVD)		Indice de décalcification de l'email EDI	80 patients	1994	74%
Stecksén-blicks⁽²²⁹⁾	Suède	Essai randomisé contrôlé	Photo numérique		Gorelick	125 patients	2007	25,7%
Lovrov et al⁽²³⁰⁾	Allemagne	Observationnelle	Photo numérique		Gorelick	53 patients	2007	26.4%
Heinig and Hartmann⁽⁷⁾	Allemagne	Essai randomisé contrôlé	Photo numérique		Système d'indices combinés	40 patients	2008	85,7%
Richter et al⁽²³⁾	Michigan/USA	Observationnelle	Photo / (EVD)		Système de notation spécifique adapté	350 patients	2009	72.9%
Chapman et al⁽²⁵⁾	Indianapolis /USA	Observationnelle	Photo numérique + logiciel d'image J		Calcul des Surfaces affectées	332 patients	2010	34%
Enaia et al⁽²³¹⁾	Allemagne	Observationnelle	Photo numérique		Gorelick modifié	400 patients	2011	60.9%
Siguardhalder-olsen⁽²³²⁾	Norvège	Essai randomisé	(EVD)		Gorelick	40 patients	2011	60%
Sagarika et al.⁽¹²⁾	Inde	Observationnelle	(EVD)		ICDAS II	90 patients	2012	75.6%
Julien et al.⁽²³³⁾	Texas /USA	Observationnelle	Photo numérique		//	885 patients	2013	23.4%

Akin et al.⁽⁹⁾	Turquie	Observationnelle	Photo numérique	Gorelick modifié	150 patients	2013	55%
Jiang et al.⁽²²⁸⁾	Chine	Essai contrôlé randomisé	(EVD)	Gorelick	47 patients	2013	51%
O'Reilly et al.⁽¹⁷⁶⁾	USA	Essai clinique contrôlé	(EVD)	Gorelick	62 patients	2013	17.7%
Khalaf et al.⁽⁸⁾	Aberdeen/ Ecosse	Observationnelle	Photo numérique	UniViSS surface lisse	45 patients	2014	42%
Benkaddour et al.⁽²³⁴⁾	Maroc	Observationnelle	Photo numérique	Gorelick	69 patients	2014	66,7%
Francs, David et al.⁽²³⁵⁾	USA	Observationnelle	//	//	20 patients	2014	75%
Vander kaajj et al.⁽²³⁶⁾	Hollande	Essai randomisé	EVD/QLF	ICDAS II	45 patients	2015	46,7%
Hammad et Knosel.⁽²³⁷⁾	Egypte	Essai randomisé	Photo numérique	Non standardisé	21 patients	2016	71,4%
Enselik et al.⁽²³⁸⁾	Turquie	Essai randomisé contrôlé	Photo numérique	Gorelick	20 patients	2016	80%
Gizani et al.⁽²²⁸⁾	Grèce	Essai randomisé contrôlé	Photo numérique	Gorelick	43 patients	2016	39,5%
Belhadj ⁽¹²¹⁾	Algérie	Essai randomisé non	EVD	//	20 patients	2016	50%
Buschang et al.⁽²³⁹⁾	USA	Observationnelle	Photo numérique	//	206 patients	2019	26%
kozak et al.⁽⁶⁾	Pologne	Essai randomisé contrôlé	(EVD)	ICDAS	60 patients	2020	05%
Dallel et al.⁽²⁴⁰⁾	Tunis	Essai randomisé	(EVD)	Non standardisé	47 patients	2020	29%
Sonesson et al.⁽²⁴¹⁾	Suède	Essai randomisé contrôlé	Photo numérique	Gorelick	129 patients	2020	26,6%

Gocholewicz et al. ⁽²⁴²⁾	Pologne	Essai randomisé contrôlé	(EVD)	Gorelick	30 patients	2022	26%
Gonder et al. ⁽²⁴³⁾	Turquie	Observationnelle	Photo numérique	Gorelick	150 patients	2022	78,6%
Ganss et al. ⁽²⁴⁴⁾	Allemagne	Observationnelle	Photo numérique	Gorelick	103 patients	2024	30,1%
Salerno et al. ⁽²⁴⁵⁾	Suisse	Meta analyse	—	—	533 patients	2024	48%
Notre étude	Algérie	Observationnelle	Photo numérique	Gorelick	135 patients	2024	73,3%

- **QLF** : fluorescence induite par la lumière quantitative
- **ICDAS** : système international de détection et d'évaluation des caries
- **EVD** : évaluation visuelle directe
- **UNIVISS** : Système de notation visuelle universel modifié pour les surfaces lisses
- **//** : Information non indiquée dans la publication

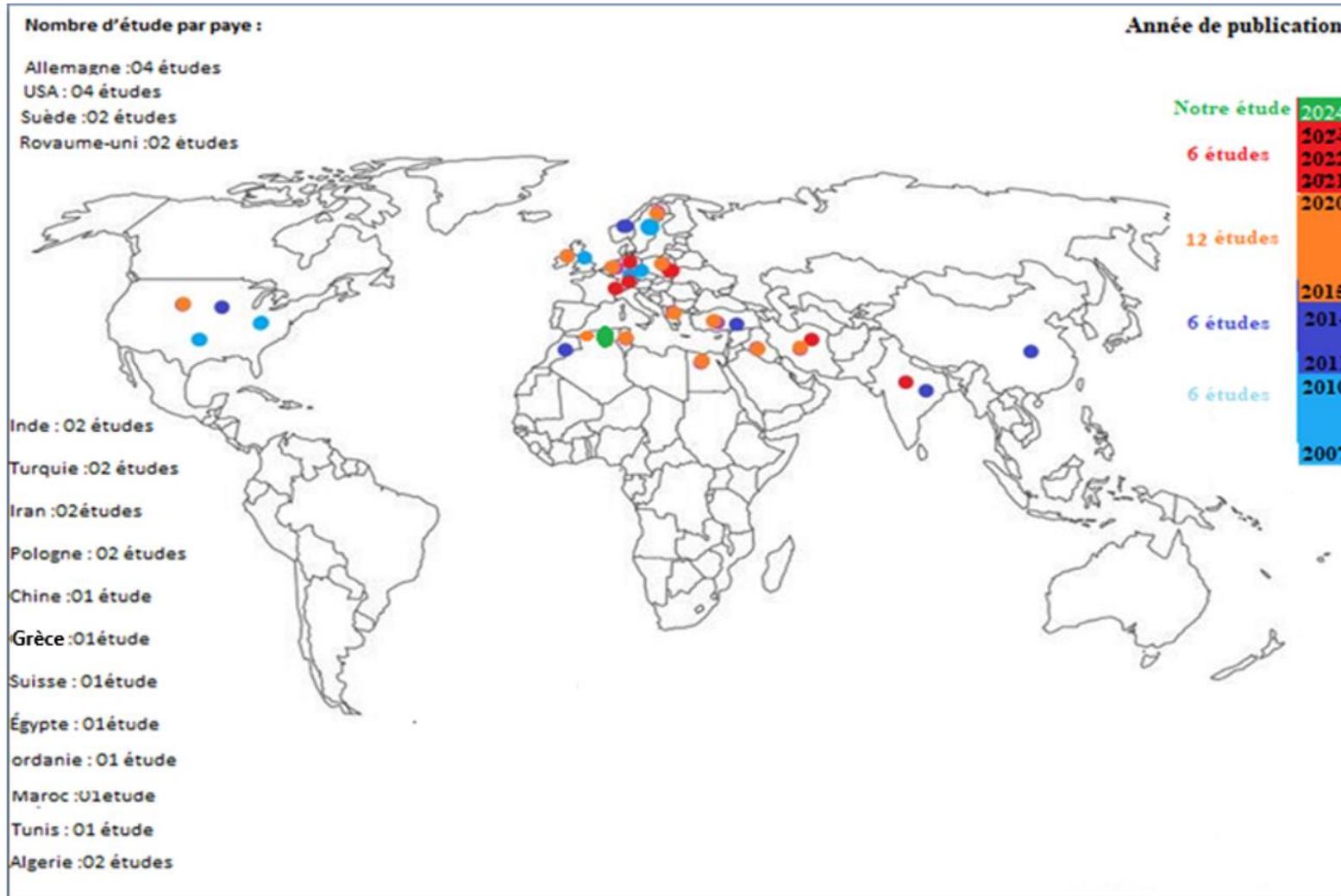


Figure 60 : Cartographie visualisant la distribution géographique et l'évolution temporelle des études

Les études recensées révèlent une large fourchette d'incidence des lésions blanches (WSL) en orthodontie, s'étendant de 5%⁽⁶⁾ à 85%⁽⁷⁾ (Tableau LXIX). Cette disparité significative est attribuable à la diversité des méthodes d'évaluation et de notation utilisées par les différents auteurs, à la taille variable des échantillons étudiés et au nombre de dents examinées dans chaque étude. Par ailleurs, les populations ciblées par ces recherches présentent des caractéristiques sociodémographiques, culturelles et comportementales hétérogènes (niveau socio-économique, lieu de résidence, habitudes alimentaires, pratiques d'hygiène bucco-dentaire), ce qui influe nécessairement sur l'incidence des taches blanches.

La Comparaison avec les pays voisins a révélé que notre incidence de 73,3% de lésions blanches (WSL), s'inscrit dans la même tendance que les études réalisées au Maroc 66,7% et en Égypte 71,4%, Une étude algérienne menée par Belhadj a évalué l'incidence des WSL dans un échantillon de 20 patients. Les résultats de cette dernière ont montré un taux de lésions blanches de 50% soulignant la variabilité des résultats au sein même de la population, ce qui est probablement en relation avec les caractéristiques de l'échantillon et la nature de l'étude qui est un essai clinique^(121,234,237,240).

En revanche, les résultats réalisés en Tunisie 29% sont notablement inférieurs. Cette disparité pourrait s'expliquer par des différences méthodologiques, une taille d'échantillon réduite (47 patients) ou par le fait que l'évaluation des lésions a été réalisée à 9 mois du traitement, ce qui pourrait sous-estimer l'incidence réelle⁽²⁴⁰⁾.

Concernant les études européennes et asiatiques, nos résultats montrent une incidence élevée des WSL (73,3%), en accord avec certaines études internationales, notamment celles de Richter 72.9%, Sagarika 75%, Banks et Richmond 75%^(12,23,246).

Cependant, cette incidence varie considérablement selon les régions géographiques et les populations étudiées :

L'incidence des lésions blanches (WSL) en Europe présente une grande variabilité. En Allemagne, Heining a rapporté une prévalence de 85,71% en 2008, un chiffre supérieur à celui que nous avons observé. Cette différence pourrait s'expliquer par la taille d'échantillon relativement réduite de son étude (40 patients). En effet, d'autres études menées en Allemagne, ont montré des prévalences plus faibles et une tendance à la baisse au fil du temps (60,9% en 2011 et 28,1% en 2021)^(231,247).

Les résultats obtenus dans les pays scandinaves présentent une variabilité importante de l'incidence des WSL, s'étendant de 25,7% à 60%. Il est à noter que les méthodes de notation et d'évaluation utilisées dans ces études diffèrent de celles employées dans notre propre recherche. Au Royaume-Uni, les études de Banks et Richmond ont rapporté une incidence de 75%, comparable à nos résultats. En Écosse, Khalaf a trouvé une incidence de 42% dans un échantillon de 45 patients^(89,229,232).

En Asie, les études menées en Chine, en Turquie et en Inde ont rapporté des incidences de taches blanches (WSL) supérieures à 50%, atteignant parfois 80%. Aux États-Unis, la fourchette d'incidence est plus large, s'étendant de 17,7% à 72,9%. En conclusion, les résultats de notre étude révèlent une incidence élevée de taches blanches (WSL) chez les adolescents âgés de 12 à 17 ans. Cette incidence accrue peut être expliquée par plusieurs facteurs^(12,23,176,238,243,248).

L'âge adolescent, défini par l'organisation mondiale de la santé (OMS) comme la période de la vie qui s'étend de 10 à 19 ans, est une période de croissance et de développement humain intense, où les jeunes acquièrent leur autonomie et construisent leur identité. Il s'agit également d'une période critique caractérisée par des fluctuations hormonales et un développement psychologique intense, ce qui peut influencer les comportements liés à l'hygiène bucco-dentaire. En réalité, la motivation à maintenir une bonne hygiène orale peut être variable chez les adolescents, en raison notamment de préoccupations esthétiques plus importantes et d'une moindre conscience des risques pour la santé bucco-dentaire à long terme.

En outre, les adolescents sont parmi les plus grands consommateurs de boissons sucrées et gazeuses généralement perçues comme étant plus savoureuses et disponibles, en effet ils ne sont pas toujours conscients des effets néfastes d'une consommation excessive de sucre, car souvent influencés par leurs amis et par la publicité pour adopter des habitudes alimentaires peu saines.

Le deuxième facteur argumentant l'importance de l'incidence des WSL dans notre échantillon est bien la nature de l'émail et sa maturation. Tel que mentionné antérieurement, après l'éruption dentaire l'émail continue de se minéraliser grâce à des échanges ioniques avec l'environnement buccal. Cette maturation entraîne une diminution de la solubilité et de la perméabilité de l'émail, renforçant ainsi sa résistance naturelle à la carie. Cet effet protecteur est notamment lié à l'incorporation de fluorures dans la structure cristalline. Cela souligne que l'émail des dents, récemment éruptives, est moins minéralisé et donc plus vulnérable aux attaques acides. Cette fragilité, associée à une hygiène bucco-dentaire inadéquate, favorise l'apparition de lésions carieuses initiales.

Ces observations sont en accord avec les travaux de Mitchell, Kudirkaite et Kukleva, qui ont souligné le risque accru de déminéralisation chez les adolescents, en particulier chez les plus jeunes. Ces auteurs ont mis en évidence la relation entre l'âge, la maturité de l'émail et la coopération du patient^(41,249,250).

Enfin, les caractéristiques de notre échantillon, telles qu'un manque d'adhésion aux mesures d'hygiène recommandées, une consommation élevée de sucre et de boissons gazeuses, renforcent l'hypothèse d'une relation entre les comportements liés à l'hygiène bucco-dentaire et l'incidence des WSL, (voir partie : étude descriptive de l'échantillon).

Notre étude a également montré que 22,7% des dents examinées présentaient des taches blanches (WSL), soit 604 dents touchées sur un total de 2658 dents. Ces résultats sont en accord avec les données de la littérature scientifique, qui rapportent une incidence des WSL variant entre 6,7% et 31,4%. Nos résultats se rapprochent particulièrement de ceux de Lovrov, qui a observé une incidence de 24,9%⁽²³⁰⁾. (Tableau LXX).

Tableau LXX : Incidence des dents touchées par les WSL

Auteurs	Échantillon	Incidence des dents touchées par les WSL
Sigurd et al. ⁽²³²⁾		6.7%
Julien et al. ⁽²³³⁾		7.53%
Zadeh et al. ⁽²⁵¹⁾	267 dents	8.7%
Gorelick et al. ⁽¹⁰⁾		10.8%
Benkaddour et al. ⁽²³⁴⁾		12.26%
Salerno et al. ⁽²⁴⁵⁾		15%
Enaia et al. ⁽²³¹⁾		19.7%
Lovrov , et al. ⁽²³⁰⁾	1414 dents	24.9%
Zarif Najafi. ⁽²⁵²⁾		31.4%
Notre étude		22.7%

La présente étude a révélé que les dents antérieures supérieures sont les plus atteintes par les WSL : les incisives latérales (49.6%) suivies des incisives centrales supérieures (36.3%) puis les canines supérieures (31.1%).

Les incisives centrales inférieures sont les dents les moins touchées avec un taux de 5.9% et 3.7%. Des résultats similaires ont été trouvés par plusieurs chercheurs précédents qui ont réalisé une enquête similaire basée sur les mêmes méthodes.

Gorelick , Julien, Chapman, Halder et Enaia ont rapporté que les incisives latérales maxillaires sont les dents les plus affectées^(10,24,25,231,232).

Toti et al. ont trouvé que les incisives centrales sont les dents les plus touchées après les molaires⁽²⁵³⁾.

Khalaf, Øgaard , Boersma, Erbe et, ont trouvé que les canines maxillaires forment les dents les plus atteintes par les WSL^(8,20,21,247).

Cependant, certaines études ont rapporté des résultats différents marquant plus de WSL au niveau des prémolaires maxillaires. Seul Tufekci n'a constaté aucune différence dans l'incidence des taches blanches entre les différents types de dents^(230,234,254).

Quant à la mandibule, les études confirment nos résultats constatant que les canines inférieures sont les plus touchées suivies par les prémolaires. Les incisives centrales inférieures sont généralement les dents les moins affectées par les WSL, selon la plupart des études⁽²⁵⁵⁾.

Nos résultats peuvent être expliqués par la courte distance entre le bracket et la gencive, en particulier sur les incisives latérales, rendant l'hygiène buccale difficile. De plus, il a été démontré que le pH de la plaque dentaire sur les incisives supérieures est plus faible que dans d'autres régions de la dentition. La faiblesse du pH dans la région antérieure supérieure a été mise en relation avec le faiblesse du débit salivaire et la lenteur de l'élimination salivaire dans cette zone, ce qui permet une rétention prolongée des sucres et des acides dans la plaque dentaire, réduisant ainsi le pH et provoquant une perte rapide de fluorure^(173,174).

Le schéma de distribution des WSL observé dans les dents maxillaires et mandibulaires est probablement lié à une exposition différentielle à la salive, notamment au niveau des dents du haut, ou bien aux mauvaises techniques de brossage qui favorisent l'accumulation de plaque dentaire.

L'analyse de nos données a révélé une localisation préférentielle des WSL au niveau des zones cervicales (54.1%) suivie des surfaces mésiales (52.6%), distales (46.7%) puis les surfaces occlusales (34.1%).

Cela corrobore les résultats trouvés dans seulement deux études de la littérature, car la localisation précise des WSL et leurs étendues sur les surfaces dans différents groupes dentaires n'ont pas été fréquemment abordées. Selon Khalaf la surface la plus souvent enregistrée est la marge gingivale, situé sur le tiers cervical, il s'agit d'une zone commune pour la croissance bactérienne car généralement manquée pendant le brossage, ce qui peut être exacerbé par la présence d'un support orthodontique fixé conduisant à une accumulation bactérienne et formation de WSL. De plus l'étude d'Anna Akkus portant sur les variations intra et inter individuelles de minéralisation de l'émail sain a conclu que la minéralisation varie le long de l'axe occlusal à l'axe cervical chez certains individus et que l'émail cervical est la partie la moins minéralisée de la dent.

Samawi a étudié, dans son enquête observationnelle rétrospective, l'emplacement et l'étendue des WSL par l'analyse d'image informatisée, ses résultats ont révélé que le quadrant disto-gingival des incisives latérales supérieures était particulièrement le plus affecté^(89,256,257).

Rappelons que dans la présente étude nous avons utilisé l'indice le plus fréquemment employé dans la recherche pour évaluer les lésions carieuses initiales au niveau des faces vestibulaires des dents, il s'agit de l'indice modifié par Gorelick, basé sur un score de gravité. Il permet de classer les lésions en quatre catégories :

Score 0 : Absence de toute tache blanche, d'altération de surface ou de déminéralisation.

Score 1 : Présence d'une White Spot Lesion (WSL) couvrant moins d'un tiers de la surface, sans perte de substance.

Score 2 : WSL couvrant plus d'un tiers de la surface, avec une rugosité tactile mais sans cavité nécessitant une restauration.

Score 3 : Présence d'une cavité visible, indiquant une déminéralisation avancée requérant une intervention restauratrice.

Nous avons démontré un pourcentage peu important du score 3 (lésion cavitaire) égale à 5,19% représenté par 09 Dents dont 05 incisives supérieures. Le score 1 était le plus répandu dans notre échantillon avec une incidence de 72,59% suivie par le score 2 (lésions sévères) 22,22%.

Ces résultats dépassent légèrement ceux trouvés par Gorelick rapportant que les lésions cavitaires n'ont intéressé que 7 dents majoritairement maxillaires antérieures. Également Benkadour a montré que la grande majorité présente des lésions légères, alors que 19 patients présentent les scores 3 et 2 avec juste 3 dents qui présentent des lésions cavitaires^(10,234).

Même résultats trouvés par Richter révélant 8 patients présentant des lésions cavitaires soit 2.3% des patients présentant les WSL. Lovrov rapportant un pourcentage de 23.6% de lésions légères suivies de 2.8% sévères et 0.1% cavitaires, Akin a démontré 5% de lésions cavitaires, 25% de lésions sévères et 35% de lésions légères le reste du pourcentage est représenté par le score 0^(23, 230,248).

Quant à Enaia dans les 129 patients présentant des WSL 63.3% sont légères, 26.9% sévères et 9.9% cavitaires⁽²³¹⁾.

Les méthodes de calcul des fréquences des scores WSL varient considérablement d'une étude à l'autre. Certains chercheurs comptent simplement le nombre de dents affectées par chaque niveau de sévérité, tandis que d'autres préfèrent exprimer ces résultats en pourcentage, soit par rapport au nombre total de dents, soit par rapport au nombre total de patients. Cette hétérogénéité méthodologique complique la comparaison directe des résultats entre différentes études. Néanmoins, un consensus se dégage autour de l'importance particulière des lésions légères par rapport aux lésions sévères et cavitaires.

Il est à signaler que l'évaluation des WSL dans notre échantillon était à 12 mois du traitement orthodontique, malgré cette courte durée, relativement à d'autres études, on a remarqué la survenue des lésions cavitaires ce qui est probablement lié à une mauvaise hygiène bucco-dentaire de ces patients. La survenue de lésions cavitaires un an après le début du traitement orthodontique souligne la nécessité d'explorer de nouvelles stratégies pour réduire la durée globale du traitement. Il est impératif de trouver des compromis afin d'accélérer le processus tout en garantissant la santé bucco-dentaire des patients. Cela passe notamment par une meilleure évaluation initiale des besoins de chaque patient, par le choix de techniques orthodontiques efficaces et par un suivi régulier de l'évolution du traitement. Ou encore par une collaboration renforcée entre orthodontistes et hygiénistes dentaires.

Notre travail n'a pas permis d'établir une relation statistiquement significative entre l'âge et la survenue des WSL ($p=0,14$). Corroborant celle de Benkadour qui, malgré avoir signalé une proportion plus élevée de WSL chez les patients de moins de 20 ans, la différence n'était pas statistiquement significative ($p=0,83$)⁽²³⁴⁾.

Également dans l'étude de Khalaf, les adolescents étaient deux fois plus susceptibles de développer des WSL que les patients adultes, mais les différences entre les 2 groupes d'âge

n'étaient pas statistiquement significatives. Une découverte qui a également été rapportée par Chapman et al et Salerno dans sa méta analyse^(25,89,245).

Sagarika et al. à leur tour ont indiqué que l'âge du patient ne joue pas de rôle dans l'incidence des WSL⁽¹²⁾.

Cependant Akin et al, ont constaté que l'âge au début du traitement était un facteur significatif dans le développement des WSL. D'autre part, les résultats de Kukleva soulignent une association statistiquement significative entre l'âge et le risque de déminéralisation liée aux brackets. En effet, 51,61% des adolescents ont présenté des lésions, contre seulement 6,92% chez les jeunes adultes, indiquant un risque relatif de 7,45^(9,41).

Richter a démontré qu'à mesure que l'âge augmentait, le développement du WSL avait tendance à diminuer de 0,59 lésions par groupe ($p = 0,03$). Cette information est un facteur important et pertinent pour les orthodontistes qui décident à quel âge initier le traitement⁽²³⁾.

Ces résultats peuvent être attribués à un meilleur entretien de l'hygiène bucco-dentaire chez les patients adultes que chez les adolescents, ainsi qu'à l'augmentation de la résistance des tissus dentaires à la carie^(249,250,258).

L'absence de corrélation significative entre l'âge et la présence de WSL dans notre étude peut s'expliquer par l'homogénéité de la tranche d'âge des participants, tous étant des adolescents. L'absence d'un groupe témoin adulte ne nous permet pas d'évaluer l'impact de l'âge sur la survenue de ces lésions.

Par ailleurs les résultats des études scientifiques convergent vers une même conclusion : l'émail des adolescents, par sa composition, contient une proportion plus élevée d'eau et de matières organiques, ce qui le rend plus poreux et moins minéralisé est plus sensible aux attaques acides et donc plus susceptible de se déminéraliser. D'autre part, il met en moyenne environ 3 ans pour atteindre sa maturité complète après l'éruption de la dent. Cette période de maturation est cruciale car c'est durant cette phase que l'émail acquiert sa dureté et sa résistance maximales, le rendant moins vulnérable aux attaques acides et aux bactéries responsables des déminéralisations. Compte tenu de ce constat, nous pouvons par extrapolation prôner la prudence pour les traitements orthodontiques d'adolescents, les orthodontistes doivent être particulièrement vigilants, et mettent en place des mesures de prévention rigoureuses, ou encore d'adapter les protocoles de traitement orthodontique chez cette population par exemple en choisissant des appareils moins rétentifs de plaque dentaire ou en utilisant des matériaux relarguant le fluor, afin de minimiser les risques de taches blanches.

Bien que nos données suggèrent une légère incidence supérieure des lésions blanches chez les femmes (74,7%) par rapport aux hommes (70,4%), cette différence n'a pas atteint le seuil de significativité statistique ($p=0,60$), indiquant ainsi l'absence de lien entre le sexe et l'apparition de ces lésions dans notre échantillon. Ce qui correspond aux résultats d'Akin et al. Benkadour et al qui ont constaté que le sexe n'était pas un facteur significatif dans le développement des WSL. Également Mizrahi a rapporté qu'après un traitement orthodontique, il n'y avait toujours pas de différence entre les sexes en matière d'incidence^(9,84,234).

Nos résultats confirment encore ceux de Toti et Gorelick, qui ont constaté que l'incidence était de 44 % pour les garçons et de 54 % pour les filles^(10,253).

Sagarika et al. ont aussi exclu le rôle des préjugés sexistes dans le processus de déminéralisation de l'émail ($p=0,551$)⁽¹²⁾.

Cependant nos résultats diffèrent de ceux de Khalaf qui a observé que les hommes avaient une incidence significativement plus élevée (près de 3 fois) de WSL que les femmes⁽²⁵⁹⁾. Boersma et al. ont constaté que 40% des surfaces atteintes chez les hommes présentaient une déminéralisation, contre 22% chez les femmes. Julien et al. ont remarqué que le pourcentage de patients masculins qui ont développé des WSL pendant le traitement était plus élevé (25 %) que le pourcentage de patients féminins (22%). Tufekci et al. ont déclaré que parmi les sujets qui avaient au moins un WSL, 76% étaient des hommes. Lucchese et al. ont découvert que 55 % des patients qui avaient au moins un WSL visible étaient des hommes et 44 % étaient des femmes. Enaia et al. ont constaté que les patients masculins ont tendance à développer une WSL plus sévère que les patientes. Cette différence entre les sexes peut être attribuée aux meilleures normes d'hygiène bucco-dentaire couramment signalées chez les femmes que chez les hommes^(21,22,24,231,260-262).

En dépit des pratiques d'hygiène bucco-dentaire plus rigoureuses généralement rapportées chez les femmes, notre étude a révélé une incidence élevée de taches blanches (WSL) chez le sexe féminin. Ce résultat pourrait s'expliquer par la surreprésentation des femmes dans notre échantillon (sex-ratio = 0,48), Ce déséquilibre pourrait biaiser nos conclusions.

L'analyse bivariée n'a pas mis en évidence de relation statistiquement significative entre le statut socio-économique et l'incidence des WSL ($p = 0,94$). Cette absence de lien est observée suite à une incidence élevée et similaire des WSL dans tous les groupes socio-économiques.

Bien que le statut socio-économique et la pratique privée par rapport au milieu universitaire pourraient également contribuer aux différences dans l'incidence des WSL, nous n'avons pas trouvé beaucoup d'études antérieures qui s'étaient penchées sur cette relation^(9,23,200).

Nos résultats correspondent à l'étude de Jiang et Al Maaitah, ainsi qu'à l'étude de Boersma et al qui ont reliés leur résultat à la faible différence entre les niveaux de vie et de la santé entre les personnes de milieux socioéconomiques différents aux Pays bas^(248,263).

Les résultats de cette étude doivent être interprétés à la lumière de ses limites. Le caractère monocentrique de la recherche et la faible diversité socio économique de l'échantillon, principalement constitué de classes moyennes, pourraient limiter la généralisabilité des résultats à d'autres populations. Des études multicentriques incluant une plus grande diversité socio économique seraient nécessaires pour confirmer ces résultats.

Malgré l'adoption d'une hygiène buccale moyenne avant le début du traitement orthodontique, une proportion notable de patients continue de présenter des taches blanches (WSL). Cette observation met en lumière la complexité de l'étiologie des WSL, qui ne se limite pas uniquement à une hygiène buccale défailante. L'hétérogénéité de l'échantillon,

caractérisé par une prédominance d'individus ayant une hygiène buccale moyenne, pourrait masquer une éventuelle relation entre la variable étudiée.

Il est important de souligner que l'émergence de WSL chez certains patients malgré une hygiène correcte avant le traitement, ne remet pas en cause l'importance d'une bonne hygiène buccale durant le traitement dans la prévention de ces lésions. En effet, une hygiène rigoureuse durant le traitement demeure un élément crucial pour limiter le développement des WSL et maintenir une santé bucco-dentaire optimale.

A l'inverse de l'observation faite pour l'état de l'hygiène avant le traitement, l'analyse multi variée par régression logistique a mis en évidence une relation statistiquement significative entre l'incidence des WSL et l'état d'hygiène à 12 mois du traitement.

Cette constatation rejoint les résultats d'un nombre important d'études, qui avaient utilisé différentes méthodes pour évaluer le niveau d'hygiène et qui ont toutes mis en évidence une association positive entre une hygiène buccale inadéquate et l'incidence des WSL (Tableau LXXI) ^(21,25,89,129,200,230,234,243,245,247,253).

Tableau LXXI : Association de l'état d'hygiène bucco-dentaire et le développement des WSL selon les études précédentes

Auteurs	État d'hygiène bucco-dentaire
Akin et al. 2013 ⁽²⁶⁴⁾	p < 0.05
Toti et al. 2022 ⁽²⁵³⁾	p < 0.05
Sundararaj et al. 2015 ⁽²⁰⁰⁾	p < 0.05
Gonder et al. 2022 ⁽²⁴³⁾	p < 0.05
boersma et al.2005 ⁽²¹⁾	p < 0.05
Erbe et al. 2021 ⁽²⁴⁷⁾	p < 0.05
Salerno et al. 2024 ⁽²⁴⁵⁾	p < 0.05
Al Maaitah et al. 2009 ⁽²⁶³⁾	p < 0.05
Khalaf et al. 2014 ⁽⁸⁹⁾	p < 0.001
Lovrov et al. 2007 ⁽²³⁰⁾	p < 0.05
Chapman et al.2010 ⁽²⁵⁾	p < 0.05
Benkadour et al. 2014 ⁽²³⁴⁾	p < 0.05
Hammad et al. 2016 ⁽²³⁷⁾	p=0,03

Julien et al. 2013 ⁽²⁴⁾	p=0,001
Richter et al.2011 ⁽²³⁾	p=0,50
Enaia et al. 2011 ⁽²³¹⁾	p > 0,05
Sharab et al. 2023 ⁽²⁶⁵⁾	p >0,05
Notre étude 2024	p=0,03

La relation entre une bonne hygiène bucco-dentaire et un faible risque de WSL, que nous avons mise en évidence, est corroborée par les travaux de Hammad (p=0.035). De plus, Julien, sur un échantillon considérablement plus vaste (885 patients), a obtenu des résultats convergents. Ces résultats sont toutefois en contradiction avec ceux de Richter, Enaia et Lina Sharab, qui n'ont pas trouvé d'association significative^(23,231,233,237,266).

Nous avons marqué une incidence élevée (80.3%) de taches blanches chez les patients qui se brossent deux fois par jour contre 74.4%, chez les patients qui se brossent trois fois par jour et 53.8% chez les patients qui se brossent une seule fois par jour

La comparaison entre les trois groupes a montré des différences significatives (p = 0,035). Cependant, en ce qui concerne la comparaison par paires, il n'y avait aucune différence statistiquement significative p \geq 0,05. Notre étude n'a également rapporté aucune association statistiquement significative entre les WSL et la durée de brossage, cela ne correspond pas aux résultats de la littérature, Toti, dans son étude de la répartition des lésions de WSL a démontré que la fréquence plus élevée de brossage quotidien des dents a été associée à un nombre plus faible de lésions observées, même relation établie par Salerno dans sa méta-analyse^(245,253).

Lovrov et Jiang et al ont remarqué que l'augmentation moins prononcée de l'incidence des WSL pendant le traitement était corrélée à une fréquence du brossage des dents plus élevée. Kühnisch et al. ont recommandé que l'élimination du biofilm dentaire deux fois par jour par un brossage des dents avec des dentifrices contenant des fluorures préviennent l'apparition de nouvelles lésions carieuses. Une étude in vitro a fourni les premières preuves que la fréquence du brossage peut inhiber profondément l'adhésion des micro-organismes de la cavité buccale sur les élastiques orthodontiques. Selon Franks les niveaux de WSL et de plaque dentaire peuvent être corrélés négativement avec l'augmentation de la durée et de la fréquence du brossage^(230,248,267-269).

En effet, on s'attendrait intuitivement à ce que l'augmentation de la fréquence de brossage des dents réduise l'incidence des taches blanches, en raison d'une meilleure élimination de la plaque dentaire et des débris alimentaires qui peuvent favoriser leur apparition. Ce résultat inattendu peut être expliqué :

Par un biais de sélection, il est possible que les patients se brossant les dents deux fois par jour aient des caractéristiques spécifiques (alimentation, traitements en cours, etc.) qui les prédisposent davantage aux taches blanches indépendamment de la fréquence de brossage.

Ou par des facteurs confondants tels que :

- L'utilisation de produits spécifiques (dentifrice, bain de bouche) pourrait moduler l'effet de la fréquence de brossage.
- Une mauvaise technique de brossage, même répétée, peut être insuffisante pour éviter l'apparition de taches.
- La réponse individuelle aux agressions peut varier considérablement, certains individus peuvent être plus sensibles à l'apparition de taches blanches, indépendamment de leurs habitudes d'hygiène.

Il est également probable que les adolescents inclus dans notre étude, aient tendance à surévaluer la fréquence à laquelle ils se brossent les dents, par désir de conformité ou par simple oubli. Ce biais de rappel fréquent dans les enquêtes rend plus difficile l'établissement d'un lien de causalité entre la fréquence de brossage et l'apparition des taches blanches, car les données sur la fréquence sont potentiellement biaisées.

Pour atténuer ce biais, des méthodes objectives doivent être suivies, par exemple l'utilisation des journaux d'auto-surveillance pour la précision des données sur la fréquence de brossage.

Les appareils orthodontiques peuvent rendre le nettoyage des espaces interdentaires plus difficile, ce qui peut favoriser l'accumulation de plaques bactériennes et le développement de caries. Les adjuvants au brossage, à savoir les bâtonnets et les brossettes inter dentaire ainsi que le fil dentaire, permettent d'éliminer efficacement la plaque dans ces zones d'accès difficiles, contribuant ainsi à maintenir une bonne hygiène bucco-dentaire et à réduire le risque de WSL.

Cependant notre analyse n'a pas permis de mettre en évidence un effet statistiquement significatif des adjuvants de brossage sur la réduction de l'incidence des WSL, ce qui corrobore les résultats de Hadler ⁽²³²⁾ ne relatant pas de relation statistiquement significative entre l'augmentation de la WSL et l'observance du régime d'hygiène bucco-dentaire partiellement basée dans son étude sur l'utilisation des brosse inter-dentaire ($p= 0,155$).

Nos résultats semblent contrastés avec les analyses de Lovrov, Chapman et Enaia qui révèlent une corrélation positive significative entre l'utilisation régulière de moyens de nettoyage inter dentaires (brosses et fil dentaire) et une réduction de l'incidence des lésions carieuses ^(25,230,231).

La sous-représentation des utilisateurs d'adjuvants de brossage dans notre échantillon limite la puissance statistique de notre analyse et pourrait expliquer l'absence de résultat significatif.

L'utilisation de suppléments de fluorure et d'agents antiseptiques, représentée dans notre enquête par l'utilisation de bain de bouche fluoré et antiseptique, ne présentait pas de relation statistique significative avec l'incidence des WSL ($p = 0,32$ et $0,24$ respectivement).

Ces résultats semblent contradictoires avec ceux d'études antérieures qui ont rapporté une réduction significative des taches blanches grâce à la supplémentation en fluorure, notamment dans le cadre de traitements orthodontiques. Par exemple, Khalaf a constaté une différence statistiquement significative ($p < 0,001$) dans l'apparition des WSL entre les patients ayant ou non utilisé des suppléments de fluorure. Il a démontré que les patients qui n'ont jamais utilisé de suppléments de fluorure étaient 5,47 fois plus susceptibles de former des WSL que ceux qui avaient régulièrement des suppléments de fluorure pendant le traitement orthodontique. De même, Javad Karazifad dans son étude expérimentale a montré que l'utilisation de bains de bouche fluorés réduisait significativement la déminéralisation de l'émail indiquée dans son étude par la libération de calcium. Une méta-analyse de Chadwick a également conclu à une réduction significative de la décalcification chez les sujets utilisant des préparations fluorées^(89,270).

D'autres études, ont confirmé l'efficacité des bains de bouche fluorés dans la prévention des lésions carieuses liées aux traitements orthodontiques. Cependant, ces études soulignent l'importance de l'observance du patient, qui peut varier considérablement^(200,232,271,272).

Les résultats de Sonesson et Ravikiran vont dans le même sens, montrant une réduction significative ($p=0,042$) ($p=0,006$) des WSL chez les patients utilisant des bains de bouche fluorés. D'après l'essai clinique contrôlé de Kaaij les participants utilisant le placebo ont développé 2,6 fois plus de WSL au cours de la période d'étude par rapport aux participants qui utilisaient un rinçage quotidien au fluorure^(236,241,250).

Cependant les autres études menées, n'ont pas permis d'établir d'association significative entre les sources de fluorure examinées et le développement de nouvelles lésions, en outre Sagarika et al. ont constaté de manière surprenante un taux élevé de WSL chez les sujets ayant utilisé un rince-bouche au fluorure de phosphate acidulé à 0,05^(12,23,243).

Nos résultats semblent donc s'opposer à la majorité de la littérature scientifique. Cette divergence pourrait s'expliquer par plusieurs facteurs, notamment les biais liés à la mesure de l'exposition au fluorure en limitant les réponses à oui / non, alors qu'en raison du large laps de temps couvert, la régularité et la fréquence d'utilisation du fluorure devaient être déterminées, également la conformité du patient à l'utilisation de fluorure, l'imprécision de l'auto-déclaration et le non-respect des protocoles de rinçage. Ces limitations méthodologiques pourraient avoir réduit la puissance de notre étude et masquer un éventuel effet bénéfique du fluorure.

Bien que certaines études, aient suggéré un effet bénéfique de la chlorhexidine dans la prévention des lésions blanches associées aux traitements orthodontiques, les résultats de la littérature scientifique restent mitigés. Une récente méta-analyse a d'ailleurs souligné le manque de preuves solides en faveur de l'efficacité globale des agents antiseptiques. Nos

propres résultats, limités par l'auto-déclaration, ainsi que les facteurs cités ci-dessus, ne permettent pas de tirer de conclusions définitives quant à leur impact⁽²⁷³⁻²⁷⁵⁾.

Les résultats de Park, montrant la persistance des lésions blanches malgré l'utilisation d'antiseptiques, viennent renforcer l'idée que l'efficacité de ces produits est complexe et dépend de nombreux facteurs⁽²⁷⁶⁾.

D'après nos résultats, l'habitude de grignotage semble augmenter le risque de développer des taches blanches (WSL) chez les patients orthodontiques. En effet, parmi les patients présentant des WSL, on observe que ceux qui grignotent sont 8 fois plus nombreux que ceux qui ne grignotent pas.

Cependant, il est important de souligner que cette différence d'incidence n'atteint pas un seuil de signification statistique. En d'autres termes, les données recueillies ne permettent pas de conclure avec certitude que le grignotage augmente effectivement le risque de WSL. Selon Fontana, le grignotage seul est un indicateur inadéquat du risque de WSL. Par exemple, un patient peut grignoter plusieurs fois par jour, puis se brosser les dents immédiatement après, ce qui minimiserait son impact seul sur le risque de WSL. Par conséquent, d'autres facteurs de risque doivent également être pris en compte, tels que l'évaluation du schéma et de la fréquence de consommation des aliments sucrés d'un patient et sa relation avec les habitudes d'hygiène buccale au fil du temps⁽¹⁰³⁾.

D'après les données de la littérature, le régime alimentaire contribue fortement au développement des WSL, une mauvaise alimentation riche en sucre augmentant l'activité de la plaque bactérienne, ainsi que le risque de formation de WSL. Il est également complexe à étudier, en raison des différents régimes alimentaires et de la variété des aliments disponibles, par conséquent, seules les consommations des aliments sucrés, des boissons gazeuses et de jus de fruits ont été étudiées⁽²⁷⁷⁾.

Nous avons mis en évidence une relation positive entre ces consommations et l'incidence des WSL, mais elle n'était statistiquement significative que pour les boissons gazeuses et les jus de fruits $p=0,03$, confirmant ainsi les travaux montrant que les individus consommant des boissons gazeuses/jus de fruits et des aliments sucrés de manière fréquente (3 à 4 fois par semaine ou plus) présentaient un risque significativement plus élevé de développer des WSL ($p < 0,005$)⁽⁸⁾.

Contrairement à la consommation de boissons gazeuses, qui ne présentait pas de lien clair avec l'apparition des WSL, l'étude de Jiang et al. a montré que les aliments sucrés étaient un facteur de risque significatif pour le développement de ces lésions $p=0,021$ ⁽²⁴⁸⁾.

Dans l'étude de Franks, l'augmentation de la fréquence de la consommation de boissons gazeuses avait une légère corrélation non significative avec l'incidence des WSL⁽²⁶⁸⁾.

Irlande a démontré que les boissons gazeuses adhèrent plus facilement et plus longtemps à l'émail que la salive, permettant ainsi l'accumulation et la croissance de la plaque et le métabolisme du sucre entraînant une décalcification de l'émail⁽²⁷⁸⁾.

Notre enquête présente certaines limites qui nuancent ses conclusions. Tout d'abord, la méthode d'évaluation de la consommation des aliments sucrés repose sur la déclaration des participants, ce qui peut fausser les résultats en raison d'une sous-estimation ou d'une surestimation de la consommation réelle. De plus, l'étude ne prend pas en compte le facteur temporel, c'est-à-dire le moment de la journée où les aliments sucrés sont consommés, alors que ce facteur est crucial pour évaluer l'exposition des dents aux sucres. Il est donc nécessaire d'interpréter les résultats de notre étude avec prudence et de mener de nouvelles recherches utilisant des méthodes d'évaluation plus objectives et prenant en compte le facteur temporel pour mieux comprendre la relation entre la consommation des aliments sucrés et le développement des WSL .

Notre étude a révélé une association statistiquement significative entre un indice CAOD élevé (nombre de dents cariées, absentes ou obturées) avant le traitement orthodontique ($p=0,002$), pendant le traitement orthodontique ($p= 0,0001$), et l'apparition de taches blanches sur l'émail (WSL). L'analyse multi variée par régression logistique a montré que l'aggravation de l'indice CAOD était associée à un risque sept fois plus élevé de développer de nouvelles WSL, corroborant ainsi plusieurs études, qui ont mis en évidence une corrélation significative entre l'indice CAOD et l'incidence de WSL pendant le traitement orthodontique. Pour Ganss les patients qui avaient déjà une expérience de la carie au début du traitement orthodontique étaient, plus de deux fois, susceptibles de développer une WSL que ceux qui n'en avaient pas, ce qui identifie ces personnes comme un groupe à risque WSL avec un besoin particulier de soins, mais aussi un besoin accru de conseil^(23,25,244,263,267).

Cependant, nos résultats contredisent ceux de Belhadj, qui n'a pas trouvé de relation significative entre ces deux variables $p=0,62$. De manière surprenante, Lovrov n'a pas non plus observé d'augmentation de l'incidence de WSL chez les patients présentant un indice CAOD élevé, cela est probablement lié à la taille relativement réduite de leurs échantillons (20 patients pour Belhadj , 53 patients pour Lovrov)^(121,230) .

Bien que l'on puisse s'attendre à ce que le nombre de rendez-vous ratés soit lié à une augmentation des taches blanches (WSL), en raison d'une hygiène bucco-dentaire moins surveillée, notre étude n'a pas mis en évidence une telle association de manière statistiquement significative ($p=0,09$). Ces résultats contrastent avec ceux de Chapman et al. qui ont trouvé une corrélation positive significative entre l'assiduité aux rendez-vous et l'incidence des WSL ($p= 0,0001$) avec un odds ratio de 1.14. L'étude de Burnheimer et al. sur l'impact de la pandémie de COVID-19 a d'ailleurs souligné l'importance des visites régulières en orthodontie pour prévenir les WSL, puisque la fermeture des cliniques a été associée à une détérioration de l'état d'hygiène et une augmentation significative de l'incidence des taches blanches de 29,5% à 52,8%^(25,279).

L'absence de corrélation statistiquement significative entre les rendez-vous manqués et l'incidence des WSL pourrait être liée à la collecte et à la définition des données. Tout d'abord, l'hétérogénéité des pratiques d'enregistrement des absences sur les fiches cliniques introduit un risque de sous-estimation important. En effet, la fréquence et la rigueur avec lesquelles les absences sont consignées varient considérablement d'un patient à un autre, cela est potentiellement entraîné par des omissions.

Par ailleurs, la population étudiée, composée d'élèves scolarisés dans l'enseignement moyen et secondaire, est soumise à des contraintes temporelles liées aux périodes d'examen

et des cours de soutien. Ces contraintes incitent fréquemment les patients à demander des reports de rendez-vous, qui peuvent s'étendre à plusieurs semaines (non disponibilité des RDV). Or, notre définition actuelle d'un rendez-vous manqué ne prend pas en compte ces reports, même lorsque ceux-ci sont motivés par des raisons légitimes et communiqués à l'avance. Cette définition restrictive pourrait masquer une réalité plus complexe, où les reports prolongés peuvent avoir un impact négatif sur l'adhérence aux mesures d'hygiène recommandées à chaque consultation.

Enfin, il convient de souligner que la notion même de "rendez-vous manqué" est relative et dépend de critères arbitraires (durée maximale d'un report avant de considérer le rendez-vous comme manqué). L'absence d'un consensus sur cette définition rend difficile la comparaison des résultats entre différentes études et peut fausser l'interprétation des données.

Les vernis fluorés sont reconnus pour leur efficacité dans la prévention des lésions carieuses^(280,281).

Il est important de noter que l'adhérence prolongée du vernis fluoré sur l'émail dentaire, associée à sa concentration élevée en fluor, favorise la reminéralisation et protège ainsi contre les attaques acides. Plusieurs études, notamment celles de Zarif, Sardana, Todd et d'autres, ainsi que les revues systématiques de Sharda, Höchli, Tasios, Grocholewicz, Chadwick et Lazar ont souligné l'intérêt de ce produit pour réduire l'incidence des taches blanches autour des brackets orthodontiques^(229,252,265,270,282-289).

Nos résultats ne semblent pas aller dans ce sens, la faible représentativité du groupe ayant reçu le vernis fluoré ne nous a pas permis de mettre en évidence une différence statistiquement significative en termes d'incidence des WSL. Cette observation converge de certains résultats de la littérature, notamment ceux de Kirschneck et al, Andruccioli et al, Rechmann et al. et Benson et al ,Perrini et al., qui n'ont pas mis en évidence de bénéfice supplémentaire significatif lié à l'utilisation de vernis fluorés (Tableau LXXII)⁽²⁹⁰⁻²⁹⁴⁾.

Tableau LXXII : Association de l'application du vernis fluoré et le développement des WSL selon les études précédentes et la présente étude

Étude	Application du vernis fluoré
Zarif et al. ⁽²⁵²⁾	Significative
Sardana al. ⁽²⁹⁵⁾	Significative
Todd al. ⁽²⁸²⁾	Significative
Stecksen-Blicks ⁽²²⁹⁾	Significative
Liptak al. ⁽²⁸³⁾	Significative
Shen et al. ⁽²⁸⁴⁾	Significative
Sharda al. ⁽²⁶⁵⁾	Significative

Höchli al. ⁽²⁸⁵⁾	Significative
Tasios al. ⁽²⁸⁶⁾	Significative
Grocholewicz al. ⁽²⁸⁷⁾	Significative
Chadwick al. ⁽²⁷⁰⁾	Significative
Lazar al. ⁽²⁸⁸⁾	Significative
Kirschneck et al. ⁽²⁹⁰⁾	Non Significant
Andrucioli et al. ⁽²⁹⁴⁾	Non Significant
Rechmann et al. ⁽²⁹¹⁾	Non Significant
Benson et al. ⁽²⁹²⁾	Non Significant
Perrini et al. ⁽²⁹³⁾	Non Significant
Notre étude	Non Significant

Notre étude met en lumière un recours très limité au vernis fluoré dans notre service. En effet, seuls 2 patients sur 135, soit 1,5%, ont bénéficié de cette application durant leur traitement orthodontique. Cette utilisation marginale est probablement liée à des contraintes budgétaires. Les vernis fluorés étant onéreux et peu disponibles en Algérie, leur application a été restreinte. Bien que la littérature recommande une fréquence d'application plus élevée (3 à 4 fois par an) , nous avons dû nous limiter à une utilisation occasionnelle de ce produit⁽²⁹⁶⁾.

En conclusion, l'utilisation très limitée du vernis fluoré dans notre service est un point d'attention important. Des actions d'organisation pourraient être envisagées pour promouvoir son utilisation et améliorer la prise en charge des patients avant et durant leur traitement orthodontique.

Nos résultats ont montré que l'incidence des taches blanches était légèrement supérieure après un mordantage à l'acide orthophosphorique par rapport à l'utilisation d'un adhésif automordant. Cependant, cette différence n'était pas statistiquement significative, ce qui corrobore les données de Visel et al, concluent que les deux techniques de collage, qu'elles utilisent un acide phosphorique ou un adhésif automordant, induisent une déminéralisation de l'émail et une perte de fluorescence de 54 à 74%, avec des conséquences esthétiques indésirables. Également ceux d'Ahmet Yagcia et al, ne présentant aucune différence entre le mordantage partiel et total à long terme pour la formation des WSL^(297,298).

En plus, notre étude suggère que la durée de préparation de l'émail n'a pas d'impact significatif sur l'apparition de WSL. Bien que ces résultats soient en ligne avec ceux d'Abufarwa et al. et Benson et al ,déterminant que le mordantage à l'acide pendant 15 secondes et 30 secondes n'augmente pas le risque de développer des lésions de taches

blanches pendant le traitement orthodontique, ils divergent de ceux de Knösel et al démontrant dans son étude *in vitro* qu'il y a un effet significatif sur la lésion, sa formation et sa progression avec des durées de mordançage supérieures à 15 secondes. Cette divergence est probablement liée à la taille de notre échantillon et le moyen d'évaluation des déminéralisations limités pour détecter des différences plus subtiles^(57,299,300).

Il est à noter que les études antérieures indiquant un effet néfaste du mordançage à l'acide orthophosphorique sur l'émail autour des brackets, n'ont pas utilisé les procédures de mordançage à l'acide généralement utilisées en orthodontie. Soit le temps était trop long (1 à 5 minutes),Kuhar, soit les concentrations d'acide phosphorique étaient trop élevées jusqu'à 50% Lehman et al.^(301,302).

La non concordance de nos résultats avec certaines études *in vitro* est lié probablement à la nature de notre étude *in vivo* qui est sous l'influence de la complexité de l'environnement de la cavité buccale et les nombreux facteurs qui diffèrent d'un individu à l'autre, notamment le type et la fréquence des habitudes alimentaires, le flux et la composition salivaire, et le contrôle de l'hygiène buccale. Les études *in vitro* fournissent des conditions standardisées et contrôlent la plupart des facteurs de confusion ; cependant, elles ne représentent pas nécessairement la cavité buccale réelle.

Plusieurs études y compris la nôtre ont comparé l'efficacité d'adhésifs libérant du fluor, tels que le CVIMAR, avec des composites conventionnels dans la prévention des taches blanches de l'émail chez les patients orthodontiques. Bien que certains résultats suggèrent une légère tendance à réduire l'apparition de ces taches avec les adhésifs au fluor, aucune différence statistiquement significative n'a été démontrée de manière constante. Ce qui va dans le même sens des études de Paschos, Comert et Alper, Tüfekçi et al, et d'autres. Qui ont toutes conclu qu'un adhésif libérant du fluor n'apportait pas d'avantage significatif en termes de prévention de la déminéralisation ou de réduction de la plaque dentaire comparé à un composite conventionnel^(22,57,302-305).

Cependant nos résultats ne sont pas en accord avec ceux de plusieurs études, notamment celles de Shungin et Eissaa ainsi que Nascimento incluant dans sa revue systématique quatre essais cliniques randomisés , qui ont tous montré une réduction significative des taches blanches avec l'utilisation d'adhésifs libérant du fluor^(112,156,306-310).

La dernière méta-analyse de R. Kamber remet en question l'efficacité des matériaux de collage libérant du fluorure dans la prévention des taches blanches de l'émail. Si certaines études, comme celles portant sur le CVIMAR, semblent indiquer un potentiel bénéfique, les preuves demeurent fragiles et ne permettent pas de tirer de conclusions définitives. L'absence d'une stratégie de prévention de référence souligne la nécessité de poursuivre les recherches dans ce domaine^(175,311).

Les divergences observées dans les résultats des études sur l'efficacité des adhésifs libérant du fluorure sont multifactorielles. La nature hétérogène des adhésifs utilisés, la diversité des protocoles expérimentaux (modèle de bouche divisée, étude de groupes homogènes), ainsi que les différentes méthodes d'évaluation de la déminéralisation et les durées de suivi constituent autant de biais méthodologiques susceptibles d'expliquer ces disparités.

Nos résultats, limités par le faible nombre de patients ayant bénéficié d'un collage de brackets avec du CVIMAR ne permettent pas de confirmer les résultats prometteurs rapportés dans certaines études.

En effet, le collage des brackets orthodontiques a été réalisé avec du composite conventionnel pour une écrasante majorité des patients, soit 97,8%. Seuls 3 patients, soit 2,2%, ont bénéficié de l'utilisation du CVIMAR. Ce constat met en évidence une prédominance quasi-totale du composite conventionnel dans la pratique actuelle du collage des brackets orthodontiques au sein de notre service.

À titre général, l'utilisation préférentielle du composite conventionnel par rapport au ciment verre ionomère renforcé par la résine (CVIMAR) s'explique par plusieurs facteurs : le collage au composite est une technique mature, moins coûteuse et plus maîtrisée. De plus, le temps de prise rapide des CVIMAR limite la précision de la pose des brackets.

Dans le cadre de notre étude, le choix du système adhésif a été dicté par les produits disponibles au sein de notre service.

Des études futures, avec des échantillons plus importants et des protocoles rigoureux, sont nécessaires pour mieux comprendre le rôle du système de collage dans la prévention des lésions blanches.

L'hypothèse selon laquelle les brackets autoligaturants réduiraient le risque de lésions carieuses en raison d'une meilleure hygiène a été largement étudiée. Cependant, nos résultats, ainsi que ceux de la majorité des études existantes, ne permettent pas d'établir un lien direct entre le type de ligature et l'apparition de taches blanches.

En effet, de nombreuses études, dont celles de Saengpue, Polat, Buck et Lazar, ont conclu à l'absence de différence significative entre les différents types de ligature en termes de formation de taches blanches. Ces résultats suggèrent que d'autres facteurs, tels que l'hygiène bucco-dentaire individuelle, jouent un rôle plus important dans l'apparition de ces lésions^(70,288,312,313).

Forsberg et al. ont émis l'hypothèse selon laquelle les anneaux élastomériques favoriseraient la prolifération bactérienne par rapport aux fils d'acier dans la plaque dentaire. Cette hypothèse a toutefois été infirmée par les résultats de l'étude de Buck, Pellegrini et al, qui ont employé une technique de mesure biochimique (l'ATP-métrie) pour quantifier de manière plus précise la biomasse bactérienne. Leurs résultats n'ont pas mis en évidence de différence significative entre les deux types de ligatures^(68,313,314).

Bien que quelques études, comme celle de Akin, aient suggéré un impact potentiel du type de bracket, ces résultats restent isolés et nécessitent d'être confirmés par de nouvelles recherches⁽³¹⁵⁾.

Au vu de l'ensemble des données disponibles, il apparaît que la formation de taches blanches est un phénomène multifactoriel, dépendant de nombreux paramètres et que le type de ligature ne semble pas être le facteur déterminant principal.

Notre étude a connu des limites qui ont influencé ces résultats à savoir

Taille de l'échantillon et la technique de l'échantillonnage :

Un échantillon est un sous-ensemble d'une population qui reflète fidèlement ses caractéristiques. Il est essentiel qu'il soit représentatif pour obtenir des résultats fiables et généralisables. Cela dépend de :

- **La taille :** L'échantillon doit être assez grand pour permettre une analyse statistique significative
- **La randomisation :** Chaque individu de la population doit avoir une chance égale d'être sélectionné. Cela permet d'éviter les biais de sélection.
- **L'hétérogénéité :** L'échantillon doit refléter la diversité de la population en termes de variables pertinentes (âge, sexe, origine ethnique, niveau socio-économique...).

Cependant, notre étude a été réalisée sur un échantillon de 135 patients orthodontiques, déterminé par un calcul d'échantillonnage basé sur l'incidence supposée des lésions (voir partie matériel et méthode). Ce choix a été contraint par la difficulté à constituer un échantillon multicentrique, en raison d'un faible taux de coopération des praticiens du secteur privé et d'une activité orthodontique limitée aux établissements publics. De plus, le recrutement opportun, dû au nombre restreint de patients répondant aux critères d'inclusion durant la période d'étude, peut limiter la représentativité de notre échantillon. Ces contraintes méthodologiques réduisent la puissance statistique de notre étude, notamment pour analyser les relations causales entre les facteurs de risque et les lésions.

Âge des patients :

Initialement, nous avons prévu de recruter des patients âgés de 12 à 25 ans, afin d'explorer l'hypothèse d'un risque accru de déminéralisation à un âge plus précoce (Kukleva, 2002)⁽⁴¹⁾. Cependant, en raison des caractéristiques des patients pris en charge dans notre service durant la période d'étude, dont l'âge maximal était de 17 ans, nous avons dû réajuster la tranche d'âge de notre échantillon. Ainsi, les participants à l'étude étaient âgés de 12 à 17 ans.

Statut socio-économique des patients

En raison de la réticence des parents à divulguer leurs revenus mensuels et du faible taux de réponse de leurs enfants concernant leur niveau d'instruction, nous avons décidé de ne retenir que le critère de la profession des deux parents pour l'évaluation du statut socio-économique.

Évaluation des facteurs contribuant à l'installation des WSL

Elle était dans certains cas basée sur des critères subjectifs, ce qui peut conduire à une variabilité importante dans les résultats. Pour pallier cette limite, il est préférable d'utiliser des indices cliniques standardisés, comme les indices de plaque de silness et loe et de saignement, afin d'obtenir une évaluation plus objective et reproductible de l'état d'hygiène bucco-dentaire.

À l'issue de notre discussion, la détermination d'un profil de risque de survenu des WSL s'impose. En premier lieu, il serait judicieux de rappeler qu'à cause de la nature multifactorielle des WSL, il n'existe pas d'approche unique en matière de détermination d'un profil spécifique. Grâce aux résultats obtenus dans notre recherche, et ceux des études précédentes qui se sont intéressées à cette complication nous pouvons établir deux groupes de patients : le premier à haut risque et le second à faible risque de développement de WSL.

- Le groupe à haut risque de développement de WSL
 - Des patients présentant un mauvais état d'hygiène buccale initial ou durant le traitement orthodontique
 - Des patients présentant une consommation importante des aliments sucrés et/ou des boissons acides et sucrées
 - Des patients présentant un indice CAOD initial et durant le traitement, élevé.
 - Des patients exposés à un mordançage excessif et/ou un temps de mordançage dépassant les 15 secondes
 - Des patients nécessitant un temps de traitement long
 - Des patients présentant des lésions précédentes
 - Des patients développant des lésions durant le traitement orthodontique
 - La période d'adolescence prédispose le patient à la survenue des WSL, étant donné qu'elle influence les deux premiers facteurs et à cause de la vulnérabilité de l'émail post éruptif face aux attaques acides
- Le groupe à faible risque de développement de WSL
 - Des patients présentant un bon état d'hygiène bucco-dentaire
 - Des patients présentant une consommation modérée des aliments sucrés et des boissons acides et sucrées

- Des patients présentant un indice CAOD faible ou nul
- Des patients exposés à un mordantage contrôlé et ne dépassant pas les 15 secondes
- Des patients nécessitant un temps de traitement court
- Des patients ne présentant pas de WSL précédentes

Si un patient présente deux facteurs ou plus de la catégorie à risque élevé, cette personne sera classée comme personnes à risque élevé. Également, si un patient développe une tache blanche durant le traitement, il sera automatiquement classé comme personnes à risque élevé, quelle que soit sa catégorie de risque initiale.

10.1. Stratégie thérapeutique : préventive et curative des taches blanches de l'émail

Au-delà de la constatation de l'incidence des taches blanches, notre recherche vise à identifier, évaluer et combattre les facteurs de risque, voire les causes, de la déminéralisation de l'émail durant le traitement orthodontique. Un de nos objectifs secondaires vise d'apporter des solutions concrètes, en particulier pour les facteurs statistiquement significatifs. Pour répondre à cet objectif, nous allons développer la stratégie de prévention et de prise en charge des WSL, ainsi que l'adaptation du traitement fixe multi-attache, afin d'éviter l'installation de cette complication.

10.1.1. Prévention des taches blanches de l'émail

Détermination du risque carieux individuel

Afin d'optimiser la prévention des taches blanches, il est recommandé de procéder à une analyse approfondie des facteurs de risque avant d'entamer un traitement orthodontique. Cette évaluation, menée lors du diagnostic orthodontique, doit non seulement prendre en compte les anomalies dento faciales, mais aussi évaluer la susceptibilité individuelle à la carie. Pour cela l'orthodontiste doit déterminer le risque carieux individuel de son patient avant la prise en charge orthodontique.

Comme cité précédemment dans le chapitre 4, le risque carieux individuel du patient est multifactoriel, il incombe au praticien d'évaluer l'expérience carieuse, le passé médical, le débit salivaire, ainsi que le pouvoir tampon de la salive et si c'est possible la numération des germes responsables des lésions carieuses initiales (streptocoques mutans, lactobacilles).

Également les habitudes et l'état d'hygiène du patient et son comportement alimentaire doivent être pris en considération.

Les adolescents, dont la dentition est en phase de maturation (période post éruptive), constituent une population à haut risque de développer des lésions carieuses initiales (WSL).

Notre étude confirme cette vulnérabilité par l'incidence élevée de WSL dans notre échantillon, principalement formé par des adolescents, ainsi par la mise en évidence de l'impact de plusieurs facteurs de risque, notamment l'expérience carieuse antérieure (indice CAOD), la consommation régulière de boissons sucrées et une hygiène bucco-dentaire inadéquate pendant le traitement orthodontique. Ces résultats soulignent l'importance d'une prise en charge préventive personnalisée, durant le traitement orthodontique, afin de minimiser le risque de déminéralisation dentaire associée à ce dernier.

Prévention et gestion des taches blanches survenues durant le traitement orthodontique :

La stratégie dépend du risque de développement des taches blanches :

- Devant un risque faible, la prévention repose sur une approche multifactorielle⁽¹⁴⁸⁾
 - Elle commence par une éducation approfondie du patient sur les principes d'une alimentation non cariogène.
 - Éducation sur les principes d'une hygiène bucco-dentaire rigoureuse. Une attention particulière devrait être accordée à l'enseignement aux patients de nettoyer autour de chaque bracket individuel, en particulier entre les crochets et les marges gingivales.
 - En amont d'un traitement orthodontique, le scellement des fosses et fissures des dents permanentes est pratiqué pour minimiser les risques de lésions carieuses.
 - Le brossage doit se faire avec un dentifrice fluoré à 1000 ppm deux à trois fois par jour avec utilisation des adjuvants au brossage tel que les brossettes et le fil inter dentaire.
 - Des visites de contrôle régulières permettent d'évaluer la motivation du patient et de rappeler les gestes essentiels pour un brossage efficace.
 - Des séances de nettoyage prophylactique sont programmées chaque 4 à 6 mois.
 - Application du vernis fluoré 3 à 4 fois par an.
 - Rinçage avec bains de bouche (Naf à 0,05 %) 1 fois par jour le soir au coucher.
- Un patient présentant un à deux facteurs de risque de survenue de lésion carieuse initiale ou développant une tache blanche durant le traitement orthodontique, est considéré à risque élevé notamment, s'il est en période d'adolescence. La stratégie préventive à suivre durant le traitement orthodontique se résume comme suit⁽¹⁵⁸⁾ :

- Réévaluation attentive des facteurs de risque et des changements potentiels dans le mode de vie, y compris l'alimentation, elle devrait être examinée pour voir si de tels changements peuvent avoir contribué au développement des WSL. Il est essentiel de conseiller nos patients sur les bienfaits d'une réduction de leur consommation d'hydrates de carbone raffinés, notamment les boissons sucrées. Ces boissons, qu'il s'agisse de boissons gazeuses, de boissons pour sportifs ou de jus de fruits, sont particulièrement néfastes pour la santé bucco-dentaire. En effet, non seulement elles fournissent une source d'énergie importante aux bactéries responsables des caries, mais leur acidité contribue également à déminéraliser l'émail dentaire.
- L'émail sain, constitué principalement d'hydroxyapatite (96%) et d'une faible proportion de fluides organiques (4%), est le tissu le plus minéralisé de l'organisme. Toutefois la survenue de tache blanche, engendre une forte diminution et remplacement de cette phase minérale par des fluides organiques. Or l'exposition de l'émail aux fluorures conduit à la formation de cristaux de fluorohydroxyapatites, plus stables et moins solubles, ce qui leur confère un rôle protecteur en augmentant la résistance de l'émail aux attaques acides. Ainsi, les orthodontistes devraient recommander une fluoruration régulière, surtout pour les patients à risque de taches blanches. Il s'avère nécessaire de prescrire du dentifrice avec une concentration plus élevée de fluorure (1.500–5.000 ppm) pour le brossage du soir, le reste de la journée le brossage se fait avec un dentifrice à 1000 ppm. Alors que de faibles concentrations de fluorure (généralement 450 à 500 ppm de fluorure) sont indiquées pour les enfants.
- Programmation des séances de nettoyage prophylactique chaque 3 mois
- Application de vernis fluoré chaque 3 mois ou encore chaque mois en cas de survenue de taches blanches, 5% de fluorure de sodium, 22 600 ppm. Seulement un vernis fluoré à 2,26% est recommandé pour les enfants de moins de 6 ans.
- Application du gel de fluorure de sodium à 1,23 % (12 300 ppm F)
- Utilisation de bain de bouche antiseptique, Listerine à 2 fois/jour ou Chlorhexidine à 1 fois/jour après le brossage pendant 30 secondes avant de dormir, durant une période de 15 jours.
- Mastication d'un chewing-gum ou succion des pastilles au xylitol (2 g de xylitol/prise) ou aux polyols, après chaque repas (3 fois par jour) pendant 10 à 20 minutes.
- Prescription et application de la CPP-ACP (caséine phosphopeptide- phosphate de calcium amorphe) une à deux fois par jour après le brossage pendant 8 semaines.
- Application de sealants peut prévenir efficacement la déminéralisation (80 %), et ne nécessite pas la coopération du patient, sa conservation doit être évaluée dans des périodes de 3 et 5 mois et renouvelée si nécessaire. Des applications répétées sont recommandées pour prévenir efficacement la formation de WSL.

Si les taches blanches continuent de progresser en dépit des mesures préventives mises en place, et si le patient ne respecte pas les recommandations d'hygiène bucco-dentaire et alimentaire, il peut devenir nécessaire d'interrompre prématurément le traitement orthodontique. Cette décision est justifiée par le risque accru de dommages irréversibles à l'émail. Dans ce cas, des traitements complémentaires seront requis pour prendre en charge les lésions carieuses initiales et restaurer l'esthétique du sourire.

10.1.2. Traitement post-orthodontique des taches blanches de l'émail

Le choix du traitement pour les lésions blanches post-orthodontiques, dépend de leur gravité et de l'efficacité des différentes techniques, une seule thérapeutique pourra être nécessaire mais, le plus souvent, plusieurs thérapeutiques devront être associées

Prise en charge des WSL en fonction du degré de sévérité

Prise en charge des SWL de score 1 :

- Reminéralisation spontanée des WSL :

Elle est observée dans les six mois succédant la dépose de l'appareil fixe, lorsque l'hygiène bucco-dentaire et alimentaire sont respectées. Cependant, cette reminéralisation dépend de l'état de la tâche, elle est importante si la tâche est active, d'aspect poreux permettant une infiltration plus facile de calcium et de phosphore. Alors que les taches brunes ou blanches d'aspect brillant sont moins susceptibles à la reminéralisation naturelle.

- Reminéralisation par apport de fluor :

Sous formes topiques à usage professionnel, gel ou vernis fluorés appliqués chaque mois durant les 6 mois qui succèdent la dépose de l'appareil fixe multi-attaches ou bien même durant le traitement orthodontique.

- Reminéralisations par CPP-ACP :

La CPP-ACP est appliquée une à deux fois par jours après le brossage sans boire ou manger dans les 30 minutes suivant son application pendant une période de 8 semaines.

Si les méthodes conservatrices s'avèrent insuffisantes, des techniques plus avancées, comme le blanchiment ou la micro-abrasion, pourront être personnalisées pour répondre aux besoins spécifiques du patient :

Le blanchiment dentaire peut être efficace, mais il éclaircit à la fois les WSL (White Spot Lésions) et l'émail non affecté. Il semble que l'émail sain s'éclaircit de manière significativement plus importante que les WSL.

La micro-abrasion est efficace pour éliminer les taches superficielles, l'élimination réussie des WSL par cette technique est possible, si la lésion ne dépasse pas 0,2 à 0,3 mm de profondeur.

Prise en charge des SWL de score 2 :

Elle repose directement sur la reminéralisation par apport de fluor ou de CPP-ACP, en cas d'échec d'autres techniques doivent être associées :

- Blanchiment
- Micro-abrasion
- L'infiltration de résine : est une approche relativement nouvelle qui montre un potentiel d'amélioration de l'apparence des WSL, elle semble être plus efficace pour les lésions actives poreuses car leur nature poreuse permet à une résine à faible viscosité de pénétrer dans la matrice d'émail préalablement déminéralisée et de remplir de nombreux microporosités avec de la résine plutôt qu'avec de l'air ou de l'eau. Cela crée un indice de réfraction plus similaire à celui de l'émail sain, ce qui entraîne une amélioration de l'apparence de la lésion.
- L'érosion est la préparation nécessaire afin de faciliter le processus d'infiltration sur des lésions faiblement poreuses.

Prise en charge des SWL de score 3 :

La première option thérapeutique est constituée par la combinaison de l'apport en fluor et ou en CPP-ACP et la technique d'érosion infiltration.

En cas d'échec une micro-abrasion est associée afin d'éliminer les taches subsistantes en utilisant des particules abrasives fines (technique d'infiltration en profondeur).

Dans le cas où les résultats demeurent insatisfaisants, une restauration directe par résine composite ou indirecte par des facettes s'avère indispensable.

10.1.3. Adaptation du traitement orthodontique fixe

Bien que nos résultats n'aient pas permis d'établir une corrélation statistiquement significative entre l'apparition de lésions blanches et les facteurs étudiés, liés au traitement orthodontique fixe, la littérature scientifique a mis en évidence des associations significatives. En nous appuyant sur ces travaux, nous proposons d'adapter les protocoles de traitement orthodontique fixe afin de minimiser le risque de développer de telles lésions.

Le choix du dispositif orthodontique fixe

Il est influencé par le risque accru de développement de déminéralisation amélaire chez le patient.

Le type de bracket utilisé a largement été étudié, il n'existe pas de consensus sur le type de bracket à privilégier pour la prévention de la rétention de plaque et la survenue de la déminéralisation.

Bien que le consensus ne se soit pas encore établi quant au type de ligature le plus adapté pour prévenir les taches blanches, certains auteurs suggèrent que les ligatures élastomériques pourraient favoriser la formation de plaque dentaire et, par conséquent, augmenter le risque de déminéralisations. Ils recommandent donc de privilégier les ligatures métalliques moins susceptibles de retenir la plaque bactérienne ou les ligatures à libération de fluor.

Le système de collage :

Il est conseillé d'utiliser des matériaux de collage libérant le fluor notamment les CVIMAR réputés par leur potentiel d'interaction ionique avec leur environnement d'où leur capacité de relarguer ou se recharger des ions fluorures sans faire diminuer la force d'adhésion.

Préparation de la surface de l'émail et collage de brackets :

- Les adhésifs automordants sont les plus choisis car ils ne provoquent pas des attaques agressives de l'émail, rencontrés lors du mordantage à l'acide orthophosphorique de plus le risque de rupture cohésive lors de la dépose des attaches est moindre.
- Dans l'optique de prévenir la formation de taches blanches, il est impératif de circonscrire l'application de l'acide de mordantage à la zone d'adhésion de l'attache orthodontique.
- Il a été démontré que la formation et la progression des WSL est plus importante avec des durées de mordantage supérieures à 15 secondes d'où l'importance de limiter le temps de mordantage à 15 secondes.
- Une polymérisation homogène et complète de la résine adhésive est essentielle pour éviter la formation de micro-infiltrations bactériennes au niveau de l'interface attache-émail, responsables du développement de lésions carieuses.
- L'élimination minutieuse des excès de résine composite avant polymérisation est essentielle pour prévenir la rétention bactérienne. Un profil de collage en biseau aigu, sans contre-dépouille, facilite l'hygiène et le passage du flux salivaire et réduit le risque de déminéralisation.

Dépose de brackets :

En fin de traitement orthodontique, la technique de décollage mécanique des brackets est privilégiée. Il est recommandé d'utiliser des pinces à mors étroits et lisses afin d'éviter toute lésion de l'émail. Les appuis directs sur les dents doivent être limités au maximum.

Eviction de composite résiduel :

Les fraises en carbure de tungstène à faible vitesse offrent un compromis optimal entre efficacité et préservation de l'émail. Les micro-rayures engendrées par ces instruments sont généralement éliminées par un polissage minutieux.

Si malgré la mise en œuvre de toutes les précautions évoquées ci-dessus, l'évolution et la progression de lésions carieuses initiales (WSL) persiste, et si le patient ne parvient pas à améliorer son état d'hygiène, cela peut conduire à une réévaluation des objectifs thérapeutiques.

Dans ce contexte, il est recommandé d' :

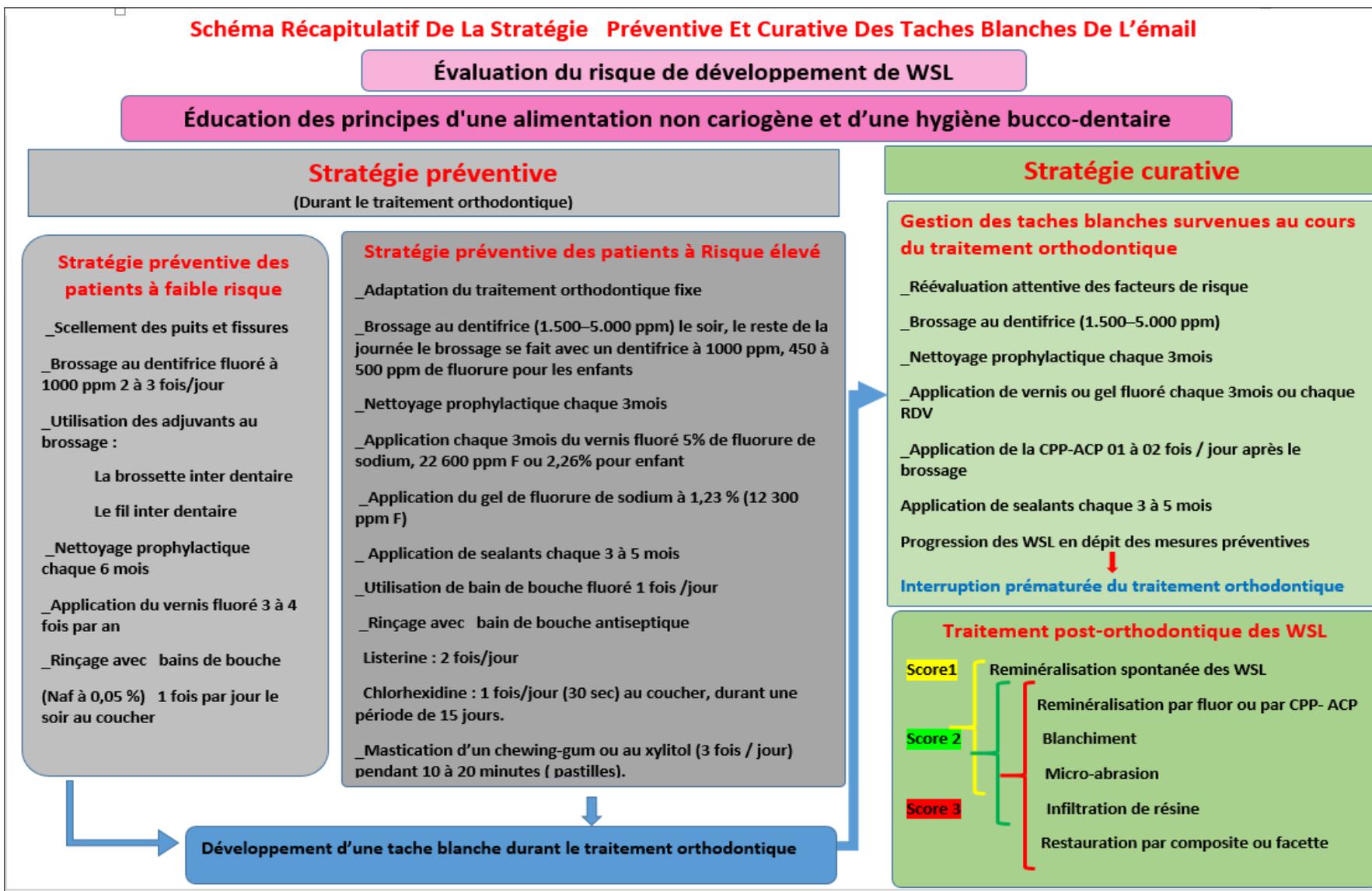
- Adapter à la baisse les objectifs orthodontiques : Simplifier le traitement ou limiter sa durée.
- Interrompre temporairement le traitement : Reporter la poursuite du traitement jusqu'à l'amélioration significative des facteurs de risque.
- Envisager une interruption définitive du traitement : Si le risque de lésions irréversibles de l'émail l'emporte sur les bénéfices escomptés du traitement orthodontique.

Les patients doivent être informés des conséquences potentielles d'une mauvaise hygiène sur la santé bucco-dentaire à long terme et de la nécessité d'une collaboration étroite avec l'équipe soignante pour assurer la réussite du traitement.

Nous avons jugé utile d'établir un schéma récapitulatif de toutes nos données issues de nos résultats. Il servira sans aucun doute, de base à tout praticien soucieux de préserver la santé bucco-dentaire des patients à charge en thérapeutique fixée.

Il résume notre stratégie préventive en amont et celle curative après dépose du dispositif fixe dans l'apparition des WSL.

Tableau LXXIII : Stratégie préventive et curative des taches blanches de l'émail en thérapeutique orthodontique fixée



10.2. Illustration clinique

Les participants volontaires et leurs responsables légaux ont été recrutés parmi les patients participant à notre enquête. Ils ont été informés des objectifs de ces traitements non invasifs et étaient libres d'y avoir recours ou non. Ils avaient donné leur consentement éclairé.

Cas clinique n °01

Patiente A .L, âgée de 13 ans a subi un traitement orthodontique pendant une année.

Après dépose des attaches orthodontiques, des taches blanche de l'émail de score 1 selon Gorelick ont été observées sur la totalité des dents de la 2^{ème} prémolaire droite à celle gauche à l'exception de la 12, 22,23, 32 qui ont présenté un score 2 selon gorelick et la 31 et la 42 qui ne présentaient pas de WSL. Après nettoyage des surfaces dentaires à l'aide d'une brosse à dents montée sur contre-angle ,une crème dentaire topique à base de CPP-ACP (caséine phosphopeptide- Phosphate de calcium amorphe) a été appliquée avec un doigt ganté et laissée agir 3 minute puis nous avons demandé à la patiente d'étaler les restes de pâte avec sa langue et laisser agir au minimum 2 minutes. La crème était prescrite en application biquotidienne (Figure 62)



Figure 61 : Etat d'hygiène de la patiente A.L durant le traitement orthodontique



Figure 62 : Application de la CPP-ACP



Figure 63 : A) photos de face et de profil de la patiente A .L avant l'application de la CPP-ACP B) photos de face et de profil de la patiente A .L un mois après l'application de la CPP-ACP

Un mois après l'application de la CPP-ACP les taches blanches du score 1 n'avaient pas totalement disparu et celle du score 2 de Gorelick sont toujours présentes, nous avons décidé de poursuivre l'application pour un mois de plus (Figure 63).

Cas clinique n °02 :

Après avoir déposé son appareil fixe multi-attache, la patiente B. M âgée de 16 ans présente, suite à un traitement orthodontique, des taches blanches de score 2 selon Gorelick sur la totalité de ses 20 dents examinées à l'exception de la 41. 11.21 qui présentait le score 1 et la 14 .23 avec un score 3 de Gorelick. La patiente a présenté des lésions cavitaires atteignant la dentine sur la 45 et la 46, cet état est dû à une mauvaise hygiène bucco-dentaire et alimentaire au cours de son traitement orthodontique multi-attaches (Figure 65).

Nous avons prescrit une application biquotidienne d'un dentifrice à haute teneur en fluor pour les taches de score 1 et 2 de Gorelick.

Une orientation de la patiente chez un odontologiste pour une prise en charge des taches de score 3 par une éventuelle micro abrasion ou érosion-infiltration, également pour une restauration des lésions cavitaires sur 45 et 46.



Figure 64 : Etat carieux de la patiente B.M à la fin du traitement orthodontique



Figure 65 : Etat d'hygiène bucco-dentaire de la patiente B. M durant le traitement orthodontique



Figure 66 : A) Photos intra buccales de face et de profil de la patiente B.M après dépose de l'appareil fixe multi-attache B) Évaluation photographique de l'état bucco-dentaire de la patiente B.M. un mois après le début d'un protocole de brossage avec un dentifrice à haute teneur en fluor.

Le bilan photographique intra-oral (face et profil) de la patiente B.M. un moi après l'instauration d'un brossage quotidien avec un dentifrice fluoré à haute concentration, montre que les taches blanches se sont atténuées, mais elles n'ont pas totalement disparu d'où la nécessité de poursuivre le traitement (Figure 66).

Cas clinique n °03 :

Patient S.CH, âgé de 17 ans, a reçu un traitement fixe multi-attache qui a duré 18 mois, à la dépose des brackets nous avons constaté des WSL sur la totalité des dix dents examinées à l'exception de la 41,31 et 32.

Les taches blanches du score 1 de Gorelick étaient remarquées uniquement sur l'incisive latérale inférieure droite 42, les taches de score 3 de Gorelick sur la 11 et la 12, alors que les dents restantes étaient toutes atteintes de WSL score 2 de Gorelick. Une lésion cavitaire exposant la dentine a été remarquée au niveau de la 22.

Après dépose des brackets nous avons éliminé les débris de composite restant par une fraise de carbure de tungstène, et nettoyé les surfaces dentaires à l'aide d'une brosette montée sur contre-angle.

Une prescription du dentifrice à haute teneur en fluor (5000 ppm) pour un brossage biquotidien pour les taches de score 1 et 2.

Orientation chez l'odontologiste pour une prise en charge par les techniques de dentisterie à minima tel que la micro-abrasion ou l'érosion-infiltration pour les taches de score 3, et une restauration au composite pour la lésion cavitaire sur la 22.



Figure 67 : État d'hygiène bucco-dentaire du patient S. CH durant le traitement orthodontique



Figure 68 : A) Photos intrabuccales de face et de profil du patient S.CH après dépose de l'appareil fixe multiattache B) Photos intrabuccales de face et de profil du patient S.CH trois semaines après l'instauration d'un brossage quotidien au dentifrice fluoré

Trois semaines après la dépose des brackets orthodontiques, une nette amélioration est constatée au niveau du bloc incisivo-canin. Les taches blanches résiduelles au niveau des prémolaires inférieures sont en cours de traitement par un brossage régulier avec un dentifrice à haute teneur en fluorure. Le patient est encouragé à poursuivre ces soins bucco-dentaires rigoureux (Figure 68).

Les cas cliniques analysés renforcent l'évidence d'une relation entre une hygiène bucco-dentaire déficiente, des habitudes alimentaires inappropriées, l'expérience carieuse et l'apparition des WSL chez les patients orthodontiques.

Ces résultats suggèrent que l'exposition prolongée à ces facteurs peut conduire à l'aggravation des lésions initiales et à l'apparition de WSL de sévérité accrue. Il est donc crucial pour les praticiens d'adopter une approche personnalisée, basée sur une évaluation régulière du profil de risque de chaque patient, afin de prévenir et de traiter efficacement les lésions carieuses pendant le traitement orthodontique.

Le rôle de l'orthodontiste ne se limite pas à la fin du traitement. Un suivi rigoureux est indispensable pour garantir la stabilité des résultats orthodontiques et suivre l'évolution des lésions carieuses initiales, qui peuvent compromettre l'esthétique du sourire. Après une période de reminéralisation naturelle, une évaluation approfondie permet de déterminer si les lésions nécessitent un traitement complémentaire, tel que l'application de produits fluorés, la micro abrasion ou l'infiltration de résine. La gravité des lésions orientera le choix thérapeutique. Dans les cas les plus avancés, une prise en charge par un dentiste est nécessaire.

Conclusion et recommandations

11. Conclusion et recommandations

Conclusion

L'objectif principal de l'orthodontie étant d'améliorer la qualité de vie en offrant un sourire esthétique et harmonieux, les lésions carieuses initiales ou WSL survenant pendant le traitement viennent contrecarrer ces efforts, elles réduisent les bénéfices escomptés tant sur le plan fonctionnel qu'esthétique.

L'un des plus grands soucis de l'orthodontiste est de découvrir une surface amélaire altérée après la dépose des attaches. D'une part parce que le coût financier de leur prise en charge est important et d'autre part, même si ses résultats à long terme semblent prometteurs, le recul clinique reste encore insuffisant.

Notre étude avait comme objectif principal l'estimation de l'incidence des WSL survenant au cours d'un traitement orthodontique fixe multi-attache, l'évaluation a été faite à 12 mois du traitement sur un échantillon de 135 patients, issus de la consultation orthodontique du service d'ODF du CHU de Constantine et ayant répondu aux critères d'inclusion établis.

En fin de notre enquête la survenue des WSL était chez 73,3% de patients et sur 22,7% de dents. Elle est loin d'être négligeable, et doit interpeller tout orthodontiste à être vigilant dans sa pratique.

Ces résultats indiquent également la présence de plusieurs facteurs contributifs à l'apparition et au développement de ces lésions. En cherchant à déterminer ces facteurs et évaluer leur rapport avec la survenue des WSL, nous avons pu découvrir une relation significative entre l'incidence de ces lésions et l'expérience carieuse, le comportement alimentaire et l'état d'hygiène bucco-dentaire durant le traitement orthodontique. Désormais ces éléments deviennent pour nous des facteurs prédictifs de lésions carieuses initiales autour des attaches orthodontiques, leur évaluation doit former une partie intégrante de l'examen clinique afin de pouvoir adapter les mesures prophylactiques en fonction du profil de risque de chaque patient.

Les comportements et les habitudes d'hygiène évoluent au cours d'un traitement orthodontique, ce qui rend indispensables les contrôles réguliers pour ajuster les recommandations et renforcer les mesures préventives, encore pour traiter les lésions débutantes et voire même déposer les attaches si nécessaire.

Notre étude a aussi exploré les liens entre les dispositifs orthodontiques et l'apparition de taches blanches. Bien que nos résultats n'aient pas atteint la significativité statistique, nos travaux soulignent l'importance de choisir des dispositifs orthodontiques capables de minimiser le risque de taches blanches. Les données scientifiques récentes suggèrent que l'utilisation de produits libérant du fluor, tels que les colles et les ligatures, peut être bénéfique, même si elles ne dispensent pas d'une hygiène bucco-dentaire rigoureuse.

Pour conclure nous précisons qu'il est impératif que les praticiens gardent toujours à l'esprit le principe du 'primum non nocere', qui est fondamental dans toutes les professions de santé signifiant que la première priorité d'un praticien est de ne pas causer de préjudice à son patient.

Ainsi, nous nous devons d'adopter, pour toute prise en charge, une approche personnalisée de la prévention des lésions blanches(WSL) ou même toutes lésions iatrogènes.

Nous l'entamerons par une évaluation minutieuse des facteurs de risque individuels, tels que l'hygiène bucco-dentaire, l'alimentation et l'histoire carieuse. Aussi tout au long du traitement, nous nous devons de surveiller attentivement l'état de l'émail et de la gencive, intervenant dès les premiers signes de lésion par des mesures préventives ou de traitement adaptées. Entendu qu'en cas d'échec et donc d'apparition de lésions blanches, une prise en charge par un traitement restaurateur, s'impose et devra prendre le relais.

Recommandations

Nos résultats, corrélés aux études antérieures, soulignent que l'apparition de lésions blanches (WSL) au cours d'un traitement orthodontique fixe est étroitement liée à la création d'un environnement cariogène exacerbé par la présence d'attaches et accessoires orthodontiques. Cela favorise la rétention de biofilms bactériens et complique l'hygiène bucco-dentaire, induisant des processus de déminéralisation de l'émail.

En tant que professionnels de la santé bucco-dentaire, les orthodontistes doivent être conscients de ce risque iatrogène et mettre en œuvre des stratégies préventives rigoureuses. Une évaluation approfondie du risque carieux individuel s'impose en amont de tout traitement orthodontique. Cette évaluation doit porter sur :

Les facteurs de risque comportementaux : habitudes alimentaires, notamment la consommation de produits cariogènes (sucres, boissons acides) ;

L'état bucco-dentaire initial: qualité de l'hygiène bucco-dentaire, expérience carieuse antérieure.

La démarche thérapeutique orthodontique doit être adaptée en fonction de ce profil de risque. Elle inclut :

- Une éducation du patient: enseignement des techniques d'hygiène bucco dentaire et d'hygiène spécifique à l'appareillage orthodontique et promotion d'habitudes alimentaires saines ;
- Une prise en charge préventive globale: collaboration avec les autres professionnels de la santé bucco-dentaire afin d'optimiser l'état de la cavité buccale avant, pendant et après le traitement ;
- Le choix de dispositifs orthodontiques: sélection de systèmes de collage et de ligature minimisant le risque de rétention de plaque et de déminéralisation ;
- Une prophylaxie fluorée systématique: utilisation de dentifrices, bains de bouche, gels et vernis fluorés, adaptée au niveau de risque carieux individuel ;
- Il est également nécessaire de mettre en œuvre des protocoles nouveaux et efficaces pour la prévention des taches blanches de l'émail.
- Une surveillance clinique rigoureuse: évaluation régulière de l'état de l'émail et adaptation du traitement si nécessaire, voire interruption en cas de risque imminent pour la santé de la dent.

En conclusion, la prévention des lésions blanches liées au traitement orthodontique fixe nécessite une approche multifactorielle, impliquant une évaluation précise du risque individuel, une éducation du patient, une collaboration interdisciplinaire et une adaptation rigoureuse de la thérapeutique orthodontique.

- La création de comités dédiés à l'élaboration de lignes directrices pour limiter la survenue des WSL est une démarche essentielle pour améliorer la qualité des soins orthodontiques et préserver la santé bucco-dentaire des patients. Ces comités doivent rassembler des experts de différents domaines : orthodontie , odontologie conservatrice, des hygiénistes dentaires, chercheurs, représentants des fabricants de matériel orthodontique, indépendants par rapport à d'éventuels conflits d'intérêts.

- Du point de vue pédagogique , nous préconisons d'enrichir les cursus de spécialisation en orthodontie par l'inclusion d'un enseignement approfondi sur les risques et les complications potentielles des traitements orthodontiques .À savoir les déminéralisations , les lésions parodontales , les résorptions radiculaires ainsi que la fragilité de l'odonte occasionnée par le stripping , les fissures et les rayures de l'émail provoquées par la dépose des attaches et l'éviction des colles résiduelles .

- Face aux enjeux de santé publique liés à la prévention bucco-dentaire, il est indispensable de repenser les formations paramédicales. La création d'un cursus d'hygiéniste dentaire, en complément de l'actualisation de la formation des assistantes dentaires, permettrait de mettre en place un modèle de soins collaboratifs plus efficient , offrant ainsi le temps aux praticiens pour se concentrer sur des actes plus complexes. Cette approche interprofessionnelle est essentielle pour améliorer l'accès aux soins et la prévention des maladies bucco-dentaires."

- Notre étude de par sa nature descriptive révèle une incidence significative des lésions blanches (WSL), atteignant 73,3 %, au cours des traitements orthodontiques. Elle découvre également une association statistiquement significative entre ces lésions et certains facteurs de risque. Bien que ces résultats s'inscrivent dans la fourchette rapportée dans la littérature (5-85,5 %), ils soulignent la nécessité de poursuivre les recherches pour mieux comprendre les facteurs de risque et développer des stratégies de prévention efficaces .Notre travail ouvre de nouvelles perspectives pour:

- De futures recherches avec des échantillons plus larges et homogènes, calculés en fonction de la puissance statistique souhaitée, ce qui augmenterait la représentativité des résultats.
- Des essais cliniques contrôlés et randomisés, afin d'évaluer l'efficacité de différentes stratégies préventives.

Il est important de se baser dans les prochaines recherches sur des mesures objectives : L'utilisation d'indices cliniques et d'outils d'évaluation objectifs (tels que des questionnaires validés, des analyses salivaires, ou des mesures de pH) permettrait de quantifier de manière plus précise l'impact de facteurs comportementaux (alimentation, hygiène bucco-dentaire) sur la formation des WSL.

Conflit d'intérêt

Je déclare n'avoir aucun lien d'intérêt concernant les données publiées dans cet article.

Bibliographie

1. Akin JJ, Molle A. Attaches orthodontiques et modifications de l'émail et de l'organe pulpodentinaire. *Encycl Med Chir*. 2005;
2. Chatterjee R, Kleinberg I. Effect of orthodontic band placement on the chemical composition of human incisor tooth plaque. *Archives of Oral Biology*. 1979;24(2):97-100.
3. Scheie AA, Arneberg P, Krogstad O. Effect of orthodontic treatment on prevalence of *Streptococcus mutans* in plaque and saliva. *European Journal of Oral Sciences*. 1984;92(3):211-7.
4. Chang HS, Walsh LJ, Freer TJ. Enamel demineralization during orthodontic treatment. Aetiology and prevention. *Australian Dental Journal*. oct 1997;42(5):322-7.
5. Øgaard B, Rølla G, Arends J. Orthodontic appliances and enamel demineralization: Part 1. Lesion development. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 1988;94(1):68-73.
6. Kozak U, Sękowska A, Chałas R. The Effect of Regime Oral-Hygiene Intervention on the Incidence of New White Spot Lesions in Teenagers Treated with Fixed Orthodontic Appliances. *IJERPH*. 17 déc 2020;17(24):9460.
7. Heinig N, Hartmann A. Efficacy of a Sealant: Study on the Efficacy of a Sealant (Light Bond™) in Preventing Decalcification during Multibracket Therapy. *J Orofac Orthop*. avr 2008;69(3):154-67.
8. Khalaf K. Factors Affecting the Formation, Severity and Location of White Spot Lesions during Orthodontic Treatment with Fixed Appliances. *JOMR [Internet]*. 1 avr 2014 [cité 20 oct 2024];5(1). Disponible sur: <http://www.ejomr.org/JOMR/archives/2014/1/e4/v5n1e4ht.htm>
9. Akin M, Tazcan M, Ileri Z, Basciftci FA. Incidence of White Spot Lesion During Fixed Orthodontic Treatment. *Turkish Journal of Orthodontics*. nov 2013;26(2):98-102.
10. Gorelick L, Geiger AM, Gwinnett AJ. Incidence of white spot formation after bonding and banding. *Am J Orthod*. févr 1982;81(2):93-8.
11. Geiger AM, Gorelick L, Gwinnett AJ, Griswold PG. The effect of a fluoride program on white spot formation during orthodontic treatment. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 1988;93(1):29-37.
12. Sagarika N, Suchindran S, Loganathan SC, Gopikrishna V. Prevalence of white spot lesion in a section of Indian population undergoing fixed orthodontic treatment: An in vivo assessment using the visual International Caries Detection and Assessment System II criteria. *Journal of Conservative Dentistry*. 2012;15(2):104-8.
13. Lasfargues JJ. *Odontologie conservatrice et restauratrice Une approche médicale globale*. CDP. paris; 2009.

14. Goldberg, Michel. "Lésions pré-cariées de l'émail et traitement orthodontique: ultrastructure, composition, prévention, diagnostic et thérapeutiques." *Revue d'Orthopédie Dento-Faciale*. 2023 ;57. (2): 125-142.
15. Haines DJ. Physical properties of human tooth enamel and enamel sheath material under load. *J Biomech*. juill 1968;1(2):117-25.
16. Bishara SE, Ostby AW. White Spot Lesions: Formation, Prevention, and Treatment. *Seminars in Orthodontics*. 1 sept 2008;14(3):174-82.
17. Heymann GC, Grauer D. A Contemporary Review of White Spot Lesions in Orthodontics. *J Esthet Restor Dent*. avr 2013;25(2):85-95.
18. Morrier JJ. Leucomes et traitement orthodontique. Prévention, traitement. *Orthod Fr*. sept 2014;85(3):235-44.
19. Denis M, Atlan A, Vennat E, Tirlet G, Attal JP. Taches blanches de l'émail : diagnostic et anatomopathologie : deux données indispensables pour bien les traiter (partie 1). *International Orthodontics*. 1 juin 2013;11(2):139-65.
20. Øgaard B. White Spot Lesions During Orthodontic Treatment: Mechanisms and Fluoride Preventive Aspects. *Seminars in Orthodontics*. sept 2008;14(3):183-93.
21. Boersma JG, van der Veen MH, Lagerweij MD, Bokhout B, Prahl-Andersen B. Caries prevalence measured with QLF after treatment with fixed orthodontic appliances: influencing factors. *Caries Res*. 2005;39(1):41-7.
22. Tufekci E, Dixon JS, Gunsolley JC, Lindauer SJ. Prevalence of white spot lesions during orthodontic treatment with fixed appliances. *Angle Orthod*. mars 2011;81(2):206-10.
23. Richter AE, Arruda AO, Peters MC, Sohn W. Incidence of caries lesions among patients treated with comprehensive orthodontics. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. mai 2011;139(5):657-64.
24. Julien KC, Buschang PH, Campbell PM. Prevalence of white spot lesion formation during orthodontic treatment. *Angle Orthod*. juill 2013;83(4):641-7.
25. Chapman JA, Roberts WE, Eckert GJ, Kula KS, González-Cabezas C. Risk factors for incidence and severity of white spot lesions during treatment with fixed orthodontic appliances. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. août 2010;138(2):188-94.
26. Brown MD, Campbell PM, Schneiderman ED, Buschang PH. A practice-based evaluation of the prevalence and predisposing etiology of white spot lesions. *Angle Orthod*. mars 2016;86(2):181-6.
27. A M, Li N, M P. White spot reduction when using glass ionomer cement for bonding in orthodontics: a longitudinal and comparative study. *European journal of orthodontics* . juin 1997
28. Ei P, Dg N. Microstructural features of carious human enamel imaged with back-scattered electrons. *Journal of dental research*. 1989; 68. (2): 113-118.

29. Palamara J, Phakey PP, Rachinger WA, Orams HJ. Ultrastructure of the intact surface zone of white spot and brown spot carious lesions in human enamel. *J Oral Pathology Medicine*. janv 1986;15(1):28-35.
30. Kaqueler, Jean-Claude, and Olivier Le May. *Anatomie pathologique bucco-dentaire*. Elsevier Masson, 1998.
31. Kidd E a. M, Fejerskov O. What constitutes dental caries? Histopathology of carious enamel and dentin related to the action of cariogenic biofilms. *J Dent Res*. 2004;83 Spec No C:C35-38.
32. Selwitz RH, Ismail AI, Pitts NB. Dental caries. *The Lancet*. janv 2007;369(9555):51-9.
33. Newbrun E. *Cariology* [Internet]. Baltimore : Williams and Wilkins; 1978 [cité 2 juin 2024]. 318 p. Disponible sur: <http://archive.org/details/cariology0000newb>
34. Bokhout B, Hofman FX, van Limbeek J, Prahl-Andersen B. A « sufficient cause » model for dental caries. *J Epidemiol Biostat*. 1 janv 2000;5(3):203-8.
35. Rosan B, Lamont RJ. Dental plaque formation. *Microbes and Infection*. nov 2000;2(13):1599-607.
36. Buxeraud J. Prévention de la carie dentaire. *Actualités Pharmaceutiques*. sept 2017;56(568):51-4.
37. Touger-Decker R, Loveren C. Sugars and dental caries. *The American journal of clinical nutrition*. 1 nov 2003;78:881S-892S.
38. Simmer JP, Hu JC. Dental Enamel Formation and Its Impact on Clinical Dentistry. *Journal of Dental Education*. sept 2001;65(9):896-905.
39. Dowd FJ. SALIVA AND DENTAL CARIES. *Dental Clinics of North America*. 1 oct 1999;43(4):579-97.
40. Opsahl Vital S, Haignere-Rubinstein C, Lasfargues JJ, Chaussain C. Risque carieux et traitement orthodontique. *International Orthodontics*. 1 mars 2010;8(1):28-45.
41. Kukleva MP, Shetkova DG, Beev VH. Comparative age study of the risk of demineralization during orthodontic treatment with brackets. *Folia Med (Plovdiv)*. 1 janv 2002;44(1-2):56-9.
42. Antezack A, Monnet-corti V. Hygiène orale et parodontale chez les patients porteurs de dispositifs orthodontiques. *Orthod Fr*. juin 2018;89(2):181-90.
43. Klukowska M, Bader A, Erbe C, Bellamy P, White DJ, Anastasia MK, et al. Plaque levels of patients with fixed orthodontic appliances measured by digital plaque image analysis. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 1 mai 2011;139(5):463-70.
44. White DJ, Kozak KM, Gibb RD, Dunavent JM, Klukowska M, Sagel PA. A 24-Hour Dental Plaque Prevention Study with a Stannous Fluoride Dentifrice Containing

- Hexametaphosphate. *The Journal of Contemporary Dental Practice*. juill 2006;7(3):1-11.
45. Gwinnett AJ, Ceen RF. Plaque distribution on bonded brackets: A scanning microscope study. *American Journal of Orthodontics*. 1 juin 1979;75(6):667-77.
 46. Yang X, Su N, Shi Z, Xiang Z, He Y, Han X, et al. Effects of self-ligating brackets on oral hygiene and discomfort: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled clinical trials. *International Journal of Dental Hygiene*. 2017;15(1):16-22.
 47. Peros K, Mestrovic S, Anic-Milosevic S, Slaj M. Salivary microbial and nonmicrobial parameters in children with fixed orthodontic appliances. *The Angle Orthodontist*. 2 mai 2011;81(5):901-6.
 48. Antezack A, Monnet-corti V. Hygiène orale et parodontale chez les patients porteurs de dispositifs orthodontiques. *Orthod Fr*. 1 juin 2018;89(2):181-90.
 49. Akin JJ, Molle A. Attaches orthodontiques et modifications de l'émail et de l'organe pulpodentinaire. *Encycl Med Chir*. 2005;
 50. Hosein I, Sherriff M, Ireland AJ. Enamel loss during bonding, debonding, and cleanup with use of a self-etching primer. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. déc 2004;126(6):717-24.
 51. Thompson RE, Way DC. Enamel loss due to prophylaxis and multiple bonding/debonding of orthodontic attachments. *American Journal of Orthodontics*. 1 mars 1981;79(3):282-95.
 52. Roulet JF, Degrange M. Collages et adhésion: la révolution silencieuse. *Quintessence International*; 2000.
 53. Hitmi L, Attal JP, Degrange M. Les différentes familles de colles composites : présentation et expérimentation. *Orthod Fr*. 1 mars 2002;73(1):39-58.
 54. Hitmi L, Muller C, Mujajic M, Attal JP. An 18-month clinical study of bond failures with resin-modified glass ionomer cement in orthodontic practice. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. oct 2001;120(4):406-15.
 55. Hitmi L, Attal JP, Degrange M. Influence du traitement de surface de l'émail sur les caractéristiques énergétiques de la surface. *J Edgewise*. 2000;41:89-104.
 56. Degrange M. Le point sur les adhésifs. *Clinic (Paris)*. 1999;20:523-33.
 57. Knösel M, Bojes M, Jung K, Ziebolz D. Prédisposition aux leucomes pré-cariéux due à un excès de mordantage autour des attaches orthodontiques. *Orthod Fr*. 1 sept 2015;86(3):233-44.
 58. Larmour CJ, Stirrups DR. An *ex vivo* assessment of a bonding technique using a self-etching primer. *Journal of Orthodontics*. sept 2003;30(3):225-8.
 59. Hitmi L. Étude et optimisation de l'adhésion à l'émail et à la dentine. 2004.

60. Komori A, Ishikawa H. Evaluation of a resin-reinforced glass ionomer cement for use as an orthodontic bonding agent. *The Angle Orthodontist*. 1 juin 1997;67(3):189-96.
61. Matasa CG. Microbial attack of orthodontic adhesives. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. août 1995;108(2):132-41.
62. Palot C, Marzin I, Triconnet L. [The peripheral joint: an unrecognized element in the bonding of orthodontic appliances]. *Orthod Fr*. 1 janv 1991;62 Pt 3:893-8.
63. Gillgrass TJ, Benington PCM, Millett DT, Newell J, Gilmour WH. Modified composite or conventional glass ionomer for band cementation? A comparative clinical trial. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. juill 2001;120(1):49-53.
64. Eliades T, Eliades G, Brantley WA. Microbial attachment on orthodontic appliances: I. Wettability and early pellicle formation on bracket materials. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. oct 1995;108(4):351-60.
65. Anhoury P, Nathanson D, Hughes CV, Socransky S, Feres M, Chou LL. Microbial Profile on Metallic and Ceramic Bracket Materials. *Angle Orthodontist*. 2002;72(4).
66. Juriši S. The influence of different types of brackets and efficacy of two chlorhexidine mouthwashes on oral hygiene and the incidence of white spot lesions in adolescents during the orthodontic therapy. *Medicina Academica Mostariensia*. 2016;28(2).
67. Garcez AS, Suzuki SS, Ribeiro MS, Mada EY, Freitas AZ, Suzuki H. Biofilm retention by 3 methods of ligation on orthodontic brackets: A microbiologic and optical coherence tomography analysis. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. oct 2011;140(4):e193-8.
68. Pellegrini P, Sauerwein R, Finlayson T, McLeod J, Covell DA, Maier T, et al. Plaque retention by self-ligating vs elastomeric orthodontic brackets: Quantitative comparison of oral bacteria and detection with adenosine triphosphate-driven bioluminescence. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. avr 2009;135(4):426.e1-426.e9.
69. Buck T, Pellegrini P, Sauerwein R, Leo MC, Covell J, Maier T, et al. Elastomeric-ligated vs self-ligating appliances: A pilot study examining microbial colonization and white spot lesion formation after 1 year of orthodontic treatment. | *orthodontics: The Art & Practice of Dentofacial Enhancement*. Vol. 12. 2011. p. 108.
70. Polat Ö, Gökçelik A, Arman A, Arhun N. A comparison of white spot lesion formation between a self-ligating bracket and a conventional preadjusted straight wire bracket. | *World Journal of Orthodontics* . Vol. 9. 2008. p. 46.
71. Viazis AD, DeLong R, Bevis RR, Rudney JD, Pintado MR. Enamel abrasion from ceramic orthodontic brackets under an artificial oral environment. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. août 1990;98(2):103-9.
72. Retief DH. Failure at the dental adhesive—etched enamel interface. *J of Oral Rehabilitation*. juill 1974;1(3):265-84.

73. Winchester L. Methods of Debonding Ceramic Brackets. *British Journal of Orthodontics*. août 1992;19(3):233-7.
74. Sinha PK, Nanda RS. The effect of different bonding and debonding techniques on debonding ceramic orthodontic brackets. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 1 août 1997;112(2):132-7.
75. Khalil A, Tamish N, Elkalza A. Evaluation of different techniques for debonding of ceramic brackets (an in vitro study). *Egyptian Orthodontic Journal*. 9 mars 2022;61(6):37-45.
76. Bishara SE, Olsen ME, VonWald L, Jakobsen JR. Comparison of the debonding characteristics of two innovative ceramic bracket designs. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. juill 1999;116(1):86-92.
77. Subramani K, Bollu P. Debonding of Orthodontic Ceramic brackets: A comprehensive review of the literature – Part 1. *IJODR*. 28 sept 2020;6(3):109-13.
78. Lishna KT, Shaloob M, Antony V, Roshan G, Parayaruthottam P, Mohammed NV, et al. Assessment of Enamel Surface Using Scanning Electron Microscope After Debonding Conventional and Self-Ligating Metal and Ceramic Brackets: An In Vitro Study. *Journal of International Oral Health*. juin 2024;16(3):214.
79. Gwinnett AJ, Matsui A. A study of enamel adhesives: The physical relationship between enamel and adhesive. *Archives of Oral Biology*. 1 déc 1967;12(12):1615-IN46.
80. Diedrich P. Enamel alterations from bracket bonding and debonding: A study with the scanning electron microscope. *American Journal of Orthodontics*. 1 mai 1981;79(5):500-22.
81. Gwinnett AJ, Gorelick L. Microscopic evaluation of enamel after debonding: clinical application. *American journal of orthodontics*. 1977;71(6):651-65.
82. Brandon Khorn. Débaguage orthodontique et surface amélaire : une revue systématique de la littérature. [NICE]: Université cote d'azure; 2023.
83. Bosco E, Potrubacz MI, Arrizza L, Chimenti C, Tepedino M. Enamel preservation during composite removal after orthodontic debonding comparing hydroabrasion with rotary instruments. *Dental Materials Journal*. 2020;39(3):367-74.
84. Mizrahi, Eliakim. "Enamel demineralization following orthodontic treatment." *American journal of orthodontics*. 1982; 82.(1): 62-67.
85. Geiger M, John A, Brook S. Incidence of white spot formation after bonding and banding. *American journal of orthodontics*. 1982 ;81. (2): 93-98.
86. Ismail AI. Visual and Visuo-tactile Detection of Dental Caries. *J Dent Res*. juill 2004;83(1_suppl):56-66.
87. Dartevelle S, Muller-Bolla M, Truffinet A, Pierre A. Promotion de la santé, hygiène et prévention : un trio gagnant. *Clinic*. 2015 .338 :4-8.

88. Kühnisch J, Goddon I, Berger S, Senkel H, Bücher K, Oehme T, et al. Development, Methodology and Potential of the New Universal Visual Scoring System (UniViSS) for Caries Detection and Diagnosis. *IJERPH*. 23 sept 2009;6(9):2500-9.
89. Khalaf K. Factors Affecting the Formation, Severity and Location of White Spot Lesions during Orthodontic Treatment with Fixed Appliances. *J Oral Maxillofac Res*. 1 avr 2014;5(1):e4.
90. Hervé Maréchal. *La photographie dentaire L'essentiel Étape par étape*. ESPACE id. Paris; 2015.
91. Ekstrand K, Martignon S, Ricketts D, Qvist V. Detection and Activity Assessment of Primary Coronal Caries Lesions: A Methodologic Study. *Operative dentistry*. 1 juin 2007;32:225-35.
92. Braga MM, Mendes FM, Ekstrand KR. Detection Activity Assessment and Diagnosis of Dental Caries Lesions. *Dental Clinics of North America*. juill 2010;54(3):479-93.
93. Kühnisch J, Söchtig F, Pitchika V, Laubender R, Neuhaus KW, Lussi A, et al. In vivo validation of near-infrared light transillumination for interproximal dentin caries detection. *Clin Oral Invest*. mai 2016;20(4):821-9.
94. Oancea R, Codru A, Podariu A, Vasile L, Sava-Ro R, Folescu R. In vitro evaluation of laser fluorescence devices for caries detection through stereomicroscopic imaging.
95. Zandoná AF, Zero DT. Diagnostic tools for early caries detection. *J Am Dent Assoc*. déc 2006;137(12):1675-84; quiz 1730.
96. Pretty IA. Caries detection and diagnosis: Novel technologies. *Journal of Dentistry*. 1 nov 2006;34(10):727-39.
97. Wu J, Donly ZR, Donly KJ, Hackmyer S. Demineralization Depth Using QLF and a Novel Image Processing Software. *International Journal of Dentistry*. 2010;2010:1-7.
98. Jablonski-Momeni A, Heinzl-Gutenbrunner M, Klein SMC. In vivo performance of the VistaProof fluorescence-based camera for detection of occlusal lesions. *Clin Oral Invest*. 1 sept 2014;18(7):1757-62.
99. Oancea R, Codru A, Podariu A, Vasile L, Sava-Ro R, Folescu R. In vitro evaluation of laser fluorescence devices for caries detection through stereomicroscopic imaging.
100. Lussi A, Hibst R, Paulus R. DIAGNOdent: An Optical Method for Caries Detection. *J Dent Res*. juill 2004;83(1_suppl):80-3.
101. Goldberg M. Lésions pré-carieuses de l'émail et traitement orthodontique : ultrastructure, composition, prévention, diagnostic et thérapeutiques. Desnoes H, éditeur. *Rev Orthop Dento Faciale*. juin 2023;57(2):125-42.
102. Alm A. On dental caries and caries-related factors in children and teenagers. Göteborg: Dept. of Cariology, Institute of Odontology, Sahlgrenska Academy, University of Gothenburg; 2008.

103. Fontana M, Zero DT. Assessing patients' caries risk. *The Journal of the American Dental Association*. sept 2006;137(9):1231-9.
104. Moulis E, Chabadel O, Goldsmith MC, Canal P. Prevención de caries y ortodoncia. *EMC - Pediatría*. janv 2008;43(2):1-9.
105. Dowd FJ. SALIVA AND DENTAL CARIES. *Dental Clinics of North America*. oct 1999;43(4):579-97.
106. Hicks J, Garcia-Godoy F, Flaitz C. Biological factors in dental caries: role of saliva and dental plaque in the dynamic process of demineralization and remineralization (part 1). *Journal of Clinical Pediatric Dentistry*. 1 sept 2004;28(1):47-52.
107. Cunha-Cruz J, Scott J, Rothen M, Mancl L, Lawhorn T, Brossel K, et al. Salivary characteristics and dental caries. *The Journal of the American Dental Association*. mai 2013;144(5):e31-40.
108. Bahoum A, Bahije L, Zaoui F. [Enamel demineralization in orthodontics. Systematic use of fluoride in prevention and treatment]. *Schweiz Monatschr Zahnmed*. 2012;122(10):937-47.
109. Klukowska M, Bader A, Erbe C, Bellamy P, White DJ, Anastasia MK, et al. Plaque levels of patients with fixed orthodontic appliances measured by digital plaque image analysis. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. mai 2011;139(5):e463-70.
110. White DJ, Kozak KM, Gibb RD, Dunavent JM, Klukowska M, Sagel PA. A 24-Hour Dental Plaque Prevention Study with a Stannous Fluoride Dentifrice Containing Hexametaphosphate. *The Journal of Contemporary Dental Practice*. juill 2006;7(3):1-11.
111. Yang X, Su N, Shi Z, Xiang Z, He Y, Han X, et al. Effects of self-ligating brackets on oral hygiene and discomfort: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled clinical trials. *Int J Dental Hygiene*. févr 2017;15(1):16-22.
112. Nascimento LEAGD, Souza MMDG, Azevedo ARP, Maia LC. Are self-ligating brackets related to less formation of *Streptococcus mutans* colonies? A systematic review. *Dental Press J Orthod*. janv 2014;19(1):60-8.
113. Uzuner FD, Kaygisiz E, Cankaya ZT. Effect of the bracket types on microbial colonization and periodontal status. *Angle Orthod*. nov 2014;84(6):1062-7.
114. Beberhold K, Sachse-Kulp A, Schwestka-Polly R, Hornecker E, Ziebolz D. The Orthodontic Plaque Index: An oral hygiene index for patients with multibracket appliances. 2012;13.
115. Fontana M, Zero DT. Assessing patients' caries risk. *The Journal of the American Dental Association*. 2006;137(9):1231-9.
116. Zero DT, Van Houte J, Russo J. The Intra-oral Effect on Enamel Demineralization of Extracellular Matrix Material Synthesized from Sucrose by *Streptococcus mutans*. *J Dent Res*. juin 1986;65(6):918-23.

117. Heller KE, Burt BA, Eklund SA. Sugared Soda Consumption and Dental Caries in the United States. *J Dent Res.* oct 2001;80(10):1949-53.
118. Michaelis J, Yu Q, Lallier T, Xu X, Ballard RW, Armbruster P. Quantifying the degree of white spot lesions on enamel caused by different commercial beverages using the Canary Caries Detection System: An in vitro study. *J Dent Res Dent Clin Dent Prospects.* 29 mai 2022;16(1):29-34.
119. Opsahl Vital S, Haignere-Rubinstein C, Lasfargues JJ, Chaussain C. Risque carieux et traitement orthodontique. *International Orthodontics.* mars 2010;8(1):28-45.
120. HAS. Recommandations pour la pratique clinique: Appréciation du risque carieux et indications du scellement prophylactique des sillons des premières et deuxième molaires permanentes chez les sujets de moins de 18 ans. Novembre; 2005.
121. Belhadj L, Achouri MY, Boudraa A. Traitement Orthodontique Et Prévention Du Risque Carieux. *April.* 2019; 18 (4):73-80.
122. Jerkovic K, Binnekade JM, van der Kruk JJ. Differences in oral health behaviour between children from high and children from low SES schools in the Netherlands. *Community Dental Health.* 2009;110-105.
123. Harrison R. Oral health promotion for high-risk children: case studies from British Columbia. *Journal-Canadian Dental Association.* 2003;69(5):292-7.
124. Gillcrist JA, Brumley DE, Blackford JU. Community socioeconomic status and children's dental health. *The Journal of the American Dental Association.* 1 févr 2001;132(2):216-22.
125. Gibson S, Williams S. Dental Caries in Pre-School Children: Associations with Social Class, Toothbrushing Habit and Consumption of Sugars and Sugar-Containing Foods: Further Analysis of Data from the National Diet and Nutrition Survey of Children Aged 1.5-4.5 Years. *Caries Research.* 28 janv 1999;33(2):101-13.
126. Rundegren J, van Dijken J, Mörnstad H, von Knorring L. Oral conditions in patients receiving long-term treatment with cyclic antidepressant drugs. *Swed Dent J.* 1 janv 1985;9(2):55-64.
127. Zukanović A. Caries risk assessment models in caries prediction. *AMA.* 15 nov 2013;42(2):198-208.
128. Bratthall D, Hänsel Petersson G. Cariogram – a multifactorial risk assessment model for a multifactorial disease. *Comm Dent Oral Epid.* août 2005;33(4):256-64.
129. Al Mulla AH, Kharsa SA, Kjellberg H, Birkhed D. Caries Risk Profiles in Orthodontic Patients at Follow-Up Using Cariogram. *The Angle Orthodontist.* 1 mars 2009;79(2):323-30.
130. Petsi G, Gizani S, Twetman S, Kavvadia K. Cariogram caries risk profiles in adolescent orthodontic patients with and without some salivary variables. *The Angle Orthodontist.* sept 2014;84(5):891-5.

131. Sudjalim T, Woods M, Manton D. Prevention of white spot lesions in orthodontic practice: a contemporary review. *Australian Dental Journal*. déc 2006;51(4):284-9.
132. Muller-Bolla M, Courson F, Manière-Ezvan A, Viargues P. Le brossage dentaire: quelle méthode. *Rev d'Odonto-Stomatologie*. 2011;40:173-91.
133. Schlueter N, Fiedler S, Mueller M, Walter C, Difloe-Geisert JC, Vach K, et al. Efficacy of a sonic toothbrush on plaque removal—A video-controlled explorative clinical trial. *PLOS ONE*. 22 déc 2021;16(12):e0261496.
134. Shpack N, Greenstein RBN, Gazit D, Sarig R, Vardimon AD. Efficacy of three hygienic protocols in reducing biofilm adherence to removable thermoplastic appliance. *Angle Orthod*. janv 2014;84(1):161-70.
135. Goh HH, Fernandez Mauleffinch LM. Interspace/interdental brushes for oral hygiene in orthodontic patients with fixed appliances. 2007;3
136. Husseini, A., D. E. Slot, and G. A. Van der Weijden. "The efficacy of oral irrigation in addition to a toothbrush on plaque and the clinical parameters of periodontal inflammation: a systematic review." *International journal of dental hygiene*. 2008;6. (4): 304-314.
137. Holley TJ, Ross JA, Hottel TL. Efficacy of Philips Sonicare AirFloss compared to manual brushing and flossing: an in vitro study. *J Tenn Dent Assoc*. 1 mars 2014;94(1):34-6; quiz 36-7.
138. Leite B dos S, Fagundes NCF, Aragón MLC, Dias CGBT, Normando D. Cleansing orthodontic brackets with air-powder polishing: effects on frictional force and degree of debris. *Dental Press J Orthod*. août 2016;21:60-5.
139. Wilmes B, Vali S, Drescher D. In-vitro Study of Surface Changes in Fixed Orthodontic Appliances Following Air Polishing with ClinproTM Prophy and Air-Flow[®]. | *Journal of Orofacial Orthopedics/Fortschritte der Kieferorthopädie*. 2009 ; 70.p. 371.
140. Migliorati M, Isaia L, Cassaro A, Rivetti A, Silvestrini-Biavati F, Gastaldo L, et al. Efficacy of professional hygiene and prophylaxis on preventing plaque increase in orthodontic patients with multibracket appliances: a systematic review. *European Journal of Orthodontics*. 1 juin 2015;37(3):297-307.
141. Belhadj, Leila, M. Yacine Achouri, and Djamila Yekrou. "Apport du fluor dans la prévention du risque carieux au cours du traitement multi-attaches." (2019).
142. Bishara SE, Trulove TS. Comparisons of different debonding techniques for ceramic brackets: an in vitro study. Part I. Background and methods. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 1 août 1990;98(2):145-53.
143. Palot C, Marzin I, Triconnet L. [The peripheral joint: an unrecognized element in the bonding of orthodontic appliances]. *Orthod Fr*. 1 janv 1991;62 Pt 3:893-8.
144. Lussi A, Hellwig E, Klimek J. Fluorides—mode of action and recommendations for use. *Schweizer Monatsschrift für Zahnmedizin*. 2012;122(11):1030.

145. Elkassas D, Arafa A. Remineralizing efficacy of different calcium-phosphate and fluoride based delivery vehicles on artificial caries like enamel lesions. *Journal of Dentistry*. avr 2014;42(4):466-74.
146. Utilisation du fluor dans la prevention de la carie dentaire avant l'age de 18 ans. *Journal de Pédiatrie et de Puériculture*. juill 2009;22(4-5):235-40.
147. Derks A, Katsaros C, Frencken JE, van 't Hof MA, Kuijpers-Jagtman AM. Caries-Inhibiting Effect of Preventive Measures during Orthodontic Treatment with Fixed Appliances: A Systematic Review. *Caries Research*. 20 août 2004;38(5):413-20.
148. Heymann GC, Grauer D. A Contemporary Review of White Spot Lesions in Orthodontics. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*. 2013;25(2):85-95.
149. Bishara SE, Ostby AW. White Spot Lesions: Formation, Prevention, and Treatment. *Seminars in Orthodontics*. sept 2008;14(3):174-82.
150. Srivastava K, Tikku T, Khanna R, Sachan K. Risk factors and management of white spot lesions in orthodontics. *J Orthodont Sci*. 2013;2(2):43.
151. Benson PE, Shah AA, Millett DT, Dyer F, Parkin N, Vine RS. Fluorides, orthodontics and demineralization: a systematic review. *Journal of Orthodontics*. juin 2005;32(2):102-14.
152. Tahmasbi S, Mousavi S, Behroozibakhsh M, Badiiee M. Prevention of white spot lesions using three remineralizing agents: An in vitro comparative study. *J Dent Res Dent Clin Dent Prospects*. 2019;13(1):36-42.
153. Puizina Mladinic E, Puizina J, Gavic L, Tadin A. Clinical Prospective Assessment of Genotoxic and Cytotoxic Effects of Fluoride Toothpaste and Mouthwash in Buccal Mucosal Cells. *Biomedicines*. sept 2022;10(9):2206.
154. Shimpo Y, Nomura Y, Sekiya T, Arai C, Okada A, Sogabe K, et al. Effects of the Dental Caries Preventive Procedure on the White Spot Lesions during Orthodontic Treatment—An Open Label Randomized Controlled Trial. *JCM*. 6 févr 2022;11(3):854.
155. Kirschneck C, Christl JJ, Reicheneder C, Proff P. Efficacy of fluoride varnish for preventing white spot lesions and gingivitis during orthodontic treatment with fixed appliances—a prospective randomized controlled trial. *Clin Oral Invest*. 1 déc 2016;20(9):2371-8.
156. Trimpeneers LM, Dermaut LR. A clinical evaluation of the effectiveness of a fluoride-releasing visible light-activated bonding system to reduce demineralization around orthodontic brackets. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics*. 1996;110(2):218-22.
157. Adel SM, Marzouk ES, El-Harouni N. Combined effect of Er, Cr: YSGG laser and casein phosphopeptide amorphous calcium phosphate on the prevention of enamel demineralization: An in-vitro study. *The Angle Orthodontist*. 2020;90(3):369-75.
158. Adel SM, El-Harouni N, Vaid NR. White Spot Lesions: Biomaterials, Workflows and Protocols. *Seminars in Orthodontics*. mars 2023;29(1):68-78.

159. Oulis CJ, Raadal M, Martens L. Guidelines on the use of fluoride in children: an EAPD policy document. *Eur J Paediatr Dent*. 2000;1(1):7-12.
160. Rogers S, Chadwick B, Treasure E. Fluoride-containing orthodontic adhesives and decalcification in patients with fixed appliances: A systematic review. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 1 oct 2010;138(4):390.e1-390.e8.
161. Doherty UB. Fluoride-releasing elastomeric ligatures assessed with the in situ caries model. *The European Journal of Orthodontics*. 1 août 2002;24(4):371-8.
162. O'Dwyer JJ, Tinsley D, Benson PE. The effect of stretching on the release of fluoride from fluoridated elastomeric ligatures. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 1 oct 2005;128(4):471-6.
163. Simon JA. *Prise en charge des leucomes pré-carieux après dépose des appareillages orthodontiques fixes [PhD Thesis]*. 2014
164. Indrapriyadharshini K, Madan Kumar PD, Sharma K, Iyer K. Remineralizing Potential of Cpp-Acp in White Spot Lesions – A Systematic Review. *Indian Journal of Dental Research*. août 2018;29(4):487.
165. Cochrane NJ, Reynolds EC. Calcium Phosphopeptides — Mechanisms of Action and Evidence for Clinical Efficacy. *Adv Dent Res*. sept 2012;24(2):41-7.
166. Uysal T, Amasyali M, Koyuturk A, Ozcan S. Effects of different topical agents on enamel demineralization around orthodontic brackets: an in vivo and in vitro study. *Australian Dental Journal*. 2010;55(3):268-74.
167. Wen-dan H, Ying-zhi L, Yuan-yuan X, Dong C. Study on application of CPP-ACP on tooth mineralization during orthodontic treatment with fixed appliance. | *Shanghai Journal of Stomatology* . 2010;19. p. 140.
168. Bergstrand F, Twetman S. A Review on Prevention and Treatment of Post-Orthodontic White Spot Lesions – Evidence-Based Methods and Emerging Technologies. *Open Dent J*. 16 sept 2011;5:158-62.
169. Robertson MA, Kau CH, English JD, Lee RP, Powers J, Nguyen JT. MI Paste Plus to prevent demineralization in orthodontic patients: A prospective randomized controlled trial. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 1 nov 2011;140(5):660-8.
170. Attiguppe P, Malik N, Ballal S, Naik SV. CPP–ACP and Fluoride: A Synergism to Combat Caries. *Int J Clin Pediatr Dent*. 2019;12(2):120-5.
171. Pickett FA. Nonfluoride Caries-preventive Agents: New Guidelines. *The Journal of Contemporary Dental Practice*. déc 2011;12(6):469-74.
172. Lasfargues JJ, ten Cate JM, Miller C. La reminéralisation des lésions carieuses (2), synergies thérapeutiques. *Réalités cliniques*. 2004;15.
173. Mathieu Gunepin. (PDF) Current recommendations for the use of xylitol for caries prevention. *L'information dentaire* .2019;20.

174. Milgrom P, Söderling EM, Nelson S, Chi DL, Nakai Y. Clinical Evidence for Polyol Efficacy. *Adv Dent Res.* sept 2012;24(2):112-6.
175. Kamber R, Meyer-Lueckel H, Kloukos D, Tennert C, Wierichs RJ. Efficacy of sealants and bonding materials during fixed orthodontic treatment to prevent enamel demineralization: a systematic review and meta-analysis. *Sci Rep.* 16 août 2021;11(1):16556.
176. O'Reilly MT, De Jesús Viñas J, Hatch JP. Effectiveness of a sealant compared with no sealant in preventing enamel demineralization in patients with fixed orthodontic appliances: A prospective clinical trial. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics.* juin 2013;143(6):837-44.
177. Steiner-Oliveira C, Nobre-dos-Santos M, Zero DT, Eckert G, Hara AT. Effet d'un laser CO₂ pulsé et du fluor sur la prévention de l'érosion de l'émail et de la dentine. *Archives of Oral Biology.* 1 févr 2010;55(2):127-33.
178. Adel SM, Marzouk ES, El-Harouni N. Combined effect of Er,Cr:YSGG laser and casein phosphopeptide amorphous calcium phosphate on the prevention of enamel demineralization: An in-vitro study.. *The Angle Orthodontist,* 2020; 90, (3): 369-375.
179. Sedky Y, Franzen R, Muhammed SF. The effect of diode laser in preventing enamel demineralization in permanent dentition (an in-vitro study). *Egyptian Orthodontic Journal.* 2023;64(1):75-83.
180. Wierichs RJ, Wolf TG, Campus G, Carvalho TS. Efficacy of nano-hydroxyapatite on caries prevention—a systematic review and meta-analysis. *Clin Oral Invest.* avr 2022;26(4):3373-81.
181. Denis H, Werth R, Greuling A, Schwestka-Polly R, Stiesch M, Meyer-Kobbe V, et al. Antibacterial properties and abrasion-stability: Development of a novel silver-compound material for orthodontic bracket application. *J Orofac Orthop.* janv 2024;85(1):30-42.
182. Guzmán-Armstrong S, Chalmers J, Warren JJ. White spot lesions: Prevention and treatment. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics.* déc 2010;138(6):690-6.
183. Willmot D. Scientific section: White lesions after orthodontic treatment: Does low fluoride make a difference? *Journal of orthodontics.* 1 oct 2004;31:235-42; discussion 202.
184. Tirlet G, Attal JP. Le gradient thérapeutique un concept médical pour les traitements esthétiques. *Info Dent.* 1 janv 2009;41:2561-8.
185. Bishara SE, Ostby AW. White Spot Lesions: Formation, Prevention, and Treatment. *Seminars in Orthodontics.* sept 2008;14(3):174-82.
186. Jo SY, Chong HJ, Lee EH, Chang NY, Chae JM, Cho JH, et al. Effects of various toothpastes on remineralization of white spot lesions. *Korean Journal of Orthodontics.* mai 2014;44(3):113.

187. Lussi A, Hellwig E, Klimek J. Fluorides - mode of action and recommendations for use. *Schweiz Monatsschr Zahnmed.* 2012;122(11):1030-42.
188. Desfontaine J. La prévention de la carie : le fluor. *Rev Orthop Dento Faciale.* 1 sept 2002;36(3):335-50.
189. Du M, Cheng N, Tai B, Jiang H, Li J, Bian Z. Randomized controlled trial on fluoride varnish application for treatment of white spot lesion after fixed orthodontic treatment. *Clinical oral investigations.* avr 2012;16(2):463.
190. Miller C, ten Cate JM, Lasfargues JJ. La reminéralisation des lésions carieuses (1), le rôle essentiel des fluorures. *Réalités cliniques.* 2004
191. Hu H, Feng C, Jiang Z, Wang L, Shrestha S, Su X, et al. Effectiveness of remineralising agents in prevention and treatment of orthodontically induced white spot lesions: a protocol for a systematic review incorporating network meta-analysis. *Syst Rev.* déc 2019;8(1):339.
192. Beerens MW, Van Der Veen MH, Van Beek H, Ten Cate JM. Effects of casein phosphopeptide amorphous calcium fluoride phosphate paste on white spot lesions and dental plaque after orthodontic treatment: a 3-month follow-up. *European J Oral Sciences.* déc 2010;118(6):610-7.
193. Nongonierma AB, FitzGerald RJ. Biofunctional Properties of Caseinophosphopeptides in the Oral Cavity. *Caries Research.* 5 mai 2012;46(3):234-67.
194. Aboudharam G, Fouque F, Pignoly C, Claisse A, Plazy A. Éclaircissement dentaire. *EMC Médecine Buccale.* 2008;3:1-15.
195. Croll TP, Bullock GA. Enamel microabrasion for removal of smooth surface decalcification lesions. *J Clin Orthod.* juin 1994;28(6):365-70.
196. Sundfeld RH, Croll TP, Briso ALF, de Alexandre RS, Sundfeld Neto D. Considerations about enamel microabrasion after 18 years. *Am J Dent.* 1 avr 2007;20(2):67-72.
197. Croll TP. ENAMEL MICROABRASION: OBSERVATIONS AFTER 10 YEARS. *The Journal of the American Dental Association.* avr 1997;128:45S-50S.
198. Murphy TC, Willmot DR, Rodd HD. Management of postorthodontic demineralized white lesions with microabrasion: A quantitative assessment. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics.* 1 janv 2007;131(1):27-33.
199. Benbachir N, Ardu S, Krejci I. Indications and limits of the microabrasion technique. *Quintessence International.* 2007. 38. p. 811.
200. Sundararaj D, Venkatachalapathy S, Tandon A, Pereira A. Critical evaluation of incidence and prevalence of white spot lesions during fixed orthodontic appliance treatment: A meta-analysis. *Journal of International Society of Preventive and Community Dentistry.* déc 2015;5(6):433.

201. Charlet A. L'érosion-infiltration dans le traitement des leucomes orthodontiques [PhD Thesis]. 2018.
202. Zakizade M, Davoudi A, Akhavan A, Shirban F. Effect of resin infiltration technique on improving surface hardness of enamel lesions: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Evidence Based Dental Practice*. 2020;20(2):101405.
203. Bourouni S, Dritsas K, Kloukos D, Wierichs RJ. Efficacy of resin infiltration to mask post-orthodontic or non-post-orthodontic white spot lesions or fluorosis — a systematic review and meta-analysis. *Clin Oral Invest*. août 2021;25(8):4711-9.
204. Yonghong L, Lihong G, Huizhen C, Xueqian C. A study on the penetration abilities of natural initial caries lesions with resin infiltration. *West China journal of stomatology* . 2012 ;30(5).
205. Meyer-Lueckel H, Chatzidakis A, Naumann M, Dörfer CE, Paris S. Influence of application time on penetration of an infiltrant into natural enamel caries. *Journal of dentistry*. 2011;39(7):465-9.
206. Paris S, Meyer-Lueckel H. Infiltrants Inhibit Progression of Natural Caries Lesions *in vitro*. *J Dent Res*. nov 2010;89(11):1276-80.
207. Paris S, Meyer-Lueckel H, Cölfen H, Kielbassa AM. Penetration coefficients of commercially available and experimental composites intended to infiltrate enamel carious lesions. *Dental Materials*. 2007;23(6):742-8.
208. Torres CRG, Borges AB, Torres LMS, Gomes IS, de Oliveira RS. Effect of caries infiltration technique and fluoride therapy on the colour masking of white spot lesions. *Journal of dentistry*. 2011;39(3):202-7.
209. Gugnani N, Pandit IK, Goyal V, Gugnani S, Sharma J, Dogra S. Esthetic improvement of white spot lesions and non-pitted fluorosis using resin infiltration technique: series of four clinical cases. *Journal of Indian Society of Pedodontics and Preventive Dentistry*. 2014;32(2):176-80.
210. Paris S, Schwendicke F, Seddig S, Müller WD, Dörfer C, Meyer-Lueckel H. Micro-hardness and mineral loss of enamel lesions after infiltration with various resins: influence of infiltrant composition and application frequency in vitro. *Journal of dentistry*. 2013;41(6):543-8.
211. Robinson C, Brookes SJ, Kirkham J, Wood SR, Shore RC. In vitro studies of the penetration of adhesive resins into artificial caries-like lesions. *Caries research*. 2001;35(2):136-41.
212. Chang-qing Y, Guo-wen DOU, Jing D, Guo-liang G, Pei SUN, Ying-xiu CAO. Effect of infiltration technique and polishing on the roughness of artificial carious enamel surfaces. *Shanghai Journal of Stomatology*. 2013;22(4):402.
213. Shan D, He Y, Gao M, Liu H, Zhu Y, Liao L, et al. A comparison of resin infiltration and microabrasion for postorthodontic white spot lesion. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 2021;160(4):516-22.

214. Icône – Carie infiltratrice vestibulaire. DMG - Matériaux dentaires de haute qualité pour dentistes et prothésistes dentaires.2024.
215. Zaazou MohamedH, Saleh RS, Hassan SN, Abdelnabi A, Zaki ZM, Hamdy TM, et al. Effectiveness of low-viscosity resin infiltration (Icon) on color change of enamel white spot lesions : 1-year follow-up clinical study. Bull Natl Res Cent. 4 juin 2024;48(1):62.
216. Yetkiner E, Wegehaupt FJ, Attin R, Attin T. Caries infiltrant combined with conventional adhesives for sealing sound enamel in vitro. The Angle Orthodontist. 31 janv 2013;83(5):858-63.
217. Wiegand A, Stawarczyk B, Kolakovic M, Hämmerle CHF, Attin T, Schmidlin PR. Adhesive performance of a caries infiltrant on sound and demineralised enamel. Journal of Dentistry. 1 févr 2011;39(2):117-21.
218. Naidu E, Stawarczyk B, Tawakoli PN, Attin R, Attin T, Wiegand A. Shear bond strength of orthodontic resins after caries infiltrant preconditioning. The Angle Orthodontist. 22 août 2012;83(2):306-12.
219. Bonnet E. Apport des reconstitutions collées dans l'esthétique du secteur antérieur : une gestion de 7 à 77 ans. Orthod Fr. 1 juin 2012;83(2):143-52.
220. Dietschi D, Ardu S, Krejci I. A new shading concept based on natural tooth color applied to direct composite restorations. Quintessence Int. 1 févr 2006;37(2):91-102.
221. Manhart J. Esthétique antérieure parfaite grâce aux facettes céramiques cillées. Schweizerische Monatsschrift für Zahnmedizin. 2011;121(1):39.
222. Simon PJA. Prise en charge des leucomes pré-carieux après dépose des appareillages orthodontiques fixes [PhD Thesis]. 2014. univ-lille.fr
223. Attal JP, Atlan A, Denis M, Vennat E, Tirlet G. Taches blanches de l'émail : protocole de traitement par infiltration superficielle ou en profondeur (partie 2). International Orthodontics. 1 mars 2014;12(1):1-31.
224. OpenEpi Menu [Internet]. [cité 30 janv 2025]. Disponible sur: https://www.openepi.com/Menu/OE_Menu.htm
225. Mettre Fin à la Carie de la Petite Enfance: Manuel de Mise en Oeuvre de L'OMS.1st ed. Geneva: World Health Organization; 2021. 1 p.
226. Admin_SfODF. L'hygiène bucco-dentaire d'un porteur d'appareil orthodontique . SFODF. [cité 16 nov 2024]. Disponible sur: https://www.sfodf.org/avada_portfolio/lhygiene-bucco-dentaire-dun-porteur-dappareilorthodontique/
227. Paul Garwood. L'OMS préconise l'application de mesures au niveau mondial pour réduire la consommation de boissons sucrées [Internet]. [cité 23 nov 2024].

228. Gizani S, Petsi G, Twetman S, Caroni C, Makou M, Papagianoulis L. Effect of the probiotic bacterium *Lactobacillus reuteri* on white spot lesion development in orthodontic patients. *EORTHO*. févr 2016;38(1):85-9.
229. Stecksén-Blicks C, Renfors G, Oscarson ND, Bergstrand F, Twetman S. Caries-Preventive Effectiveness of a Fluoride Varnish: A Randomized Controlled Trial in Adolescents with Fixed Orthodontic Appliances. *Caries Res*. 2007;41(6):455-9.
230. Lovrov S, Hertrich K, Hirschfelder U. Enamel Demineralization during Fixed Orthodontic Treatment – Incidence and Correlation to Various Oral-hygiene Parameters. *J Orofac Orthop*. sept 2007;68(5):353-63.
231. Enaia M, Bock N, Ruf S. White-spot lesions during multibracket appliance treatment: A challenge for clinical excellence. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. juill 2011;140(1):e17-24.
232. Hadler-Olsen S, Sandvik K, El-Agroudi MA, Ogaard B. The incidence of caries and white spot lesions in orthodontically treated adolescents with a comprehensive caries prophylactic regimen--a prospective study. *The European Journal of Orthodontics*. 1 oct 2012;34(5):633-9.
233. Julien KC, Buschang PH, Campbell PM. Prevalence of white spot lesion formation during orthodontic treatment. *The Angle Orthodontist*. 1 juill 2013;83(4):641-7.
234. Benkaddour A, Bahije L, Bahoum A, Zaoui F. L'orthodontie et les déminéralisations amélaire : étude clinique des facteurs de risque. *International Orthodontics*. déc 2014;12(4):458-66.
235. Franks DM. Occurrence and Evaluation of White Spot Lesions in Orthodontic Patients: A Pilot Study. [MASTER OF SCIENCE in ORAL BIOLOGY]. [Philadelphie, Pennsylvanie]: Temple University; 2014.
236. Kaaij NCW, Veen MH, Kaaij MAE, Cate JM. A prospective, randomized placebo-controlled clinical trial on the effects of a fluoride rinse on white spot lesion development and bleeding in orthodontic patients. *Eur J Oral Sci*. juin 2015;123(3):186-93.
237. Hammad SM, Knösel M. Efficacy of a new sealant to prevent white spot lesions during fixed orthodontic treatment: A 12-month, single-center, randomized controlled clinical trial. *J Orofac Orthop*. nov 2016;77(6):439-45.
238. Esenlik E, Uzer Çelik E, Bolat E. Efficacy of a casein phosphopeptide amorphous calcium phosphate (CPP-ACP) paste in preventing white spot lesions in patients with fixed orthodontic appliances: A prospective clinical trial. *Eur J Paediatr Dent*. 1 déc 2016;17(4):274-80.
239. Buschang PH, Chastain D, Keylor CL, Crosby D, Julien KC. Incidence of white spot lesions among patients treated with clear aligners and traditional braces. *The Angle Orthodontist*. 1 mai 2019;89(3):359-64.

240. Dallel I, Ben Salem I, Merghni A, Bellalah W, Neffati F, Tobji S, et al. Influence of orthodontic appliance type on salivary parameters during treatment. *The Angle Orthodontist*. 1 juill 2020;90(4):532-8.
241. Sonesson M, Twetman S, Bondemark L. Effectiveness of high-fluoride toothpaste on enamel demineralization during orthodontic treatment--a multicenter randomized controlled trial. *The European Journal of Orthodontics*. 1 déc 2014;36(6):678-82.
242. Grocholewicz K, Mikłasz P, Zawisłak A, Sobolewska E, Janiszewska-Olszowska J. Fluoride varnish, ozone and octenidine reduce the incidence of white spot lesions and caries during orthodontic treatment: randomized controlled trial. *Sci Rep*. 17 août 2022;12(1):13985.
243. Gönder HY, Yıldırım M, Metli ŞN. Incidence of white spot lesions and DMFT among patients treated with comprehensive orthodontics. *Int Dent Res*. 31 déc 2022;12(Suppl. 1):85-9.
244. Ganss C, Schulz-Weidner N, Klaus K, Von Bremen J, Ruf S, Bock NC. Caries and white spot lesion trajectories of orthodontic patients across an observation period of 20 years. *Clin Oral Invest*. 11 juin 2024;28(7):367.
245. Salerno C, Grazia Cagetti M, Cirio S, Esteves-Oliveira M, Wierichs RJ, Kloukos D, et al. Distribution of initial caries lesions in relation to fixed orthodontic therapy. A systematic review and meta-analysis. *European Journal of Orthodontics*. 1 avr 2024;46(2):cjae008.
246. Banks PA, Richmond S. Enamel sealants: a clinical evaluation of their value during fixed appliance therapy. *The European Journal of Orthodontics*. 1 févr 1994;16(1):19-25.
247. Erbe C, Hartmann L, Schmidtman I, Ohlendorf D, Wehrbein H. A novel method quantifying caries following orthodontic treatment. *Sci Rep*. 1 nov 2021;11(1):21347.
248. Jiang, Han, et al. "Effect of 1.23% acidulated phosphate fluoride foam on white spot lesions in ortho-dontic patients: a randomized trial." *Pediatric dentistry*. 2013;35.(3): 275-278.
249. Mitchell L. Decalcification during Orthodontic Treatment with Fixed Appliances— An Overview. *British Journal of Orthodontics*. 1 août 1992;19(3):199-205.
250. Kudirkaite I, Lopatiene K, Zubiene J, Saldunaite K. Age and gender influence on oral hygiene among adolescents with fixed orthodontic appliances. 2016;18(2).
251. Mahmoudzadeh, Majid, et al. "Effect of CO2 laser on the prevention of white spot lesions during fixed orthodontic treatment: a randomized clinical trial." *Turkish Journal of Orthodontics* .2019;32.(3): 165.
252. Zarif Najafi H, Shavakhi M, Pakshir HR. Evaluation of the preventive effect of two concentrations of xylitol varnish versus fluoride varnish on enamel demineralization around orthodontic brackets: a randomized controlled trial. *European Journal of Orthodontics*. 24 mai 2022;44(3):243-51.

253. Toti Ç, Meto A, Kaçani G, Droboniku E, Hysi D, Tepedino M, et al. White Spots Prevalence and Tooth Brush Habits during Orthodontic Treatment. *Healthcare*. févr 2022;10(2):320.
254. Tufekci E, Dixon JS, Gunsolley JC, Lindauer SJ. Prevalence of white spot lesions during orthodontic treatment with fixed appliances. *The Angle Orthodontist*. mars 2011;81(2):206-10.
255. Årtun J, Brobakken BO. Prevalence of carious white spots after orthodontic treatment with multibonded appliances. *The European Journal of Orthodontics*. 1986;8(4):229-34.
256. Akkus, Anna, et al. "Investigation of Intra-and Inter-individual Variations of Mineralisation in Healthy Permanent Human Enamel by Raman Spectroscopy." *Oral Health Prev. Dent*.2016; 14: 321-327.
257. Samawi S. Localisation and surface area measurement of post-orthodontic white lesions by computerized image analysis. University of Sheffield. 2005;
258. Martignon S, Ekstrand KR, Lemos MI, Lozano MP, Higuera C. Plaque, caries level and oral hygiene habits in young patients receiving orthodontic treatment. *Community dental health*. 2010;27(3):133.
259. Khlaf p. Les facteurs de risque des caries dentaires chez des ecoliers a metn. [liban]: université saint - esprit de kaslik; 2013.
260. Lucchese A, Gherlone E. Prevalence of white-spot lesions before and during orthodontic treatment with fixed appliances. *European Journal of Orthodontics*. 1 oct 2013;35(5):664-8.
261. Alcouffe F. Oral hygiene behavior: differences between men and women. *Clinical preventive dentistry*. 1989;11(3):6-10.
262. Sakki TK, Knuutila MLE, Anttila SS. Lifestyle, gender and occupational status as determinants of dental health behavior. *J Clinic Periodontology*. juill 1998;25(7):566-70.
263. Al Maaitah emad, Adeyemi AA, Higham SM, Pender N, Harrison JE. Factors affecting demineralization during orthodontic treatment: A post-hoc analysis of RCT recruits. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. févr 2011;139(2):181-91.
264. Akin M, Basciftci FA. Can white spot lesions be treated effectively? *The Angle Orthodontist*. 23 févr 2012;82(5):770-5.
265. Sharda S, Gupta A, Goyal A, Gauba K. Remineralization potential and caries preventive efficacy of CPP-ACP/Xylitol/Ozone/Bioactive glass and topical fluoride combined therapy versus fluoride mono-therapy – a systematic review and meta-analysis. *Acta Odontologica Scandinavica*. 18 août 2021;79(6):402-17.
266. Sharab L, Loss C, Jensen D, Kluemper GT, Alotaibi M, Nagaoka H. Prevalence of white spot lesions and gingival index during orthodontic treatment in an academic

- setting. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. juin 2023;163(6):835-42.
267. Fiorillo L. Oral Health: The First Step to Well-Being. *Medicina*. 7 oct 2019;55(10):676.
268. Franks DM. Occurrence and Evaluation of White Spot Lesions in Orthodontic Patients: A Pilot Study. [MASTER OF SCIENCE in ORAL BIOLOGY]. [Philadelphie, Pennsylvanie]: Temple University; 2014.
269. Kuhar M, Cevc P, Schara M, Funduk N. Enhanced permeability of acid-etched or ground dental enamel. *The Journal of Prosthetic Dentistry*. 1 juin 1997;77(6):578-82.
270. Chadwick BL, Roy J, Knox J, Treasure ET. The effect of topical fluorides on decalcification in patients with fixed orthodontic appliances: A systematic review. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. nov 2005;128(5):601-6.
271. Stratemann MW, Shannon IL. Control of decalcification in orthodontic patients by daily self-administered application of a water-free 0.4 per cent stannous fluoride gel. *American journal of orthodontics*. 1974;66(3):273-9.
272. O'Reilly MT, De Jesús Viñas J, Hatch JP. Effectiveness of a sealant compared with no sealant in preventing enamel demineralization in patients with fixed orthodontic appliances: A prospective clinical trial. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 1 juin 2013;143(6):837-44.
273. Alavi S, Yaraghi N. The effect of fluoride varnish and chlorhexidine gel on white spots and gingival and plaque indices in fixed orthodontic patients: A placebo-controlled study. *Dent Res J*. 2018;15(4):276.
274. Restrepo M, Bussaneli DG, Jeremias F, Cordeiro RCL, Magalhães AC, Palomari Spolidorio DM, et al. Control of White Spot Lesion Adjacent to Orthodontic Bracket with Use of Fluoride Varnish or Chlorhexidine Gel. *Lingström P, éditeur. The Scientific World Journal*. janv 2015;(1):218452.
275. Govindaraj A, Dinesh SPS. Effect of Chlorhexidine Varnish and Fluoride Varnish on White Spot Lesions in Orthodontic Patients- a Systematic Review. *TODENTJ*. 16 avr 2021;15(1):151-9.
276. Park KJ, Kroker T, Groß U, Zimmermann O, Krause F, Haak R, et al. Effectiveness of caries-preventing agents on initial carious lesions within the scope of orthodontic therapy. *Korean J Orthod*. 2019;49(4):246.
277. Kidd E. The implications of the new paradigm of dental caries. *Journal of Dentistry*. déc 2011;39:S3-8.
278. Ireland AJ, McGuinness N, Sherriff M. An investigation into the ability of soft drinks to adhere to enamel. *Caries Research*. 1995;29(6):470-6.
279. Burnheimer JM, Serio CG, Loo BH, Hartsock LA. Prevalence of white spot lesions and risk factors associated with the COVID-19 pandemic. *Journal of the World Federation of Orthodontists*. août 2022;11(4):125-9.

280. Weyant RJ, Tracy SL, Anselmo T (Tracy), Beltrán-Aguilar ED, Donly KJ, Frese WA, et al. Topical fluoride for caries prevention. *The Journal of the American Dental Association*. nov 2013;144(11):1279-91.
281. Khattak MF, Conry JP, Ko CC. Comparison of Three Topical Fluorides Using Computer Imaging. *Journal of Clinical Pediatric Dentistry*. 1 janv 2006;30(2):139-44.
282. Todd MA, Staley RN, Kanellis MJ, Donly KJ, Wefel JS. Effect of a fluoride varnish on demineralization adjacent to orthodontic brackets. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics*. 1999;116(2):159-67.
283. Lipták L, Szabó K, Nagy G, Márton S, Madléna M. Microbiological Changes and Caries-Preventive Effect of an Innovative Varnish Containing Chlorhexidine in Orthodontic Patients. *Caries Research*. 31 janv 2018;52(4):272-8.
284. Shen P, Bagheri R, Walker G, Yuan Y, Stanton D, Reynolds C, et al. Effect of calcium phosphate addition to fluoride containing dental varnishes on enamel demineralization. *Australian Dental Journal*. sept 2016;61(3):357-65.
285. Höchli D, Hersberger-Zurfluh M, Papageorgiou SN, Eliades T. Interventions for orthodontically induced white spot lesions: a systematic review and meta-analysis. *European Journal of Orthodontics*. 1 avr 2017;39(2):122-33.
286. Tasios T, Papageorgiou SN, Papadopoulos MA, Tsapas A, Haidich A. Prevention of orthodontic enamel demineralization: A systematic review with meta-analyses. *Orthod Craniofac Res*. nov 2019;22(4):225-35.
287. Grocholewicz K, Mikłasz P, Zawisłak A, Sobolewska E, Janiszewska-Olszowska J. Fluoride varnish, ozone and octenidine reduce the incidence of white spot lesions and caries during orthodontic treatment: randomized controlled trial. *Scientific Reports*. 2022;12(1):13985.
288. Lazar L, Vlăsa A, Beresescu L, Bud A, Lazar AP, Matei L, et al. White Spot Lesions (WSLs)—Post-Orthodontic Occurrence, Management and Treatment Alternatives: A Narrative Review. *JCM*. 28 févr 2023;12(5):1908.
289. Sardana D, Zhang J, Ekambaram M, Yang Y, McGrath CP, Yiu CKY. Effectiveness of professional fluorides against enamel white spot lesions during fixed orthodontic treatment: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Dentistry*. mars 2019;82:1-10.
290. Kirschneck C, Christl JJ, Reicheneder C, Proff P. Efficacy of fluoride varnish for preventing white spot lesions and gingivitis during orthodontic treatment with fixed appliances—a prospective randomized controlled trial. *Clin Oral Invest*. déc 2016;20(9):2371-8.
291. Rechmann P, Bekmezian S, Rechmann BMT, Chaffee BW, Featherstone JDB. MI Varnish and MI Paste Plus in a caries prevention and remineralization study: a randomized controlled trial. *Clin Oral Invest*. 1 juill 2018;22(6):2229-39.

292. Benson PE, Parkin N, Dyer F, Millett DT, Germain P. Fluorides for preventing early tooth decay (demineralised lesions) during fixed brace treatment. *Cochrane Database of Systematic Reviews*. 2019.
293. Perrini F, Lombardo L, Arreghini A, Medori S, Siciliani G. Caries prevention during orthodontic treatment: In-vivo assessment of high-fluoride varnish to prevent white spot lesions. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 2016;149(2):238-43.
294. Andruccioli MCD, Faria G, Nelson-Filho P, Romano FL, Matsumoto MAN. Influence of resin-modified glass ionomer and topical fluoride on levels of *Streptococcus mutans* in saliva and biofilm adjacent to metallic brackets. *J Appl Oral Sci*. 2017;25(2):196-202.
295. Sardana D, Schwendicke F, Kosan E, Tüfekçi E. White spot lesions in orthodontics: consensus statements for prevention and management. *The Angle orthodontist*. 2023;93(6):621-8.
296. Benson PE, Parkin N, Dyer F, Millett DT, Germain P. Fluorides for preventing early tooth decay (demineralised lesions) during fixed brace treatment - Benson, PE - 2019 | *Cochrane Library*.
297. Visel D, Jäcker T, Jost-Brinkman PG, Präger TM. Erratum to: Evaluation of demineralization adjacent to orthodontic brackets after application of conventional and self-etching primer. *J Orofac Orthop*. janv 2015;76(1):99-99.
298. Yagci A, Seker ED, Demirsoy KK, Ramoglu SI. Do total or partial etching procedures effect the rate of white spot lesion formation? A single-center, randomized, controlled clinical trial. *The Angle Orthodontist*. 1 janv 2019;89(1):16-24.
299. Abufarwa M, Voorhees RD, Varanasi VG, Campbell PM, Buschang PH. White spot lesions: Does etching really matter? *J of Invest & Clin Dent*. févr 2018;9(1):e12285.
300. Benson PE, Alexander-Abt J, Cotter S, Dyer FM, Fenessa F, Patel A, et al. Resin-modified glass ionomer cement vs composite for orthodontic bonding: A multicenter, single-blind, randomized controlled trial. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 2019;155(1):10-8.
301. Lehman R, Davidson CL. Loss of surface enamel after acid etching procedures and its relation to fluoride content. *American Journal of Orthodontics*. 1981;80(1):73-82.
302. Kuhar M, Cevc P, Schara M, Funduk N. Enhanced permeability of acid-etched or ground dental enamel. *The Journal of Prosthetic Dentistry*. 1 juin 1997;77(6):578-82.
303. Comert S, Oz AA. Clinical effect of a fluoride-releasing and rechargeable primer in reducing white spot lesions during orthodontic treatment. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. janv 2020;157(1):67-72.
304. Lehman R, Davidson CL, Duijsters PPE. In vitro studies on susceptibility of enamel to caries attack after orthodontic bonding procedures. *American Journal of Orthodontics*. 1 juill 1981;80(1):61-72.

305. Paschos E, Bücher K, Huth KC, Crispin A, Wichelhaus A, Dietel T. Is there a need for orthodontic plaque indices?—diagnostic accuracy of four plaque indices. *Clin Oral Invest.* mai 2014;18(4):1351-8.
306. Shungin D, Olsson AI, Persson M. Orthodontic treatment-related white spot lesions: A 14-year prospective quantitative follow-up, including bonding material assessment. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics.* août 2010;138(2):136.e1-136.e8.
307. Eissaa OE, El-Shourbagy EM, Ghobashy SA. In vivo effect of a fluoride releasing adhesive on inhibition of enamel demineralization around orthodontic brackets. *Tanta Dental Journal.* 2013;10(2):86-96.
308. Sonis AL, Snell W. An evaluation of a fluoride-releasing, visible light-activated bonding system for orthodontic bracket placement. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics.* avr 1989;95(4):306-11.
309. Marcusson A, Norevall L I., Persson M. White spot reduction when using glass ionomer cement for bonding in orthodontics: a longitudinal and comparative study. *The European Journal of Orthodontics.* 1 juin 1997;19(3):233-42.
310. Millett DT, Creanor SL, Newell J, Love J. A Comparative Clinical Trial of a Compomer and a Resin Adhesive for Orthodontic Bonding. *Angle Orthodontist.* 2000;70(3).
311. Rogers S, Chadwick B, Treasure E. Fluoride-containing orthodontic adhesives and decalcification in patients with fixed appliances: a systematic review. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics.* 2010;138(4):390-e1.
312. Saengphen T, Koontongkaew S, Utispan K. Reduction of dental biofilm cariogenicity in patients with fixed orthodontic appliances by a combined Horizontal-Charters-modified Bass brushing technique and dietary advice: A randomized clinical trial . 2022.
313. Buck T, Pellegrini P, Sauerwein R, Leo MC, Jr DAC, Maier T, et al. Elastomeric-ligated vs self-ligating appliances: A pilot study examining microbial colonization and white spot lesion formation after 1 year of orthodontic treatment. 2011;12(2).
314. Forsberg CM, Brattström V, Malmberg E, Nord CE. Ligature wires and elastomeric rings: two methods of ligation, and their association with microbial colonization of *Streptococcus mutans* and *Lactobacilli*. *The European Journal of Orthodontics.* 1991;13(5):416-20.
315. Akin M, Basciftci FA. Can white spot lesions be treated effectively? *The Angle Orthodontist.* sept 2012;82(5):770-5.

Annexes

Annexe 01

Fiche de données

- Numéro de dossier :
- *Date du collage des brackets* :
- *12mois du traitement* :

1er Volet : à remplir avant le traitement

Définition de la population :

Nom et prénom :

Age :

ans mois

Sexe :

F M

Profession de la mère : (En majuscule)

Profession du père : (En majuscule)

Niveau socioéconomique :

haut , moyen bas

Variables, liées au patient, étudiées durant l'examen clinique :

Etat d'hygiène bucco-dentaire :

- Avant le traitement : bon moyen mauvais

Indice CAOD :

Nombre de dents cariées :

Nombre de dents absentes :

Nombre de dents obturées :

Indice CAOD

2ème Volet : à remplir à 12 mois du traitement

Variables, liées au patient :

Etat d'hygiène bucco-dentaire :

- A 12 mois du traitement : bon moyen mauvais

Fréquence du brossage :

1 fois/ jour 2 fois/jours 3fois/jours

Durée de brossage :

minutes

Utilisation des adjuvants au brossage :

- Les bâtonnets inter dentaires Oui Non

- Le fil dentaire Oui Non
- Les brossettes inter dentaires Oui Non

Utilisation de supplément de fluorure : Oui Non

(Bain de bouche ou gel fluoré)

Utilisation des agents antiseptiques : Oui Non

(Bain de bouche)

Comportement alimentaire :

- Grignotage : Oui Non
- Consommation de sucre
 - Inférieure à 2 fois /jour
 - Supérieure à 2 fois par jour
- Consommation de boissons gazeuses :
 - Pas de consommation
 - Quelquefois par semaine
 - Chaque jour

Indice CAOD à 12 mois du traitement :

Nombre de dents cariées

Nombre de dents absentes :

Nombre de dents obturées :

Indice CAOD

Coopération du patient

Nombre de rendez-vous ratés

Variables liées au traitement orthodontique :

Application du vernis fluoré : oui non

Préparation de la surface amélaire :

Mordançage à l'acide orthophosphorique

Durée de mordançage : 15 secondes 30 secondes

Utilisation d'adhésif auto mordançant

Surfaces intéressées : Mésiale Distale

Cervicale Occlusale

Dent intéressée	Surface atteinte	Score
11	M	
	D	
	C	
	O	

Dent intéressée	Surface atteinte	Score
21	M	
	D	
	C	
	O	

Dent intéressée	Surface atteinte	Score
12	M	
	D	
	C	
	O	

Dent intéressée	Surface atteinte	Score
22	M	
	D	
	C	
	O	

Dent intéressée	Surface atteinte	Score
13	M	
	D	
	C	
	O	

Dent intéressée	Surface atteinte	Score
23	M	
	D	
	C	
	O	

Dent intéressée	Surface atteinte	Score
14	M	
	D	
	C	
	O	

Dent intéressée	Surface atteinte	Score
24	M	
	D	
	C	
	O	

Dent intéressée	Surface atteinte	Score
15	M	
	D	
	C	
	O	

Dent intéressée	Surface atteinte	Score
25	M	
	D	
	C	
	O	

Dent intéressée	Surface atteinte	Score
31	M	
	D	
	C	
	O	

Dent intéressée	Surface atteinte	Score
41	M	
	D	
	C	
	O	

Dent intéressée	Surface atteinte	Score
32	M	
	D	
	C	
	O	

Dent intéressée	Surface atteinte	Score
42	M	
	D	
	C	
	O	

Dent intéressée	Surface atteinte	Score
33	M	
	D	
	C	
	O	

Dent intéressée	Surface atteinte	Score
43	M	
	D	
	C	
	O	

Dent intéressée	Surface atteinte	Score
34	M	
	D	
	C	
	O	

Dent intéressée	Surface atteinte	Score
44	M	
	D	
	C	
	O	

Dent intéressée	Surface atteinte	Score
35	M	
	D	
	C	
	O	

Dent intéressée	Surface atteinte	Score
45	M	
	D	
	C	
	O	

Annexe 02

Les critères d'évaluation :

Statut socio-économique des patients : basé sur la profession des deux parents

- *Bas* : Chômeurs, retraités non cadres, agents d'entretien et de surveillance.
- *Moyen* : Ouvriers, cadres moyens, fonctionnaires, artisans.
- *Haut* : Cadres et professions intellectuelles supérieures, chefs d'entreprises, industriels, grands commerçants.

Etat d'hygiène bucco-dentaire avant le traitement :

- *Bonne hygiène* : Pas de plaque visible, pas de gingivite
- *Hygiène moyenne* : Quelques plaques visibles, zones isolées de gingivite
- *Mauvaise hygiène* : Plaque épaisse et / ou généralisée, avec gingivite

Etat d'hygiène bucco-dentaire à 12 mois du traitement orthodontique :

- *Bonne hygiène* : Pas de plaque visible, pas d'hypertrophie, pas de saignement gingival.
- *Hygiène moyenne* : Quelques plaques visibles, gingivite isolée ou hypertrophie, saignement provoqué.
- *Mauvaise hygiène* : Multiples zones de plaque visible et / ou hypertrophie généralisée, gingivite et saignement gingival.

Échelle d'évaluation clinique du degré de sévérité des WSL, indice de Gorelick :

Score 0 = Pas de taches blanches visibles ni de perturbation de surface (pas de déminéralisation)

Score 1 = Tache blanche visible sans perturbation de la surface (déminéralisation légère)

Score 2 = Lésion de taches blanches visibles ayant une surface rugueuse mais ne nécessitant pas de restauration (déminéralisation sévère)

Score 3 = Lésion de taches blanches avec habitation visible nécessitant une restauration (déminéralisation sévère cavitaire)

Annexe 03

Formulaire de consentement éclairé

Université Salah Bounider
Faculté de médecine /Département de médecine dentaire
Service d'orthopédie dento faciale. CHU Dr BENBADIS Constantine

**FORMULAIRE DE CONSENTEMENT DU PARENT OU TUTEUR POUR
PARTICIPER À L'ÉTUDE :**

**INCIDENCE DES TACHES BLANCHES DE L'ÉMAIL AU COURS DU
TRAITEMENT ORTHODONTIQUE
FIXE ET DÉTERMINATION DES FACTEURS DE RISQUE.**

Je soussigné, autorise volontairement que mon enfant participe à l'étude portant sur l'incidence des taches blanches de l'émail durant le traitement orthodontique, menée par le service d'orthopédie dento faciale de Constantine.

Je déclare également avoir été informé (e) sur les buts de l'utilisation des photos.

Nom et prénom de l'enfant :.....

Signature du parent :.....

Date :.....

RÉSUMÉ

Introduction :

Les taches blanches de l'émail, connues sous la dénomination anglo-saxonne de white spot lesions (WSL), forment une complication assez fréquente et disgracieuse au cours du traitement orthodontique fixe, où le résultat thérapeutique se situe dans un contexte esthétique. L'objectif de ce travail est d'estimer l'incidence des WSL survenant au cours d'un traitement orthodontique fixe multi-attache et d'identifier les principaux facteurs de risque qui entretiennent leur apparition.

Matériel et méthode :

Il s'agissait d'une enquête longitudinale prospective partielle à visée descriptive, réalisée entre 2022 et 2024 au niveau du service d'orthopédie dento faciale de Constantine. La technique d'échantillonnage employée était non aléatoire opportuniste. La population étudiée était constituée de 135 patients (91 filles, 44 garçons) âgés de 12 à 17 ans, ayant présenté différentes malocclusions et ayant bénéficié d'un traitement orthodontique par appareils fixes multi-attache. Des photos numériques prises avant et à 12 mois du traitement ont été examinées pour évaluer l'incidence et le degré de sévérité de la lésion en se basant sur l'échelle d'évaluation clinique, introduite et modifiée par Gorelick et al. L'analyse statistique a été réalisée par le logiciel IBM SPSS Statistics Version 26. Le degré de significativité a été fixé à 0,05.

Résultats :

L'analyse de notre échantillon a révélé que 73,3% de patients ont développé au moins une tache blanche durant le traitement orthodontique et 22,7 % de dents ont été atteintes. Les incisives latérales supérieures étaient les dents les plus concernées (49,6%) et les surfaces cervicales étaient les plus touchées (54,1%). Les WSL cavitaires de score 03 de Gorelick étaient peu fréquentes avec une incidence de 5,19%.

L'analyse multivariée a révélé une association significative entre l'apparition des WSL et l'état d'hygiène bucco-dentaire à 12 mois de traitement ($p=0,03$), la consommation de boissons gazeuses et de jus de fruit ($p=0,02$) et le changement de l'indice CAOD ($p=0,01$). Ce dernier étant associé à un risque multiplié par 7,04 de développer des taches blanches.

Conclusion :

Devant ces résultats alarmants nous devons prôner la prudence pour les traitements orthodontiques notamment chez les patients à haut risque de développer les WSL, les orthodontistes sont interpellés à être vigilants et à mettre en place des mesures préventives rigoureuses, ou encore d'adapter les protocoles de traitement orthodontique en fonction du profil de risque. Par ailleurs, le domaine de la recherche scientifique doit être renforcé afin d'évaluer l'efficacité de différentes stratégies de prévention et d'identifier d'autres facteurs de risque spécifiques à cette pathologie.

Mots clés : taches blanches de l'émail, traitement orthodontique, incidence, facteurs de risque, prévention

ABSTRACT

Introduction :

White spot lesions (WSL) are a common and unsightly complication of fixed orthodontic treatment, where the therapeutic outcome is situated within an aesthetic context. The aim of this study was to estimate the incidence of WSL occurring during multi-bracket fixed orthodontic treatment and to identify the main risk factors associated with their appearance.

Material and Method:

This was a partial longitudinal descriptive study conducted between 2022 and 2024 in the Department of Dento-Facial Orthopedics in Constantine. The sampling technique used was non-random opportunistic. The study population consisted of 135 patients (91 girls, 44 boys) aged 12 to 17 years, presenting various malocclusions and who had undergone fixed multi-bracket orthodontic treatment. Digital photographs taken before and 12 months into the treatment were examined to assess the incidence and severity of the lesion based on the clinical evaluation scale introduced and modified by Gorelick et al. Statistical analysis was performed using IBM SPSS Statistics Version 26. The level of significance was set at 0.05.

Results:

Analysis of our sample revealed that 73.3% of patients develop at least one white spot during orthodontic treatment, and 22.7% of teeth were affected. The upper lateral incisors were the most affected teeth (49.6%) and the cervical surfaces were the most frequently affected (54.1%). Cavitated WSL with a Gorelick score 03 were infrequent, with an incidence of 5.19%. Multivariate analysis revealed a significant association between the appearance of WSL and oral hygiene status at 12 months of treatment ($p=0,03$), consumption of soft drinks and fruit juice ($p=0,02$), and the change in the CAO index ($p=0,01$), the latter being associated with a 7.04-fold increased risk of developing white spots.

Conclusion:

In light of these alarming results, we must advocate for caution in orthodontic treatment, especially for patients at high risk of developing WSL. Orthodontists are called upon to be vigilant and implement rigorous preventive measures, or to adapt orthodontic treatment protocols according to the risk profile. Furthermore, the field of scientific research must be strengthened to evaluate the effectiveness of different prevention strategies and identify other risk factors specific to this pathology

Key-words: White spot lesions (WSL), Orthodontic treatment, Incidence, Risk factors, prevention

المخلص

مقدمة

تعتبر البقع البيضاء على المينا من المضاعفات الشائعة وغير الجمالية لعلاج تقويم الأسنان الثابت، حيث يقع النتيجة العلاجية في سياق جمالي. يهدف هذا البحث إلى تقدير حدوث هاته البقع خلال علاج تقويم الأسنان الثابت وتحديد عوامل الخطر الرئيسية المرتبطة بظهورها.

معدات ومنهجية

كانت هذه دراسة وصفية طولية جزئية أجريت بين عامي 2022 و2024 في قسم تقويم الأسنان الوجهي في قسنطينة. كانت تقنية أخذ العينات المستخدمة غير عشوائية انتهازية. تألفت مجموعة الدراسة من 135 مريضاً (91 أنثى و44 ذكر) تتراوح أعمارهم بين 12 و17 عاماً، يعانون من سوء إطباق مختلف وخضعوا لعلاج تقويم الأسنان الثابت. تم فحص الصور الرقمية الملتقطة قبل العلاج وبعد 12 شهراً لتقييم حدوث وشدة الأفة بناءً على مقياس التقييم السريري الذي قدمه وطوره جورليك وآخرون. تم إجراء التحليل الإحصائي باستخدام برنامج التحليل SSPS الإصدار 26. تم تحديد مستوى الدلالة الإحصائية عند 0.05.

النتائج

كشف تحليل عينة الدراسة أن 73.3% من المرضى طوروا بقعة بيضاء واحدة على الأقل أثناء العلاج التقويمي، وقد تأثرت 22.7% من الأسنان. كانت القواطع الجانبية العلوية أكثر الأسنان المتأثرة (49.6%) والأسطح العنقية هي الأكثر تضرراً (54.1%). كانت البقع التجويفية بدرجة جورليك 03 قليلة الحدوث، بنسبة 5.19%. كشف التحليل المتعدد المتغيرات عن ارتباط كبير بين ظهور البقع وحالة صحة الفم والأسنان بعد 12 شهراً من العلاج، واستهلاك المشروبات الغازية وعصير الفاكهة، والتغير في مؤشر صحة الفم والأسنان، حيث ارتبط الأخير بزيادة خطر الإصابة بالبقع البيضاء بـ 7.04 مرة.

الاستنتاج

في ضوء هذه النتائج المثيرة للقلق، يجب أن ندعو إلى الحذر في علاج تقويم الأسنان، خاصة بالنسبة للمرضى المعرضين لخطر الإصابة بالبقع البيضاء على المينا. يُطلب من أطباء تقويم الأسنان توخي الحذر وتنفيذ تدابير وقائية صارمة، أو تعديل بروتوكولات علاج تقويم الأسنان وفقاً لملف تعريف المخاطر. علاوة على ذلك، يجب تعزيز مجال البحث العلمي لتقييم فعالية استراتيجيات الوقاية المختلفة وتحديد عوامل خطر أخرى محددة لهذا المرض.

الكلمات الرئيسية

بقع بيضاء على المينا، علاج تقويم الأسنان، حدوث، عوامل الخطر، وقاية