

UNIVERSITÉ DE LILLE

FACULTÉ DE CHIRURGIE DENTAIRE

Année de soutenance : 2024

THESE POUR LE

DIPLÔME D'ÉTAT DE DOCTEUR EN CHIRURGIE DENTAIRE

Présentée et soutenue publiquement le 4 Octobre 2024

Par Valentine COLIN

Née le 7 mai 1998 à Dijon

**FISSURES GINGIVALES DANS LES TRAITEMENTS
ORTHODONTIQUES AVEC AVULSION DE PREMOLAIRE :
REVUE DE LITTÉRATURE**

JURY

Président : Monsieur le Professeur Thomas COLARD

Assesseurs : Madame le Docteur Nathalie FOUMOU-MORETTI

Monsieur le Docteur Xavier COUTEL

Monsieur le Docteur Louis MÉRESSE

Monsieur le Professeur Kevimy AGOSSA

Président de l'Université :	Pr. R. BORDET
Directrice Générale des Services de l'Université :	M-D. SAVINA
Doyen UFR3S :	Pr. D. LACROIX
Directrice des Services d'Appui UFR3S :	G. PIERSON
Doyen de la faculté d'Odontologie – UFR3S :	Pr. C. DELFOSSE
Responsable des Services :	N. RICHARD
Responsable de la Scolarité :	G. DUPONT

PERSONNEL ENSEIGNANT DE LA FACULTE

PROFESSEURS DES UNIVERSITES

K. AGOSSA	Parodontologie
P. BOITELLE	Responsable du département de Prothèses
T. COLARD	Fonction-Dysfonction, Imagerie, Biomatériaux
C. DELFOSSE	Doyen de la faculté d'Odontologie – UFR3S Odontologie Pédiatrique Responsable du département d'Orthopédie dento-faciale
E. DEVEAUX	Responsable du Département de Dentisterie Restauratrice Endodontie
L. ROBBERECHT	Dentisterie Restauratrice Endodontie

MAITRES DE CONFERENCES DES UNIVERSITES

T. BECAVIN A. BLAIZOT Santé,	Fonction-Dysfonction, Imagerie, Biomatériaux Prévention, Epidémiologie, Economie de la
F. BOSCHIN	Odontologie Légale Responsable du Département de Parodontologie
C. CATTEAU Prévention,	Responsable du Département de Epidémiologie, Economie de la Santé, Odontologie Légale.
X. COUDEL	Biologie Orale
A. de BROUCKER	Fonction-Dysfonction, Imagerie, Biomatériaux
M. DEHURTEVENT	Prothèses
T. DELCAMBRE	Prothèses
C. DENIS	Prothèses
F. DESCAMP	Prothèses
M. DUBAR	Parodontologie
A. GAMBIEZ	Dentisterie Restauratrice Endodontie
F. GRAUX	Prothèses
M. LINEZ	Dentisterie Restauratrice Endodontie
T. MARQUILLIER	Odontologie Pédiatrique
G. MAYER	Prothèses
L. NAWROCKI	Responsable du Département de Chirurgie Orale Chef du Service d'Odontologie A. Caumartin - CHRU Lille
C. OLEJNIK	Responsable du Département de Biologie Orale
P. ROCHER	Fonction-Dysfonction, Imagerie, Biomatériaux
M.SAVIGNAT	Responsable du Département des Fonction-Dysfonction, Imagerie, Biomatériaux
T. TRENTESAUX	Responsable du Département d'Odontologie Pédiatrique
J. VANDOMME	Prothèses
R. WAKAM KOUAM	Prothèses

MAITRES DE CONFERENCES DES UNIVERSITES ASSOCIÉS

M. BEDEZ

Chirurgie Orale, Parodontologie, Biologie Orale

Réglementation de présentation du mémoire de Thèse

Par délibération en date du 29 octobre 1998, le Conseil de la Faculté de Chirurgie Dentaire de l'Université de Lille a décidé que les opinions émises dans le contenu et les dédicaces des mémoires soutenus devant jury doivent être considérées comme propres à leurs auteurs, et qu'ainsi aucune approbation, ni improbation ne leur est donnée.

Table des matières

1) Introduction	14
2) Contexte général.....	15
2.1. Les fissures gingivales	15
2.1.1. Définition et classifications	15
2.1.2. Mécanismes étiologiques et histologiques.....	16
2.1.3. Thérapeutiques et prévention	17
2.2. Fermeture d'espaces après avulsion de prémolaires au cours de TO	18
2.2.1. Indications.....	18
2.2.2. Principe et moyens	19
2.2.2.1. Maintien de l'ancrage postérieur.....	19
2.2.2.2. Rétraction antérieure	19
2.2.2.3. Mécaniques de fermeture d'espaces	20
2.2.3. Reproductibilité et stabilité.....	21
2.3. Problématique	21
3) Matériel et méthodes.....	22
3.1. Type de revue et cadre méthodologique d'enregistrement	22
3.2. Question de recherche et critères d'éligibilité.....	22
3.3. Sources d'information et stratégies de recherche.....	23
3.3.1. Recherches à partir de bases de données statistiques	23
3.3.2. Recherches manuelles.....	23
3.4. Procédure de sélection des articles	24
3.5. Extraction des données	24
3.6. Qualité méthodologique et évaluation du risque de biais	24
3.7. Synthèse des résultats.....	25
4) Résultats	26
4.1. Sélection des articles	26
4.2. Caractéristiques de l'étude.....	28
4.2.1. Bibliométrie, lieu d'étude et durée de suivi.....	28
4.2.2. Population étudiée	29
4.2.3. Interventions	29
4.3. Fréquence de FG.....	30
4.3.1. Fréquence des FG à l'échelle du patient.....	30
4.3.2. Fréquence des FG à l'échelle du site	30
4.4. Facteurs associés au risque d'apparition des FG.....	31
4.5. Récidive.....	33

5) Discussion.....	34
6) Conclusion	37
7) Bibliographie.....	38
8) Table des figures	41
9) Table des tableaux	42

1) Introduction

Environ un quart des traitements orthodontiques (TO) sont réalisés avec avulsion (TOA). Les TOA sont indiqués entre autres en cas de manque de place sur l'arcade dentaire, de délabrement dentaire important ou pour la correction des axes incisifs et de décalages sévères. Les prémolaires sont les dents les plus fréquemment avulsées dans les TOA en raison de leur position stratégique sur l'arcade, de leur taille moyenne et de leur faible valeur masticatoire. L'avulsion des quatre premières prémolaires concerne 12% des TO (1,2).

La fermeture de ces espaces après l'avulsion des prémolaires peut entraîner l'apparition de replis muqueux en interdentaire appelés fissures gingivales (FG), qui sont parfois associés à des complications au cours de la prise en charge. Sur le plan orthodontique, les FG représentent un obstacle physique qui peut compliquer la fermeture d'espaces et rallonger la durée de traitement. *Reichert et al.* ont rapporté une fermeture complète d'espaces en fin de TO dans 100% des espaces d'avulsion en l'absence de FG, contre 70% en présence de FG (3). Ces fissures seraient également à l'origine de réouverture d'espaces d'avulsion post TO, ce qui favorise les tassements alimentaires (4). Sur le plan parodontal les FG, notamment les plus profondes, favorisent la rétention de plaque et sont associées localement à une modification du microbiote et à une inflammation gingivale localisée, un sondage parodontal plus profond, voire une alvéolyse interdentaire (3,5,6).

Dans la littérature, la prévalence des FG varie entre 35 à 100% des TOA (7). Cette grande variabilité pourrait s'expliquer par la présence de facteurs de risque associés à la présence de FG. Certaines études suggèrent que les FG seraient plus souvent retrouvées à la mandibule, plus fréquentes pendant la fermeture d'espaces qu'en fin de TO, et que le risque de FG est plus élevé lorsque le délai entre l'avulsion et le début du mouvement augmente (3,8–10). Toutefois, il est difficile de tirer des conclusions probantes à partir des études prises individuellement, à cause de l'hétérogénéité des données, des schémas d'études très différents et des effectifs (7).

L'essentiel de ce travail consiste en une revue de la littérature dont l'objectif est de proposer un aperçu global, actualisé, et une analyse critique des données épidémiologiques concernant les FG pour mieux les prévenir et les gérer dans les TOAP.

2) Contexte général

2.1. Les fissures gingivales

2.1.1. Définition et classifications

La FG est définie par *Robertson et al.* (11) comme une invagination linéaire du tissu interproximal ayant une localisation linguale et/ou vestibulaire ainsi qu'une profondeur au sondage d'au moins 1mm (ou 2mm selon *Rivera* (12)) (Figure 1). Elle peut intéresser exclusivement la gencive ou bien s'étendre à l'os alvéolaire sous-jacent. La sévérité des FG est évaluée selon leur extension horizontale et leur profondeur (3,9).

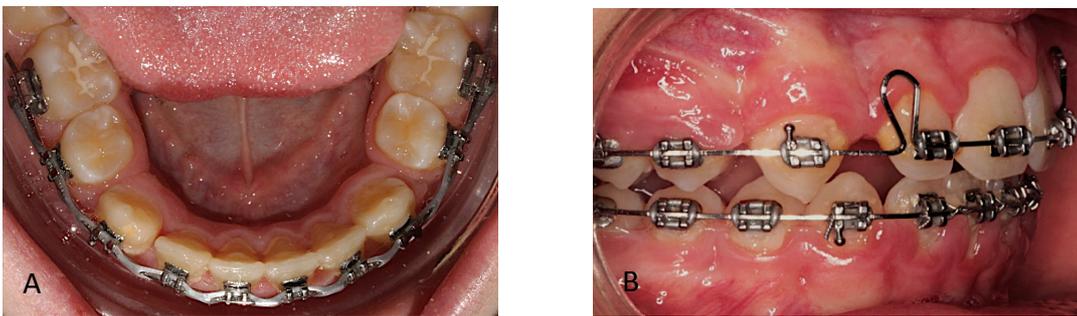


Figure 1 – (A) FG vestibulo-linguale après avulsion de 35-45, iconographie personnelle ; (B) FG vestibulaire après avulsion de 14, courtoisie Eléonore Desplanques

Deux classifications ont été décrites dans la littérature : elles permettent d'évaluer la sévérité des FG.

Système de codage à 3 chiffres (Reichert et Golz) (3)

La longueur de l'invagination est mesurée avec une sonde parodontale à graduation millimétrique. Les mesures vestibulaires et linguales sont réalisées parallèlement au plan occlusal. La mesure verticale doit être réalisée avec un angle à 90° par rapport à ce même plan occlusal. On retient la mesure la plus profonde pour chacune des 3 directions, on obtient ainsi un code à trois chiffres.

Exemple : « 3-2-4 » signifie 3mm de sondage vestibulaire, 2mm en vertical et 4mm en lingual. Le degré de sévérité est ensuite déterminé par la somme de ces 3 chiffres au carré : Sévérité = (a) ² + (b) ² + (c) ².

Un sondage traversant vestibulo-lingual est marqué par un "x", ainsi le seul chiffre restant est la valeur du sondage vertical. Exemple "x4".

Ce système, de par la complexité des résultats à 3 chiffres obtenus, est rarement utilisé.

Classification par grade (Reichert) (9)

Le grade de sévérité est attribué selon l'étendue (sondage horizontal) et la profondeur (sondage vertical) de la FG (Figure 2). Cette classification est plus simple d'utilisation car il s'agit d'un score unique.

Grade	Probing depth	
	Horizontal	Vertical
0	≤1 mm	<2 mm
I	>1 to <3 mm	≥2 mm
II	≥3 to <5 mm	≥2 mm
III	≥5 to <8 mm	≥2 mm
IV	≥8 mm ^a	≥2 mm
V	Alveolar mucosa can be probed through and through in the horizontal plane.	

^a ≥8 mm but not through and through (i.e., probe not emerging on the other orovestibular end)

Figure 2 - Classification par grade de Reichert

2.1.2. Mécanismes étiologiques et histologiques

L'étiologie des FG n'est pas clairement élucidée mais deux hypothèses sont avancées pour expliquer l'apparition de ces défauts. La première théorie attribue la formation de la FG à l'architecture osseuse sous-jacente. La réduction du volume osseux liée à la résorption alvéolaire post-extractionnelle notamment en vestibulaire serait un facteur prédisposant aux FG. Les bordures épithéliales bordant l'espace édenté sont mises en contact en fin de fermeture, créant ainsi une invagination plus ou moins marquée (13). Selon une autre hypothèse, les FG se forment pendant les mouvements de fermeture, lorsque les fibres trans-septales se déplacent avec la dent au lieu de se remodeler ce qui provoquerait une zone de « compression » favorisant l'invagination des tissus (5,14). Cette théorie est basée sur l'observation du phénomène de récurrence d'ouverture d'espaces (4,15). A l'opposé de la FG, les tissus mous sont étirés, laissant apparaître un triangle rouge, « red patch », au niveau de l'épithélium décollé (5) (Figure 3).

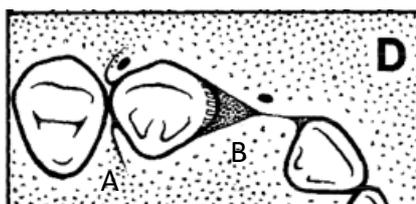


Figure 3 - Schéma illustrant la distalisation d'une canine, une FG est présente dans la zone de compression (A) et un « red patch » dans la zone de tension (B), d'après Atherton (5)

L'analyse histologique de biopsies de zones de FG montre une prolifération épithéliale profonde, un épithélium hyperkératinisé ainsi qu'un conjonctif lâche peu riche en fibres de collagène incluant des fibres désorganisées et parfois des perles de kératine. L'épithélium et le conjonctif sont hyperplasiques, cette réaction hyperplasique tissulaire est due aux forces orthodontiques (16). Au niveau cellulaire, on retrouve principalement des fibroblastes et un filtrat inflammatoire occasionnel (17–19) (Figure 4).

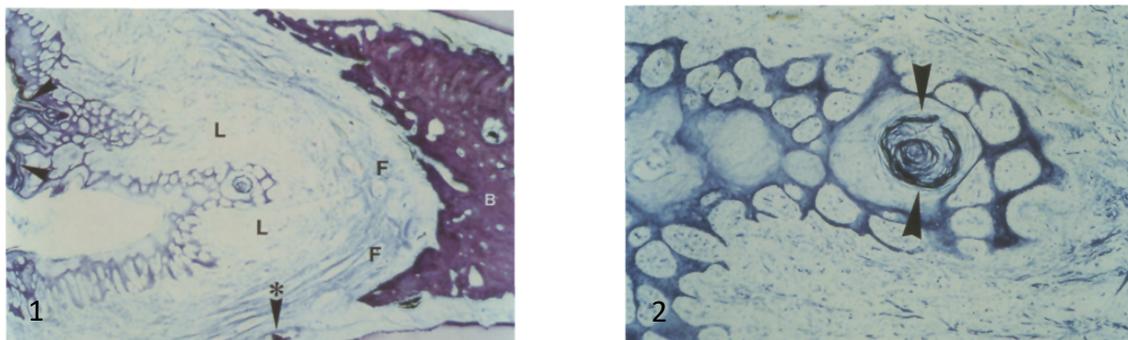


Figure 4 - (1) Coupe histologique d'une fissure gingivale : surface osseuse (B) ; hyperkératinisation (flèche) et prolifération épithéliale profonde ; couche de tissu conjonctif lâche (L), couche de tissu conjonctif fibreux (F) ; îlot osseux (flèche*) 8 :1 d'après Wehrbein

(2) Zoom de la figure (1), perle de kératine (entre les flèches) ; tissu conjonctif lâche : multiples fibres courtes et désorientées ; cellules : fibroblastes principalement et quelques cellules inflammatoires 40 :1

2.1.3. Thérapeutiques et prévention

Les thérapeutiques curatives consistent en l'excision chirurgicale (lame froide ou laser) de l'excès de tissu gingival de FG. Il s'agit d'une technique fiable et efficace (4,20). De plus, deux stratégies préventives ont été proposées :

- 1- Stabiliser l'alvéole d'extraction avec un substitut osseux ou une membrane. Cela réduit l'incidence et la sévérité des FG (21–24).
- 2- Initiation précoce du mouvement dentaire après l'avulsion. Cette stratégie est basée sur des études (5-6) ayant identifié le délai prolongé avant l'initiation de fermeture d'espaces comme un potentiel facteur de risque de développement de FG. L'attente excessive entraînerait une topographie défavorable de l'os alvéolaire.

2.2. Fermeture d'espaces après avulsion de prémolaires au cours de TO

2.2.1. **Indications**

Utilisées pour répondre aux objectifs thérapeutiques, esthétiques, fonctionnels, occlusaux et dento-squeletiques des traitements orthodontiques, les avulsions sont l'objet d'un débat inachevé en orthodontie. Bien que la fréquence des avulsions soit décroissante (environ 15% à 25% des cas), car remplacée par le stripping, l'expansion et/ou la vestibulo-version, celles-ci restent nécessaires (25). Les indications sont multiples :

- 1) Résolution de la dysharmonie dento-arcade (DDA) (encombrement, courbe de Spee, vestibulo-version incisive),
- 2) Compensations dento-alvéolaires : sagittales principalement,
- 3) Délabrements dentaires importants,
- 4) Déviation des milieux,
- 5) Agénésies.

Toutes les dents peuvent présenter des indications d'extraction, mais les premières (PM1) et deuxièmes prémolaires (PM2) sont les dents les plus fréquemment extraites à des fins orthodontiques. Leur extraction libère une place de 15mm environ (2x7,5mm). Leur position stratégique au milieu de l'arcade permet selon les objectifs de traitement de rétracter le groupe incisivo-canin et/ou de mésialer les secteurs latéraux (2). Leur coefficient masticatoire est modéré. Leur similitude rend l'absence de prémolaire invisible lors du sourire en fin de traitement. Une méta-analyse de 2016 a montré que les avulsions n'affectaient ni l'esthétique du sourire ni les corridors de Château (26).

Le choix de la PM1 ou PM2 dépend de l'importance relative des déplacements, d'alignement, de rétraction incisivo-canine et de mésialisation des secteurs latéraux nécessaire. Par exemple, si la rétraction incisive souhaitée est faible et l'encombrement antérieur limité, alors la mésialisation molaire sera importante et le choix se portera sur l'extraction de la deuxième prémolaire qui facilite ce mouvement. Outre les paramètres techniques, ceux esthétiques doivent également être pris en compte. Par exemple, en cas de PM2 de petite taille, on préférera avulser les PM2 maxillaires afin d'éviter une transition « canine – PM2 » disgracieuse. Ainsi, il existe de très nombreuses combinaisons d'extractions entre PM1 et PM2 en fonction des déplacements dentaire souhaités

et de la réalité clinique (schéma de croissance du patient, délabrements dentaires existants, alignement des collets, anomalies de forme, de taille, de nombre etc).

2.2.2. Principe et moyens

La fermeture d'espaces s'effectue soit par rétraction antérieure, soit par protraction postérieure, soit les deux à la fois. Ainsi, la notion d'ancrage est fondamentale lors de la fermeture d'espaces car elle permet un bon contrôle de la mécanique des mouvements dentaires (27).

2.2.2.1. Maintien de l'ancrage postérieur

Il existe différents moyens permettant de maintenir l'ancrage postérieur :

- 1) Augmenter l'ancrage passif (= l'ancrage biologique) :
 - Augmenter le nombre de dents dans l'unité d'ancrage (ex : ligatures en bloc),
 - Préparation d'ancrage par *tip back* (technique *Edgewise*) : préparation par distoversion molaire, assurant le parallélisme des axes molaires et prémolaire, pour résister au mouvement de mésioversion induit par l'activation de la rétraction incisive (et par les tractions inter-arcades (TIA)).
- 2) Ancrages mécaniques (= appareillages)
 - a. Forces intra-orales : arc de Nance, Quad Helix, Disjoncteur, Arc lingual, TIA, etc.,
 - b. Forces extra orales,
- 3) Ancrages absolus : implants, les dispositifs d'ancrage temporaires (TADs) : minivis, plaques d'ancrage, etc. (27).

2.2.2.2. Rétraction antérieure

Concernant la rétraction antérieure, il existe deux grandes écoles (Figure 5) :

- La rétraction en masse : rétraction du bloc incisivo-canin en un seul temps,
- La rétraction en deux temps : rétraction des canines jusqu'au contact avec la prémolaire puis, rétraction des 4 incisives (27).

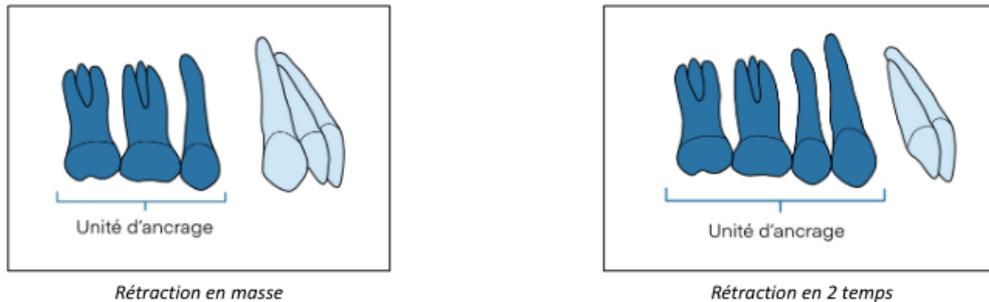


Figure 5 - Schéma, les 2 types de rétraction antérieure – courtoisie Dr Méresse

2.2.2.3. Mécaniques de fermeture d'espaces

La fermeture d'espaces s'envisage alors de deux façons :

1) Avec friction : on parle de mécanique de glissement

On retrouve les adjuvants suivants dans les techniques par glissements (Figure 6) :

- Les chaînettes élastomériques,
- Les ressorts en Nickel Titane (NiTi),
- Les élastiques de classe I,
- Les ligatures de Bennett.

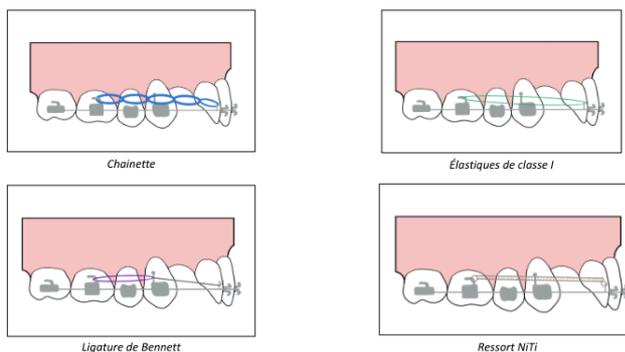


Figure 6 - Schéma, les adjuvants des techniques par glissement- courtoisie Dr Méresse

Ces techniques sont souvent couplées à des TIA de classe II qui permettent de potentialiser le mouvement de rétraction et de renforcer l'ancrage postérieur. Le problème principal de cette technique est dans la friction qui s'oppose au mouvement dentaire. Elle reste cependant largement utilisée de par sa facilité de mise en place.

2) Sans friction : avec un arc à boucle

Il existe de nombreuses formes de boucle selon les mouvements et les forces souhaitées. Plus la longueur de fil utilisée pour la boucle est grande, plus le

rapport charge/flexion diminue (c'est-à-dire plus l'élasticité augmente), la force délivrée sera alors plus douce (27,28) (Figure 1 (B)).

2.2.3. Reproductibilité et stabilité

L'efficacité des appareils orthodontiques actuels permet aux praticiens d'effectuer presque tous les mouvements désirés et ainsi, en absence d'obstacle, de fermer tous les espaces. Il faut compter 4 à 8 mois pour la fermeture d'un espace d'avulsion de prémolaires (la vitesse de déplacement dentaire moyenne étant de 1mm/mois)(29).

La stabilité des résultats et le maintien des dents dans la position de fin de traitement représente un défi pour l'orthodontiste et est un des objectifs du traitement. Plusieurs facteurs mentionnés dans la littérature peuvent influencer la réouverture d'espaces préalablement fermés par appareillage orthodontique : un ajustement insuffisant des rapports occlusaux, un manque de parallélisme des axes dentaires, une mauvaise balance entre les forces intra- et extra-orales, la distorsion des fibres parodontales et un protocole de contention insuffisant (4,12). Selon *Parker*, la stabilité des fermetures d'espaces dépendrait aussi du parallélisme des axes radiculaires après fermeture d'espaces. Il évalue à 42% la fréquence des récurrences en cas de dents tippées *versus* 13% quand les racines sont parallèles (15).

Krämer et al montrent dans leur essai clinique randomisé contrôlé que pour les cas d'extraction de prémolaire il n'y a pas de changement significatif de longueur d'arcade (c'est-à-dire pas de réouverture d'espaces) à 18 mois de contention par fil collé de 33 à 43 ou par gouttière thermoformée (30).

2.3. Problématique

Une seule revue systématique de littérature, datant de plus de 10 ans, s'est intéressée aux FG. Ses conclusions sont limitées par le faible nombre de patients inclus dans les 15 articles identifiés (seules 2 études incluent plus de 20 patients) et par l'hétérogénéité des critères étudiés. De nouvelles études publiées depuis doivent être intégrées aux connaissances sur le sujet. Par ailleurs, l'association entre les FG et la récurrence d'ouverture des espaces fermés orthodontiquement mérite d'être réexaminée à la lumière de ces nouvelles données.

3) Matériel et méthodes

3.1. Type de revue et cadre méthodologique d'enregistrement

Cette revue de littérature est une revue de la portée (scoping review [ScR]), conduite conformément au format PRISMA-ScR (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analysis extension for Scoping Reviews) (31). La ScR est une méthode de synthèse des connaissances plus flexible que les revues systématiques traditionnelles et adaptée aux questions de recherche exploratoire sur lesquelles il existe des études peu nombreuses et/ou hétérogènes (32).

3.2. Question de recherche et critères d'éligibilité

Les questions de recherche posées étaient les suivantes :

- Q1 : Quelle est la fréquence des FG dans les TOAP et quels sont les facteurs de risque des FG ?
- Q2 : Quelle est l'impact des FG sur la récurrence d'ouverture d'espaces ?

L'approche PECOS a été utilisée pour déterminer l'éligibilité des études observationnelles (33):

- Population (P) : homme ou femme, de tout âge ;
- Exposition (E): TO avec avulsion d'au moins une prémolaire ;
- Comparaison (C) : autre type de TO, aucun TO ou aucun groupe contrôle ;
- Critères évalués(O) : présence, apparition ou évolution de FG ;
- Schéma d'étude (S) : études observationnelles prospectives ou rétrospectives contrôlées ou non, publiées en anglais ou en français jusqu'au 30.06.2024

De même, l'approche PICOS a été utilisée pour déterminer l'éligibilité des études interventionnelles (34,35) :

- Population (P) : homme ou femme, de tout âge ;
- Intervention (I): TO avec avulsion d'au moins une prémolaire ;
- Comparaison (C) : autre type de TO, aucun TO ou aucun groupe contrôle ;
- Critères évalués(O) : présence, apparition ou évolution de FG ;

- Schéma d'étude (S) : études interventionnelles contrôlées ou non, publiées en anglais ou en français jusqu'au 30.06.2024

La présence d'au moins un des critères suivants était un motif d'exclusion :

- Étude préclinique (modèle animal) ;
- Aucun groupe n'a été traité avec un TOAP ;
- Avulsion d'un autre type dent qu'une prémolaire ;
- Absence de fermeture orthodontique de l'espace d'avulsion ;
- Données relatives au critère principal (FG) non détaillées ou inexploitable.

3.3. Sources d'information et stratégies de recherche

3.3.1. Recherches à partir de bases de données statistiques

La base de données Medline a été interrogée à l'aide du moteur de recherche PubMed avec une combinaison de termes MeSH et de mots-clés libres. L'équation de recherche a été élaborée sur le modèle de celle de la seule revue de littérature publiée sur le sujet (7) :

(1) Fissure gingivale: (gingival invagination*) OR (gingival cleft*)

(2) Traitement orthodontique avec avulsion dentaire: (orthodontic space closure) OR ((orthodontics, corrective*) AND (tooth extraction)) OR ((retraction) AND (transseptal fibers))

L'équation de recherche a été formulée en combinant (1) OR (2) :

(((((gingival invagination*[Title]) OR (gingival cleft*[Title])) OR (orthodontic space closure[MeSH Major Topic])) OR ((orthodontics, corrective*[MeSH Major Topic] AND (tooth extraction[MeSH Major Topic]))) OR ((transseptal fibers[Title]) AND (retraction[Title])))

Les références bibliographiques de cette revue ont été testées pour valider la performance de l'équation de recherche (7). Les articles éligibles identifiés par ce moyen ont été ajoutés.

3.3.2. Recherches manuelles

Une recherche manuelle complémentaire a été réalisée à partir des références bibliographiques de la revue antérieure (7) ou d'autres sources de données (ResearchGate).

3.4. Procédure de sélection des articles

La sélection des articles a été réalisée par deux examinateurs indépendants (V. C. et L.M.) et s'est déroulée en deux étapes :

- (1) La lecture des titres et des résumés de toutes les références identifiées par la recherche documentaire, tout article considéré comme potentiellement pertinent par au moins un des examinateurs était pris en compte pour une analyse complète.
- (2) L'analyse du texte intégral des articles présélectionnés ; ceux conformes aux critères d'éligibilité ont été inclus et les autres ont été exclus avec mention des motifs d'exclusion. Tout désaccord a été résolu par la discussion.

3.5. Extraction des données

Les données suivantes ont été extraites et consignées dans un tableur Excel® dédié : (i) nom du premier auteur, (ii) date de publication, (iii) lieu géographique de l'étude (pays), (iv) design de l'étude (groupes parallèles ou bouches séparées, unicentrique ou multicentrique), (v) caractéristiques sociodémographiques de la population étudiée (âge, sexe, nombre de participants, nombre de prémolaires (PM) avulsées), (vi) type d'intervention (type et nombre de PM avulsées, date des avulsions, type d'appareillage et auxiliaires, ancienneté des avulsions, délai entre l'avulsion et le début de la fermeture d'espaces), (vii) paramètres cliniques mesurés (fréquence des FG par patient et par site selon l'avancée du TO, sévérité des FG, récurrence) et les principaux résultats.

3.6. Qualité méthodologique et évaluation du risque de biais

L'évaluation de la qualité méthodologique des études observationnelles incluses a été conduite avec l'outil Newcastle Ottawa (36) basée sur l'évaluation de trois catégories d'items : C1 : sélection des sujets ; C2 : comparabilité des sujets ; C3 : critère de jugement. L'attribution d'étoiles pour chaque sous-catégorie d'item permet d'obtenir un score global sur neuf étoiles (Tableau 3).

La qualité des études contrôlées non randomisées a été évaluée à l'aide de six études contrôlées non randomisées, l'échelle ROBINS-I a été utilisée (37). Sept domaines sont évalués : D1 : biais de confusion ; D2 : biais de sélection des

participants ; D3 : biais de classification des interventions ; D4 : biais d'écart par rapport aux interventions prévues ; D5 : biais des données manquantes ; D6 : biais de mesure des résultats ; D7 : biais de sélection des résultats appropriés (Tableau 4). Chaque domaine est caractérisé comme étant à :

- faible risque de biais +
- risque de biais modéré ≈
- sérieux risque de biais X
- risque de biais critique !

La qualité méthodologique des études contrôlées randomisées a été évaluée à l'aide de l'outil ROB-2 de la collaboration Cochrane (38,39) basé sur l'évaluation de cinq domaines : procédure de randomisation, écarts par rapport aux interventions prévues, données manquantes sur les résultats, mesure des résultats et sélection du résultat approprié. Chaque étude peut être classée comme étant à :

- A. Faible risque de biais (biais plausible peu susceptible de modifier sérieusement les résultats) si l'ensemble des critères sont remplis.
- B. Risque de biais incertain (biais plausible qui incite à des réserves) si un ou plusieurs critères sont partiellement remplis.
- C. Risque élevé de biais (biais plausibles qui affaiblit sérieusement le niveau de confiance dans les résultats) si un ou plusieurs critères ne sont pas remplis (Tableau 5).

3.7. Synthèse des résultats

Les résultats ont été présentés sous forme narrative (synthèse qualitative), une synthèse quantitative (méta-analyse) n'a pas été jugée faisable compte tenu de l'hétérogénéité des types d'étude inclus (Tableau 2).

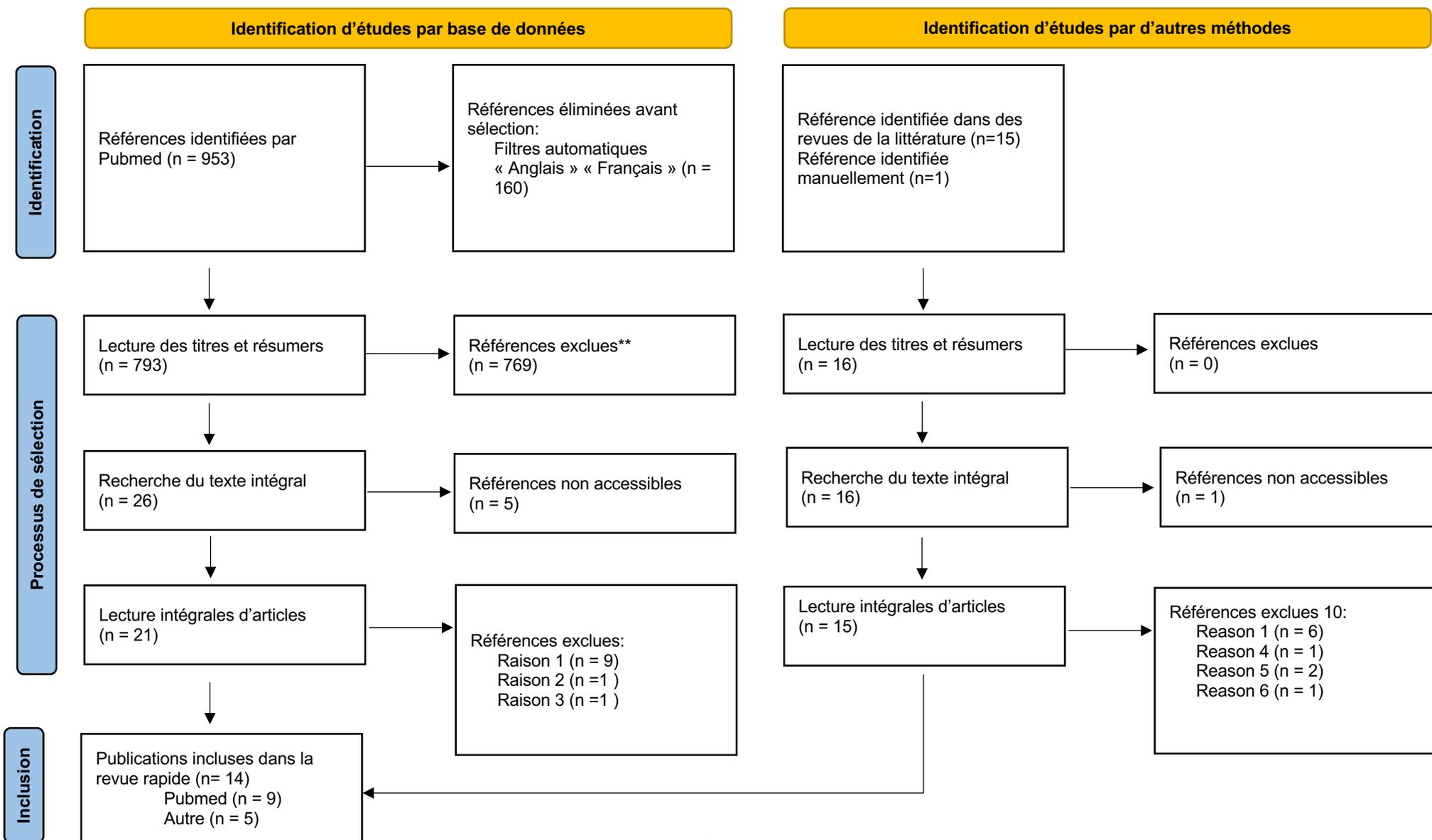
4) Résultats

4.1. Sélection des articles

Le processus de sélection des publications à inclure dans la revue est résumée dans le diagramme de flux (Figure 7). La recherche documentaire dans la base de données Medline a fourni 953 résultats. Après un premier filtrage des articles publiés en anglais et en français, 793 titres et résumés ont été passés en revue. Vingt-et-un articles ont été lus intégralement parmi lesquels 9 ont été inclus. En parallèle, la recherche manuelle a permis d'identifier 5 articles supplémentaires.

Au total, 14 publications rapportant les résultats d'études effectuées sur 12 populations différentes ont été inclus dans cette revue, soit 384 patients et 1282 sites d'avulsion de PM (Tableau 2).

Figure 7 - Diagramme de flux de la revue de littérature



*Consider, if feasible to do so, reporting the number of records identified from each database or register searched (rather than the total number across all databases/registers).

**If automation tools were used, indicate how many records were excluded by a human and how many were excluded by automation tools.

From: Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, Boutron I, Hoffmann TC, Mulrow CD, et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ* 2021;372:n71. doi: 10.1136/bmj.n71. For more information, visit: <http://www.prisma-statement.org/>

Raison 1: données histologiques mais pas de données clinique sur les FG

Raison 2: résultats non publiés

Raison 3: revue systématique (= doublon)

Raison 4: ne traite pas de prémolaires

Raison 5: études animales

Raison 6: pas de traduction en anglais

4.2. Caractéristiques de l'étude

4.2.1. Bibliométrie, lieu d'étude et durée de suivi

Sept publications datent de plus de 10 ans, 4 publications ont entre 5 et 10 ans et 3 ont moins de 5 ans (Figure 8). Les populations provenaient de 5 pays différents : l'Allemagne (5/12), États-Unis (3/12), Brésil (2/12), Autriche (1/12) et Syrie (1/12). Huit études ont été conduites dans des services hospitalo-universitaires et seulement 2 études étaient multicentriques. Six études étaient des études observationnelles (3 prospectives et 3 rétrospectives) et 8 des essais cliniques contrôlés randomisés ou non (5 en groupes parallèles et 3 en bouches divisées) (Figure 9). Parmi les études de cohorte 1 étude était à risque de biais élevé et 5 à risque de biais modéré ; parmi les essais cliniques non randomisés 2 études étaient à risque de biais sérieux, 1 à risque modéré et 3 à risque faible ; les 2 essais cliniques randomisés étaient à risque de biais faible (Tableau 3, 4 et 5).

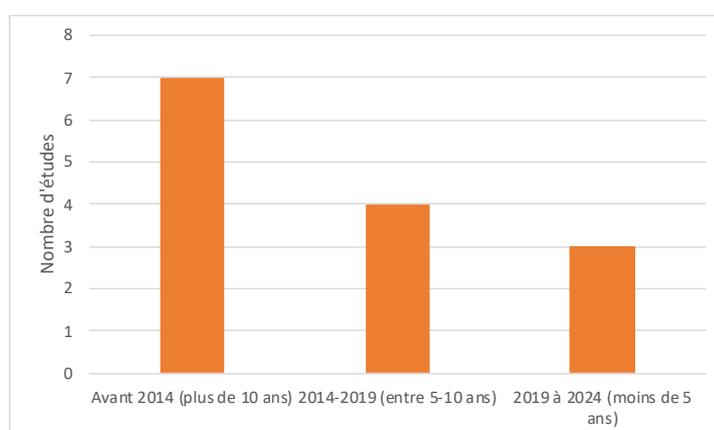


Figure 8 - Dates de publication des études incluses dans la revue de littérature

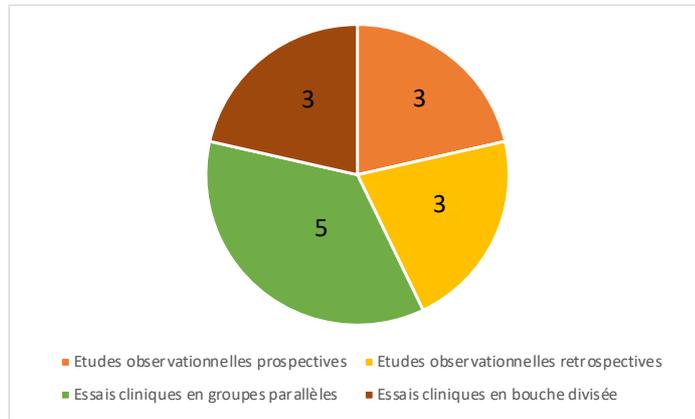


Figure 9 – Répartition des différents types d'études incluses dans la revue de littérature

4.2.2. Population étudiée

Les participants inclus étaient principalement des adolescents et quelques jeunes adultes en bonne santé générale. Les âges moyens allaient de 13,02 ans (10) à 29,53 ans (40). Les schémas d'avulsions étudiés étaient nombreux : 4 études d'intéressaient aux avulsions des deux PM1 maxillaire ; 1 étude aux avulsions des 4 PM1 et une étude aux avulsions d'au moins 1 PM mandibulaire. Les autres études précisaient uniquement le nombre de prémolaires avulsées : 4 PM (1 étude), 2 ou 4 PM (2 études), 2 PM (3 études), au moins 1 PM (2 études). Seuls *Bressane et al.* mentionnent le type de malocclusion initiale : uniquement des patients en classes I d'Angle (10). (Tableau 2)

4.2.3. Interventions

Quatre études précisent que les avulsions ont été réalisées de façon atraumatique (8,23,41,42). Les patients étaient porteurs d'appareillage orthodontique fixe, multi attaches. Quatre études autres mentionnent avoir utilisé des ressort Niti de 200g (21,23,42) ou 150g (43) et une étude a eu recours aux chainettes élastomériques (10). On ne connaît pas les délais entre les extractions et le début des TO sauf pour l'étude d'*Al-Jundi* dans laquelle les avulsions ont été réalisées avant la pose des appareils orthodontiques (43). Trois études précisent les délais entre les avulsions et l'initiation de la fermeture d'espaces : 1 ou 8 semaines (42); 2 à 4 semaines ou 12 semaines (9); 6 semaines (21).

4.3. Fréquence de FG

4.3.1. **Fréquence des FG à l'échelle du patient**

Quatre études ont évalué la fréquence des FG à l'échelle du patient. *Rivera Circuns and Tulloch* ont évalué la fréquence des FG après avulsion des 4 premières prémolaires, en fonction de l'avancée du traitement. Ils ont observé 100% de FG lorsque les espaces étaient « fermés, non débagués », 87,5% de FG dans le groupe de patients porteurs d'un appareil de contention depuis au moins 6 mois et 79,2% de FG chez ceux ne portant plus d'appareil de contention depuis au moins 6 mois (12). *Robertson et al.* estiment à 35% la prévalence des FG chez les patients où la dépose de l'appareil orthodontique a été réalisée il y a au moins 1 an (11). *Reichert et al.* ont observé au moins un FG chez 34% des patients examinés au moins 3 mois après dépose de l'appareil (3). *Bressane et al.* rapportent une prévalence de 53% à l'échelle des patients mais il est important de noter que seuls des sites maxillaires ont été inclus dans cette étude (10). (Tableau 2)

4.3.2. **Fréquence des FG à l'échelle du site**

- Espaces en cours de fermeture

Deux études récentes ont évalué la fréquence des FG dans les espaces en cours de fermeture. *Stapper et al.* ont observé que 73,2% des sites présentaient une FG lorsque l'espace résiduel à fermer est de 2mm (8). *Bertl et al.* ont évalué la prévalence des FG en fonction du délai (1 ou 8 semaines) entre l'avulsion et le début de la fermeture d'espaces. Ils observent 53,9% ou 69,2% de FG à 3mm et 76,9% ou 88,5% à 1,5mm d'espace résiduel à fermer, sans différence significative entre une fermeture précoce (1 semaine) ou tardive (8 semaines) (42). (Tableau 2)

- Espaces fermés

Les estimations de la fréquence des FG au niveau des sites d'avulsion fermés sont très variables. *Al-Jundi et al.* a observé au cours des TO actifs (« espace fermé non débagué »), une fréquence de 29,7% de FG . De même, *Bressane* a relevé 25,7% de FG au sein de son échantillon le jour du retrait de l'appareil. Cependant, ces deux études se sont limitées exclusivement aux sites d'avulsion maxillaires (10,43). *Reichert et al.* ont comparé la fréquence des FG en fonction de l'initiation précoce (2 à 4 semaines après l'avulsion) ou tardive (à

12 semaines) de la fermeture d'espaces. Ils ont observé une prévalence des FG de 84,1% à 96,7%, sans différence statistiquement significative selon le délai d'initiation de la fermeture, et une diminution de la prévalence 3 mois après la dépose de l'appareil orthodontique (39,6%) (9). (Tableau 2)

4.4. Facteurs associés au risque d'apparition des FG

- Age : les études n'ont pas mis en évidence d'association entre l'âge et le risque de FG. Toutefois, selon *Stappert*, la sévérité des FG serait augmentée chez les patients adultes (> 18 ans)(8).
- Sexe : selon notre revue, le sexe n'est pas associé au risque de FG, bien qu'*Al-Jundi* observe plus de FG chez les hommes alors que *Reichert* en observe plus fréquemment chez les femmes (9).
- Localisation maxillaire ou mandibulaire des avulsions : une atteinte mandibulaire préférentielle et plus sévère est décrite dans la littérature notamment en cas d'avulsion de première prémolaire mandibulaire (3,9,11,44).
- Délai entre l'avulsion et l'initiation de la fermeture d'espaces : ce paramètre a été étudié à trois reprises, mais aucun article n'a démontré de différence significative concernant son implication dans la formation ou dans la sévérité des FG (9,11,42).
- Phénotype gingival : *Stappert* n'a montré aucune association entre le phénotype et la présence de FG, et l'étude de *Bertl et al* a mis en évidence une augmentation non significative des FG en présence de phénotype gingival fin (8,42).
- Vitesse de fermeture d'espaces : *Bertl et al.* identifient une fréquence plus élevée de FG (90%) chez les patients dont les dents ont été rapidement déplacées ($\geq 1\text{mm/mois}$), par opposition aux déplacements plus lents ($< 1\text{mm/mois}$) pour lesquels ils ont observé 25% de FG (42).
- Tabac : l'étude de *Gölz* a identifié des FG significativement plus sévères chez les patients fumeurs (6).

Finalement, seule la localisation mandibulaire et la vitesse de fermeture d'espaces semblent être des facteurs associés au risque de développement de FG. La sévérité des FG est quant à elle augmentée par la localisation mandibulaire, le tabagisme et l'âge. (Tableau 1)

Tableau 1 - Tableau résumant les facteurs associés au risque et à la sévérité des FG étudiés dans les articles de la revue de littérature

	FACTEURS ASSOCIÉS AU RISQUE D'APPARITION DE FG								FACTEURS ASSOCIÉS À LA SÉVÉRITÉ DES FG
	Age	Sexe	Md	Délais avulsion - initiation fermeture	Vitesse fermeture	Paramètres parodontaux (HTK, phénotype gingival, densité osseuse)	Tabac	Récidive	
Edwards et al. 1971								V	
Robertson et al. 1977			V	X					X délais avulsion – initiation fermeture
Rivera et al. 1983								X	
Reichert et al. 2012			V						V md
Gözl et al. 2012							X		V tabac
Reichert et al. 2017	X	X		X	X				X âge X sexe X délais avulsion-fermeture X vitesse fermeture
Al-Jundi et al. 2017									
Stappert et al. 2018			X			X			X md V âge X paramètres parodontaux
Bressane et al. 2019								X	
Bertl et al. 2020				X	V				
Bakhsh et al. 2020								V pour les phénotypes épais	

V : facteur associé ; X : absence d'association
Md : localisation mandibulaire ; HTK : hauteur de tissu kératinisé

4.5. Récidive

Edwards et al. décrivent une association entre la récidive d'ouverture des espaces d'avulsion et la présence de FG. Ils étudient les récurrences entre 12 et 18 mois après dépose de l'appareil orthodontique. Sur les 10 sites où ont eu lieu une élimination chirurgicale de l'excès gingival, la rainure propre aux fissures gingivales persiste dans 4 cas et la tendance à la réouverture est atténuée dans les 10 sites. L'étude suggère que la récidive serait liée à l'excès de tissu gingival et non pas à la rainure (4). L'étude rétrospective de *Campos et al.* a étudié la fréquence des FG chez des patients ayant reçu un TOAP. Les patients du premier groupe présentaient un point de contact canine-PM2 contrairement à ceux du deuxième groupe. La fréquence des FG était plus élevée dans le 2^{ème} groupe (23,5%) que dans le 1^{er} (12,5%), sans différence significative (40).

Bressane et Rivera, avec leurs études respectives observationnelle rétrospective et transversale, ne montrent pas d'association significative entre la présence de FG et la réouverture d'espaces (10,44). De même, l'étude prospective récente de *Bakhsh et al.*, ne montre pas de différence significative entre le taux de récidive chez les patients présentant une FG (42,86%) *versus* ceux ne présentant pas de FG (36,84%). Leur équipe démontre cependant que lorsque la sévérité des FG augmente, l'ampleur de réouverture d'espaces augmente également. De plus, ils affirment qu'en cas de phénotype épais, la présence d'une FG est un facteur de risque de récidive. Ainsi, les patients au phénotype gingival épais qui ont développé des FG sont plus à même de présenter une réouverture d'espaces une fois leur traitement orthodontique achevé (41).

5) Discussion

Malgré leur apparition fréquente, les facteurs cliniques prédisposant aux FG restent méconnus et leur implication dans la récurrence d'ouverture d'espaces peu claire. Afin d'éclairer ces points, cette revue de la portée a analysé 14 études : 6 observationnelles de cohortes et 8 essais contrôlés (dont 2 randomisées), incluant 384 patients et 1282 sites d'avulsion de PM.

- Les protocoles

Notre revue s'est limitée à l'inclusion d'articles évaluant l'avulsion de prémolaires. Les FG apparaissent également pour l'avulsion d'autres types de dents ainsi que lors de la formation de larges diastèmes (22). Ce critère d'inclusion restrictif nous a permis d'harmoniser la quantité d'espace à fermer, facteur pouvant influencer la formation de FG. Selon *Bertl*, le risque de développer une FG est multiplié par 12 pour chaque millimètre d'espace à fermer supplémentaire (42).

Notre analyse a mis en avant des fréquences de FG très hétérogènes : 34 à 100% à l'échelle des patients et 25 à 97% à l'échelle des sites. Ces différences peuvent s'expliquer par des critères d'inclusion différents. Les schémas d'avulsion étudiés étaient différents. Les fréquences de FG issues des publications ayant étudié les sites d'avulsions maxillaires sont probablement sous-estimées car la littérature a montré une fréquence plus élevée d'invaginations à la mandibule (3,9,11,44). Une autre source de divergence est la définition de FG utilisée. La majorité des études a utilisé la limite inférieure (1mm) de *Robertson*, mais celle de *Rivera* utilise une limite plus restrictive à 2mm de profondeur de sondage et sous-estime ainsi la fréquence des FG. De plus, peu de données concernant la chirurgie sont disponibles (technique d'avulsion, épaisseur d'os). Or les études et la 2nde théorie de formation des FG ont montré qu'une architecture osseuse fine était plus sujette aux résorptions de la crête alvéolaire et donc à la formation des FG (8). Concernant les moyens orthodontiques utilisés pour la fermeture d'espaces, une seule étude (10) précise avoir recours aux chaînettes élastomériques (technique par glissement) alors qu'elles semblent être le moyen de fermeture d'espaces le plus populaire auprès des orthodontistes. La force appliquée par les chaînettes n'est d'ailleurs pas mentionnée alors que celle-ci pourrait influencer la formation de FG au même

titre que la vitesse de déplacement dentaire. On peut émettre l'hypothèse que les cas ayant utilisé la technique segmentée (arc à boucle), qui permet un ancrage différentiel ainsi qu'une fermeture d'espaces plus rapide, ont présenté plus de FG que les fermetures par glissement (45). En effet, *Bertl* a montré que les mouvements orthodontiques lents étaient préférables (42). Enfin, les temps d'observation n'étaient pas les mêmes : certaines études se sont déroulées pendant la phase active du traitement orthodontique tandis que la majorité s'intéresse à la phase de contention (3,6,10,11,40,41,44). Les études observant des patients après dépose de l'appareil orthodontique montrent des fréquences de FG moins élevées, suggérant la résolution de ces défauts avec le temps.

Outre la variabilité des protocoles qui entrave la comparabilité, il s'agissait principalement d'études à faible niveau de preuves, aucune méta-analyse n'ayant été publiée à ce jour. Le nombre de sujets inclus dans ces études était en général très faible, seules 3 ont inclus plus de 35 patients (10,11,44).

- Les facteurs associés

La localisation mandibulaire préférentielle pourrait s'expliquer par l'anatomie concave de la mandibule, plus exposée au risque de pincement gingival lors du nivellement de la courbe de Spee et de la fermeture des sites d'avulsion (46).

L'étude du délai entre les avulsions et l'initiation de la fermeture d'espaces s'accorde avec la 2^{ème} théorie de formation des FG selon laquelle une anatomie défavorable de l'alvéole post-extractionnelle, présentant un volume osseux résorbé serait à l'origine de la formation de FG. L'initiation précoce des mouvements dentaires, permettrait de limiter la résorption osseuse et protégerait ainsi du risque de FG. Malgré des résultats non significatifs, les études montrent un plus grand nombre de FG lors des fermetures tardives (9,42).

L'implication des paramètres parodontaux est controversée. Selon la 1^{ère} théorie de formation des FG, un phénotype gingival épais favoriserait l'accumulation tissulaire et donc la formation des FG. Cependant, *Stappert* n'a pas démontré d'association et *Bertl* a, à l'inverse, observé une augmentation des FG en cas de phénotype parodontal fin (8,42). Ceci pourrait s'expliquer par une résorption osseuse augmentée chez ces patients (cf. 2^{ème} théorie de formation des FG).

Le tabac reste un facteur peu étudié en raison de la population trop jeune analysée (adolescents ne fumant pas encore ou soumis au biais de non

prévarication). Gölz a montré que les patients fumeurs présentaient des invaginations plus sévères. En effet, le tabac entraîne une hypoxie locale et une plus grande atrophie de la crête alvéolaire lors de la cicatrisation osseuse (6,47).

- La récurrence

Le caractère rétrospectif des études de *Campos*, *Bressane* et *Rivera* sur la récurrence limite l'exhaustivité et la qualité des données analysées (10,40,44). Il n'est donc pas possible de conclure sur l'absence de lien entre présence de FG et récurrence.

L'étude de la récurrence par réouverture d'espaces est rendue complexe par la multiplicité des étiologies possibles, outre la FG, le rôle des fibres trans-septales, du parallélisme des racines des dents bordant l'édentement ou encore la stabilité de l'occlusion entrent en jeu (48). Selon *Parker* la stabilité des fermetures d'espaces est augmentée lorsque les racines sont parallèles. Lorsque les racines n'étaient pas parallèles entre elles, il observe 42% de récurrence *versus* 13% en cas de racines parallèles. Il montre également que l'élimination chirurgicale de la FG après une fermeture d'espaces orthodontique a un effet positif sur la stabilité du traitement (15).

L'étude de la récurrence implique la problématique de la contention. Les études de cette revue ont utilisé des dispositifs amovibles. Le biais lié à la compliance est donc à prendre en compte. Aucune recommandation officielle n'a été publiée pour la contention des espaces d'avulsion fermés orthodontiquement. Certains praticiens réalisent des contentions mandibulaires de 35 à 45 en cas d'avulsion des premières prémolaires mandibulaires, d'autres collent un sectionnel vestibulaire de contention en acier en fin de traitement sur les dents bordant l'édentement. Ces deux types de contention fixe s'affranchissent ainsi de la compliance du patient.

6) Conclusion

Cette revue de littérature a actualisé les connaissances disponibles sur les fréquences, les facteurs de risque et la récurrence des FG. Leur fréquence élevée reste à nuancer car leur résolution semble spontanée. Leur formation semble être liée d'avantage à des facteurs locaux (localisation mandibulaire) et orthodontiques (vitesse de déplacement dentaire) qu'aux facteurs généraux liés au patient (âge, sexe).

Implications pour le clinicien et le patient :

- Meilleure connaissance de ce défaut gingival pour une meilleure information du patient et une adaptation des thérapeutiques par le praticien (fermeture d'espaces lente).
- L'intérêt des thérapeutiques préventives, diminuant l'incidence et la sévérité des FG telles qu'une chirurgie la plus atraumatique possible afin de conserver les parois alvéolaires, la stabilisation de l'alvéole d'extraction (par un substitut osseux ou une membrane) (20,24).
- L'intérêt des traitements de modification du phénotype gingival (greffe gingivale) pour prévenir le risque de FG dans les sites les plus à risque.
- La réalisation d'une gingivectomie en cas de FG installée (20).
- Importance de la mise en place d'un système de contention adapté.

Implications pour la recherche : les facteurs de risque des FG ainsi que leurs conséquences sur la santé orale restent partiellement élucidés.

Quelques pistes pour les travaux futurs incluent :

- l'étude prospective de cohortes de grande taille pour confirmer ou infirmer certaines tendances observées dans cette étude,
- l'étude de l'impact sur la formation des FG des forces orthodontiques appliquées (quantifiées)
- l'étude de l'efficacité des différents types de contention contrant la récurrence par réouverture d'espaces

7) Bibliographie

1. Jackson TH, Guez C, Lin FC, Proffit WR, Ko CC. Extraction frequencies at a university orthodontic clinic in the 21st century: Demographic and diagnostic factors affecting the likelihood of extraction. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* mars 2017;151(3):456-62.
2. Boileau Marie-José, Canal Pierre. *Orthodontie de l'enfant et du jeune adulte. Tome 1. Principes et moyens thérapeutiques.* Elsevier Masson; 2011.
3. Reichert C, Gözl L, Dirk C, Jäger A. Retrospective investigation of gingival invaginations: Part I: Clinical findings and presentation of a coding system. *J Orofac Orthop.* 2012;73(4):307-16.
4. Edwards JG. The prevention of relapse in extraction cases. *Am J Orthod.* 1971;60(2):128-44.
5. Atherton JD. The gingival response to orthodontic tooth movement. *Am J Orthod.* 1970;58(2):179-86.
6. Gözl L, Reichert C, Dirk C, Jäger A. Retrospective investigation of gingival invaginations: Part II: microbiological findings and genetic risk profile. *J Orofac Orthop.* sept 2012;73(5):387-96.
7. Gözl L, Reichert C, Jäger A. Gingival invagination -a systematic review. *J Orofac Orthop.* 2011;(6):409-420.
8. Stappert D, Geiman R, Zadi ZH, Reynolds MA. Gingival clefts revisited: Evaluation of the characteristics that make one more susceptible to gingival clefts. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2018;154(5):677-82.
9. Reichert C, Kutschera E, Plötz C, Scharf S, Gözl L, Fimmers R, et al. Incidence and severity of gingival invaginations associated with early versus late initiation of orthodontic space closure after tooth extraction: A multicenter pilot and randomized controlled trial. *J Orofac Orthop.* 2017;78(5):415-25.
10. Bressane L, Janson G, Naveda R, de Freitas MR, Garib D. Factors affecting the stability of maxillary extraction site closure. *Dental Press J Orthod.* 2021;26(2).
11. Robertson PB, Schultz LD, Levy BM. Occurrence and distribution of interdental gingival clefts following orthodontic movement into bicuspid extraction sites. *J Periodontol.* avr 1977;48(4):232-5.
12. Rivera Circuns AL, Tulloch JF. Gingival invagination in extraction sites of orthodontic patients: their incidence, effects on periodontal health, and orthodontic treatment. *Am J Orthod.* juin 1983;83(6):469-76.
13. Diedrich P, Wehrbein H. Orthodontic retraction into recent and healed extraction sites. A histologic study. *J Orofac Orthop.* 1997;58(2):90-9.
14. Erikson BE, Kaplan H, Aisenberg MS. Orthodontics and transeptal fibers: A histological interpretation of repair phenomena following the removal of first premolars with retraction of the anterior segment. *Am J Orthod Oral Surg.* 1945;31(1):1-20.
15. Parker GR. Transseptal fibers and relapse following bodily retraction of teeth: a histologic study. *Am J Orthod.* 1972;61(4):331-44.
16. Cadenas de Llano-Pérula M, Castro AB, Danneels M, Schelfhout A, Teughels W, Willems G. Risk factors for gingival recessions after orthodontic treatment: a systematic review. *Eur J Orthod.* 2023;45(5):528-44.
17. Kuroi J, Rönnerman A, Heyden G. Long-term gingival conditions after orthodontic closure of extraction sites. Histological and histochemical studies. *Eur J Orthod.* mai 1982;4(2):87-92.
18. Rönnerman A, Thilander B, Heyden G. Gingival tissue reactions to orthodontic closure of extraction sites. Histologic and histochemical studies. *Am J Orthod.* juin 1980;77(6):620-5.

19. Wehrbein H, Bauer W, Diedrich PR. Gingival invagination area after space closure: a histologic study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* déc 1995;108(6):593-8.
20. Malkoc S, Buyukyilmaz T, Gelgor I, Gursel M. Comparison of two different gingivectomy techniques for gingival cleft treatment. *Angle Orthod.* juin 2004;74(3):375-80.
21. Reichert C, Wenghöfer M, Götz W, Jäger A. Pilot study on orthodontic space closure after guided bone regeneration. *J Orofac Orthop.* mars 2011;72(1):45-50.
22. Pinheiro MLB, Moreira TC, Feres-Filho EJ. Guided bone regeneration of a pronounced gingivo-alveolar cleft due to orthodontic space closure. *J Periodontol.* juin 2006;77(6):1091-5.
23. Tiefengraber J, Diedrich P, Fritz U, Lantos P. Orthodontic space closure in combination with membrane supported healing of extraction sockets (MHE) a pilot study. *J Orofac Orthop.* sept 2002;63(5):422-8.
24. Moqadam A, Arash V, Mirzaie M, Fereydooni M, Haghani H, Rahmani A. Effect of Alveolar Ridge Preservation with PDFDBA on Orthodontic Tooth Movement Rate, Formation of Gingival Invagination and Root Resorption: A Randomized, Controlled Pilot Study. *Biomed Pharmacol J.* 25 déc 2016;9:1229-35.
25. Keim RG, Gottlieb EL, Vogels DS, Vogels PB. 2014 JCO study of orthodontic diagnosis and treatment procedures, Part 1: results and trends. *J Clin Orthod JCO.* oct 2014;48(10):607-30.
26. Cheng HC, Wang YC, Tam KW, Yen MF. Effects of tooth extraction on smile esthetics and the buccal corridor: A meta-analysis. *J Dent Sci.* déc 2016;11(4):387-93.
27. Boileau MJ. *Orthodontie de l'enfant et du jeune adulte. Tome 2, Traitements des dysmorphies et malocclusions.* Elsevier Masson; 2012. 309 p.
28. Burstone CJ, Koenig HA. Optimizing anterior and canine retraction. *Am J Orthod.* juill 1976;70(1):1-19.
29. Fleming PS, Fedorowicz Z, Johal A, El-Angbawi A, Pandis N. Surgical adjunctive procedures for accelerating orthodontic treatment. *Cochrane Database Syst Rev.* 30 juin 2015;2015(6):CD010572.
30. Bellini-Pereira SA, Aliaga-Del Castillo A, Dos Santos CCO, Henriques JFC, Janson G, Normando D. Treatment stability with bonded versus vacuum-formed retainers: a systematic review of randomized clinical trials. *Eur J Orthod.* 30 mars 2022;44(2):187-96.
31. Tricco AC, Lillie E, Zarin W, O'Brien KK, Colquhoun H, Levac D, et al. PRISMA Extension for Scoping Reviews (PRISMA-ScR): Checklist and Explanation. *Ann Intern Med.* 2 oct 2018;169(7):467-73.
32. Munn Z, Peters MDJ, Stern C. Systematic review or scoping review? Guidance for authors when choosing between a systematic or scoping review approach. *BMC Med Res Methodol.* 2018;18.
33. Morgan RL, Whaley P, Thayer KA, Schünemann HJ. Identifying the PECO: A framework for formulating good questions to explore the association of environmental and other exposures with health outcomes. *Environ Int.* déc 2018;121(Pt 1):1027-31.
34. Van Loveren C, Aartman IHA. The PICO (Patient-Intervention-Comparison-Outcome) question. *Ned Tijdschr Tandheelkd.* avr 2007;114(4):172-8.
35. Saaq M, Ashraf B. Modifying "Pico" Question into "Picos" Model for More Robust and Reproducible Presentation of the Methodology Employed in A Scientific Study. *World J Plast Surg.* sept 2017;6(3):390-2.
36. Pallot A, Rostagno S. Newcastle-Ottawa Scale : traduction française de l'échelle de qualité méthodologique pour les études de cohorte. *Kinésithérapie Rev.* juill 2021;21(235):3-4.
37. Sterne JA, Hernán MA, Reeves BC, Savović J, Berkman ND, Viswanathan M, et al. ROBINS-I: a tool for assessing risk of bias in non-randomised studies of interventions. *BMJ.* 12 oct 2016;355:i4919.

38. Higgins JPT, Altman DG, Gøtzsche PC, Jüni P, Moher D, Oxman AD, et al. The Cochrane Collaboration's tool for assessing risk of bias in randomised trials. *BMJ*. 18 oct 2011;343:d5928.
39. Sterne JAC, Savović J, Page MJ, Elbers RG, Blencowe NS, Boutron I, et al. RoB 2: a revised tool for assessing risk of bias in randomised trials. *BMJ*. 28 août 2019;366:14898.
40. Campos JDF de A, Campos MJ da S, Caetano PL, Kuchenbecker Rösing C, Farinazzo Vitral RW. The absence of proximal contact point on periodontal parameters of teeth moved into extraction sites. *Braz Dent J*. 33(3):74-81.
41. Bakhsh A, Scott C, Stappert D. Prospective Clinical Investigation of Orthodontic Relapse from Gingival Clefts. *Dent Oral Biol Craniofacial Res*. 2020;(1):1-7.
42. Bertl K, Neuner H, Meran A, Bertl MH, Reich I, Nemeč M, et al. Does the time-point of orthodontic space closure initiation after tooth extraction affect the incidence of gingival cleft development? A randomized controlled clinical trial. *J Periodontol*. mai 2020;91(5):572-81.
43. Al-Jundi A, Sabbagh BA, Baskaradoss JK. Evaluation of Periodontal Changes Adjacent to Extraction Sites during Upper Canine Retraction. *J Contemp Dent Pract*. févr 2017;18(2):117-25.
44. Rivera Circuns AL, Tulloch JF. Gingival invagination in extraction sites of orthodontic patients: their incidence, effects on periodontal health, and orthodontic treatment. *Am J Orthod*. juin 1983;83(6):469-76.
45. Burstone CJ, Choy K. Extraction therapies and space closure. In: *The biomechanical foundation of clinical orthodontics*. Chicago: Quintessence Publishing Co; 2015: 275-319.
46. Bazert C, Marteau JM. Déplacement dentaire dans un site d'extraction : aspects parodontaux. *Rev Orthopédie Dento-Faciale*. 2001;35(2):199-220.
47. Ravald N, Johansson CS. Tooth loss in periodontally treated patients. A long-term study of periodontal disease and root caries. *J Clin Periodontol*. 2012;39(1):73-9.
48. Janson G, Valarelli DP, Rizzo M, Valarelli FP. Prevalence of extraction space reopening in different orthodontic treatment protocols. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. sept 2017;152(3):320-6.

8) Table des figures

Figure 1 – (A) FG vestibulo-linguale après avulsion de 35-45, iconographie personnelle ; (B) FG vestibulaire après avulsion de 14, courtoisie Eléonore Desplanques.....	15
Figure 2 - Classification par grade de Reichert	16
Figure 3 - Schéma illustrant la distalisation d'une canine, une FG est présente dans la zone de compression (A) et un « red patch » dans la zone de tension (B), d'après Atherton (5)	16
Figure 4 - (1) Coupe histologique d'une fissure gingivale : surface osseuse (B) ; hyperkeratinisation (flèche) et prolifération épithéliale profonde ; couche de tissu conjonctif lâche (L), couche de tissu conjonctif fibreux (F) ; ilot osseux (flèche*) 8 :1 d'après Wehrbein (2) Zoom de la figure (1), perle de kératine (entre les flèches) ; tissu conjonctif lâche : multiples fibres courtes et désorientées ; cellules : fibroblastes principalement et quelques cellules inflammatoires 40 :1	17
Figure 5 - Schéma, les 2 types de rétraction antérieure – courtoisie Dr Méresse	20
Figure 6 - Schéma, les adjuvants des techniques par glissement- courtoisie Dr Méresse	20
Figure 7 - Diagramme de flux de la revue de littérature	27
Figure 8 - Dates de publication des études incluses dans la revue de littérature	28
Figure 9 – Répartition des différents types d'études incluses dans la revue de littérature	29

9) Table des tableaux

Tableau 1 - Tableau résumant les facteurs associés au risque et à la sévérité des FG étudiés dans les articles de la revue de littérature	32
Tableau 2 - Principales caractéristiques des études incluses dans la revue de la portée	43
Tableau 3 - Risque de biais des études de cohortes observationnelles incluses (NEWCASTLE OTTAWA)	46
Tableau 4 - Risque de biais des essais contrôlés non randomisés incluses (ROBINS).....	47
Tableau 5 - Risque de biais des essais contrôlés randomisés incluses (ROB-II)	48

Tableau 2 - Principales caractéristiques des études incluses dans la revue de la portée

Référence	Type d'étude	Population	Intervention	Groupe comparateur	Résultats
Edwards et al. 1971	ECnR	10 patients 20 sites Adolescents	Avulsion de 2 PM Contention par gouttière	GC : pas d'élimination chirurgicale de la FG	Incidence FG : 95% GE : 100% de récurrence lors du retrait des arcs 2 mois avant débagueage Diminution de la tendance à la récurrence après élimination chirurgicale simple de le FG Association FG et récurrence GC : Persistance des FG à 9 mois de contention par gouttière
Robertson et al. 1977	ECO	40 patients 160 sites Agés de 14 à 22 ans	Avulsion de 4 PM Patients en contention depuis au moins 1 an,	GC1: TO sans avulsion GC2: pas de TO	Prévalence FG/patient : 35% Prévalence FG/site : 25,6% Pas d'association entre l'ancienneté des avulsions et la présence / sévérité des FG Localisation préférentielle FG : V PM1 md
Rivera et al. 1983	ECO	72 patients 288 sites	Avulsion de 4 PM1		Fréquence des FG pour les espaces « fermés, non débagués » : 100% Fréquence des FG pour les espaces en contention depuis 6 mois : 87,5% Fréquence des FG pour les espaces sans contention depuis au moins 6 mois : 79,2% Pas d'association entre la présence de FG et la récurrence
Tiefengraber et al. 2002	ECnR Bouche divisée	3 patients 6 sites Agés de 11 à 14 ans	Avulsion de 2 PM1, atraumatique Ressort NiTi 200g GE : Préservation alvéolaire (membrane)	Avulsion simple	Incidence FG/site GE : 0% Incidence FG/site GC : 100%
Reichert et al. 2011	ECnR Bouche divisée	3 patients 6 sites	Avulsion de 2 PM Ressorts NiTi 200g Délais avulsion – initiation fermeture = 6 semaines GE: préservation alvéolaire (substitut osseux)	Avulsion simple	Incidence FG/site GE : 0/3 Incidence FG/site GC : 2/3

Reichert et al. 2012	ECO	30 patients 101 sites Age moyen 21,5 ans	Avulsion d'au moins 1 PM Patient en contention depuis au moins 3 mois		Prévalence FG/patient : 53.3% Prévalence FG/site : 39.6% Fréquence FG : H < F Fréquence FG mx : 30% Fréquence FG md : 50% FG plus sévères à la md Patients sans FG : 100% fermeture complète Patient avec FG : 70% fermeture
Gözl et al. 2012	ECO	Même population que <i>Reichert et al. 2012</i>	Avulsion d'au moins 1 PM Patient en contention depuis au moins 3 mois		Pas d'association entre tabagisme et présence FG. Association entre tabagisme et sévérité FG.
Reichert et al. 2017	ECR	25 patients 74 sites Age moyen 14,8 ans	Avulsion d'au moins 1 PM md Groupe A : délais avulsion – initiation fermeture = 2-4 semaines après avulsion Groupe B : délais avulsion – initiation fermeture = 12 semaines		Incidence FG/site A = B (84.1%; 96.7%) Pas d'association entre l'âge, le sexe, le délais avulsion - initiation de la fermeture, vitesse de fermeture d'espaces avec l'incidence / la sévérité des FG
Al-Jundi et al. 2017	ECnR	17 patients 34 sites Age moyen 15,8	Avulsion de PM1 mx, avant pose de l'appareille, ressorts NiTi 150g		Incidence FG / site : 29.7% Fréquence FG H>F
Stappert et al. 2018	ECnR	29 patients 82 sites	Avulsion de 2 / 4 PM, atraumatique		Incidence FG/site : 73,2% Incidence mx = md Sévérité mx = md Association significative entre l'augmentation de l'âge et la sévérité des FG Pas d'association du nombre de PM avulsée ni des paramètres parodontaux (HTK, phénotype gingival, vdensité osseuse) avec la formation / sévérité des FG

Bressane et al. 2019	ECO	99 patients 396 sites Age moyen 13,02 ans	Avulsion de PM1 mx Chainettes élastomériques		Prévalence FG post débague/patient : 34.34% Prévalence FG post débague/site : 25.73% Persistence FG 1 an post débague: 88.63% Pas de lien entre récive et FG
Bertl et al. 2020	ECR Bouche divsée	21 patients 52 sites Age moyen 19,8 ans	Avulsion de 2 PM, atraumatique Ressorts NiTi 200g Groupe <i>EM</i> : délais avulsion – initiation fermeture = 1 semaine Groupe <i>DM</i> : délais avulsion – initiation fermeture = 8 semaines		Incidence FG à 3 mois EM = DM (69.2% ; 53.9%) Incidence FG à 6 mois EM = DM (88.5% ; 76.9%) Association entre la présence de FG et les dents bougeant rapidement (incidence de 90% à 3 mois pour les mouvements ≥1mm/mois vs 25% pour les mouvements <1mm/mois)
Bakhsh et al. 2020	ECO	Même population que <i>Stappert et al. 2018</i>	Avulsion de 2 / 4 PM, atraumatique		Fréquence récive en présence de FG : 42,86% Fréquence récive en absence de FG : 36,84% Pour les phénotypes épais, la FG est un facteur de risque de récive
Campos et al. 2022	ECnR	35 patients 63 sites Age moyen 29 ans	Avulsion de 2 PM1 mx Groupe 1 : point de contact présent entre la canine et la PM2 Groupe 2 : absence de point de contact canine – PM2	TO sans avulsion, point de contact présent PM1- PM2	Fréquence FG groupe 1 : 12,5% Fréquence FG groupe 2 : 23,5% Absence de différence significative

*ECR : Essai Contrôlé Randomisé

*GC : Groupe Comparateur

*F : Femme

*V : Vestibulaire

*ECnR : Essai Contrôlé non Randomisé

*GE : Groupe Expérimental

*Mx : Maxillaire

*ECO : Étude de Cohorte Observationnelle

*H : Homme

*Md : Mandibulaire

Tableau 3 - Risque de biais des études de cohortes observationnelles incluses (NEWCASTLE OTTAWA)

C1 : sélection ; C2 : comparabilité ; C3 : critère de jugement

	C1/4*	C2/2*	C3/3*	Global/9*
Robertson et al. 1977	**	*	**	5*
Rivera et al. 1983	**	*	**	5*
Gözl et al. 2012	**	*	**	5*
Reichert et al. 2017	**	*	***	6*
Bressane et al 2019	*	*	*	3*
Bakhsh et al. 2020	**	*	**	5*

Tableau 4 - Risque de biais des essais contrôlés non randomisés incluses (ROBINS)

D1 : biais de confusion ; D2 : biais de sélection des participants ; D3 : biais de classification des interventions ; D4 : biais d'écart par rapport aux interventions prévues ; D5 : biais des données manquantes ; D6 : biais de mesure des résultats ; D7 : biais de sélection des résultats appropriés

	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	Global
Edwards et al. 1971	X	!	≈	+	!	≈	≈	X
Tiefengraber et al. 2002	≈	X	+	+	+	+	+	+
Reichert et al. 2011	≈	X	+	+	+	+	+	+
Al-Jundi et al. 2017	!	≈	≈	+	X	≈	≈	X
Stappert et al. 2018	+	+	+	+	+	+	+	+
Campos et al. 2022	≈	+	≈	+	≈	≈	+	≈

Jugement : ! critique X sérieux ≈ Modéré + faible

Tableau 5 - Risque de biais des essais contrôlés randomisés incluses (ROB-II)

D1 : Procédure de randomisation ; D2 : écarts par rapport aux interventions prévues ;
 D3 : données manquantes sur les résultats ; D4 : mesure des résultats ; D5 : sélection
 du résultat approprié.

	D1	D2	D3	D4	D5	Global
Reichert et al. 2017	+	+	≈	+	≈	+
Bertl et al. 2020	+	+	+	+	≈	+

Risque de biais: + faible; ≈ incertain ; ! élevé

Thèse d'exercice : Chir. Dent. : Lille : Année 2024 – N° :

Fissures gingivales dans les traitements orthodontiques avec avulsion de prémolaires : revue de littérature / **Valentine COLIN**. - p. (42) : ill. (14) ; réf. (48).

Domaines : Orthopédie dento-faciale, Parodontologie

Mots clés Libres : Orthodontie, Orthopédie dento-faciale, Parodontologie, Fissures gingivales, Invaginations, Avulsions, Prémolaires, Fermeture d'espaces

Résumé de la thèse

Objectif : l'objectif de ce travail est de proposer une revue de la littérature (revue de la portée) globale, actualisé, et une analyse critique de la prévalence, des facteurs de risque des fissures gingivales (FG), et du lien entre FG et récurrence par réouverture d'espaces.

Matériel et méthodes : la base de données Medline a été consultée et interrogée jusqu'au 30 juin 2024 pour identifier des études observationnelles ou interventionnelle étudiant les FG.

Résultats : 14 études dont 6 observationnelles et 8 essais cliniques contrôlés (dont seulement 2 randomisées), incluant 384 patients et 994 sites d'avulsion de prémolaires ont été sélectionnés. L'analyse a permis de définir des fréquences de FG à l'échelle du patient (34% à 100%) ainsi qu'à différents moments du TO : lors de la fermeture d'espace (54% à 88%) et une fois l'espace fermé (25% à 97%). La localisation mandibulaire et la vitesse de fermeture d'espaces semblent être des facteurs associés au risque de développement de FG. La sévérité des FG est quant à elle augmentée par la localisation mandibulaire, le tabagisme et l'âge.

Conclusion : les fréquences élevées de FG mises en évidence dans cette revue de la littérature sont à nuancer car leur résolution semble spontanée. Compte tenu des conséquences parodontales et orthodontiques de ces défauts gingivaux, les praticiens doivent en tenir compte afin de mener à bien le traitement orthodontique et d'en assurer la stabilité.