



<http://portaildoc.univ-lyon1.fr>

Creative commons : Paternité - Pas d'Utilisation Commerciale -
Pas de Modification 2.0 France (CC BY-NC-ND 2.0)



<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.0/fr>

UNIVERSITE CLAUDE BERNARD-LYON1

U.F.R. D'ODONTOLOGIE

Année 2023

Thèse n°2023 LYO 1D 003

THESE

POUR LE DIPLOME D'ETAT DE DOCTEUR EN CHIRURGIE DENTAIRE

Présentée et soutenue publiquement le 13/01/2023

Par Lauriane PRAT

Née le 22/10/1998 à PARIS

**Les aligneurs orthodontiques : revue de la
littérature récente**

JURY

Monsieur le Professeur	Jean-Jacques MORRIER	Président
Monsieur le Docteur	Christophe Jeannin	Assesseur
Madame la Docteure	Marie-Agnès GASQUI DE SAINT-JOACHIM	Assesseur
<u>Monsieur le Professeur</u>	<u>Pierre FARGE</u>	<u>Assesseur</u>

UNIVERSITE CLAUDE BERNARD LYON I

Président de l'Université	Frédéric FLEURY
Président du Conseil Académique et de la Commission Recherche	Hamda BEN HADID
Vice-Président du Conseil d'Administration	Didier REVEL
Vice-Présidente de la Commission Formation	Céline BROCHIER
Vice-Président Relations Hospitalo-Universitaires	Jean François MORNEX
Directeur général des services	Pierre ROLLAND

SECTEUR SANTE

Doyen de l'UFR de Médecine Lyon-Est	Gilles RODE
Doyen de l'UFR de Médecine et de Maïeutique Lyon Sud - Charles Mérieux	Philippe PAPAREL
Doyen de l'Institut des Sciences Pharmaceutiques et Biologiques (ISPB)	Claude DUSSART
Doyen de l'UFR d'Odontologie	Jean-Christophe MAURIN
Directeur de l'Institut des Sciences & Techniques de Réadaptation (ISTR)	Jacques LUAUTÉ
Présidente du Comité de Coordination des Études Médicales	Carole BURILLON

SECTEUR SCIENCES ET TECHNOLOGIE

Directrice de l'UFR Biosciences	Kathrin GIESELER
Directeur de l'UFR Faculté des Sciences	Bruno ANDRIOLETTI
Directeur de l'UFR Sciences & Techniques des Activités Physiques et Sportives (STAPS)	Guillaume BODET
Directeur de Polytech Lyon	Emmanuel PERRIN
Directeur de l'Institut Universitaire de Technologie Lyon 1 (IUT)	Michel MASSENZIO
Directeur de l'Institut des Science Financière & Assurances (ISFA)	Nicolas LEBOISNE

Directeur de l'Observatoire de Lyon

Bruno GUIDERDONI

Directeur de l'Institut National Supérieur
du Professorat & de l'Éducation (INSPÉ)

Pierre CHAREYRON

Directrice du Département-composante Génie Électrique & des
Procédés (GEP)

Rosaria FERRIGNO

Directrice du Département-composante Informatique

Saida BOUAZAK
BRONDEL

Directeur du Département-composante Mécanique

Marc BUFFAT



FACULTE D'ODONTOLOGIE DE LYON

Doyen : M. Jean-Christophe MAURIN, Professeur des Universités-Praticien hospitalier

Vice-Doyens : Pr. Cyril VILLAT, Professeur des Universités - Praticien hospitalier
Pr. Maxime DUCRET, Professeur des Universités - Praticien hospitalier
Pr. Brigitte GROSGOGEAT, Professeure des Universités - Praticien hospitalier

SOUS-SECTION 56-01 : ODONTOLOGIE PEDIATRIQUE ET ORTHOPEDIE DENTO-FACIALE

Professeurs des Universités-PH : M. Jean-Jacques MORRIER, Mme Béatrice THIVICHON-PRINCE
Maîtres de Conférences-PH : Mme Sarah GEBEILE-CHAUTY, Mme Claire PERNIER
Maître de Conférences Associé : Mme Lienhart Guillemette

**SOUS-SECTION 56-02 : PREVENTION – EPIDEMIOLOGIE
ECONOMIE DE LA SANTE - ODONTOLOGIE LEGALE**

Professeur des Universités-PH : M. Denis BOURGEOIS
Maître de Conférences-PH : M. Bruno COMTE
Maître de Conférences Associé : M. Laurent LAFOREST

SOUS-SECTION 57-01 : CHIRURGIE ORALE – PARODONTOLOGIE – BIOLOGIE ORALE

Professeurs des Universités-PH : M. Jean-Christophe FARGES, Mme Kerstin GRITSCH
Maîtres de Conférences-PH : M. Thomas FORTIN, M. Amaud LAFON, M. François VIRARD
Maîtres de Conférences Associés : Mme Ina SALIASI, Mme Doriane CHACUN

**SOUS-SECTION 58-01 : DENTISTERIE RESTAURATRICE, ENDODONTIE, PROTHESE,
FONCTION-DYSFONCTION, IMAGERIE, BIOMATERIAUX**

Professeurs des Universités-PH : M. Pierre FARGE, Mme Brigitte GROSGOGEAT, M. Maxime DUCRET
M. Jean-Christophe MAURIN, Mme Catherine MILLET
M. Olivier ROBIN, Mme Sarah MILLOT, M. Cyril VILLAT

Maîtres de Conférences-PH : M. Patrick EXBRAYAT, M. Christophe JEANNIN
Mme Marion LUCCHINI, M. Thierry SELLI
Mme Sophie VEYRE, M. Stéphane VIENNOT

Maître de Conférences Associé M. HAZEM ABOUELLEIL-SAYED

SECTION 87 : SCIENCES BIOLOGIQUES FONDAMENTALES ET CLINIQUES

Maître de Conférences Mme Florence CARROUEL

A notre Président du Jury,

Monsieur le Professeur Jean-Jacques MORRIER

Professeur des Universités à l'UFR d'Odontologie de Lyon

Praticien-Hospitalier

Docteur en Chirurgie Dentaire

Maître en Biologie Humaine

Docteur de l'Université Lyon I

Habilité à Diriger des Recherches

Nous sommes honorés de vous avoir comme président de notre jury. Vous nous avez accompagnés durant ces trois années au centre de soin dentaire, dans une discipline qui est particulièrement chère à notre cœur, la pédodontie. Pour cela nous sommes particulièrement sensibles à votre présence dans ce jury.

Merci pour votre enseignement.

A notre Directeur de thèse,

Monsieur le Professeur Pierre FARGE

Professeur des Universités à l'UFR d'Odontologie de Lyon

Praticien Hospitalier

Docteur en Chirurgie Dentaire

Docteur en Sciences Odontologiques

Docteur de l'Université Lyon I

Docteur en Sciences Cliniques (Ph.D) de l'Université de Montréal

Habilité à Diriger des Recherches

Nous vous avons choisi en tant que directeur de thèse pour votre enseignement durant notre dernière année d'étude. Votre soutien au centre de soin a été pour nous indispensable et nous vous remercions de nous avoir transmis vos connaissances de manière si sympathique.

Nous vous sommes infiniment reconnaissants de nous avoir permis de réaliser ce travail sur un sujet qui nous tenait tant à cœur. Nous n'aurions pas pu l'écrire sans votre aide bienveillante.

A nos juges,

**Madame la Docteure Marie-Agnès GASQUI DE SAINT-
JOACHIM**

Assistante Hospitalo-Universitaire

Docteur en Chirurgie Dentaire

Docteur de l'Université Lyon I

Nous vous avons choisie grâce aux souvenirs de nos vacations d'urgences dentaire en votre compagnie. Vous avez rendu ces journées d'astreintes agréables par votre enseignement attentionné.

Nous vous remercions d'avoir accepté de prendre part à cette thèse et nous vous prions de trouver en ce travail l'expression de notre respect et de notre profonde gratitude.

Monsieur le Docteur Christophe JEANNIN

Maître de Conférences à l'UFR d'Odontologie de Lyon
Praticien-Hospitalier
Docteur en Chirurgie Dentaire
Docteur de l'Institut National Polytechnique de Grenoble
Habilité à Diriger les Recherches

*Nous vous remercions d'avoir accepté de participer à ce jury avec spontanéité et
bienveillance. Nous sommes heureux de vous avoir auprès de nous durant cette
dernière étape de notre cursus, vous qui étiez présent à nos tout premiers cours à la
faculté d'odontologie.*

*Nous nous souvenons avec le sourire des vacances de prothèse du centre de soin grâce à
votre enseignement.*

Table des matières

INTRODUCTION	1
I. Matériel et méthodes.....	2
A. Recherche d'articles dans la littérature scientifique.....	2
1. Identification des articles	2
2. Sélection des articles	3
B. Analyse des articles sélectionnés	4
II. Résultats	6
A. Sélection des articles et diagramme de flux.....	6
B. Caractéristiques des articles et de leur revue de publication	8
1. Facteur d'impact de la revue de publication.....	8
2. Niveaux de preuve des articles.....	11
3. Résultats des articles	13
C. Conclusions des articles au regard des malocclusions orthodontiques.....	20
1. Les malocclusions du sens transversal	20
2. Les malocclusions du sens vertical	22
3. Les malocclusions du sens sagittal	23
4. Les dysharmonies dento-maxillaires et dento-dentaires et les mouvements unitaires	24
III. Discussion	26
A. Intérêts et limites des articles	26
B. Indications et limites des aligneurs en orthodontie.....	28
1. Indications et contre-indications pour les malocclusions	28
2. Indications et contre-indications pour le patient.....	30
CONCLUSION	32
BIBLIOGRAPHIE.....	33
ANNEXE	36

Table des abréviations et acronymes

ABO	American Board of Orthodontics
DDM	Dysharmonie-Dento-Maxillaire
DI	Discrepancy Index
IF	Impact Factor
JCR	Journal Citation report
LII	Little's Irregularity index
OGS	Objective Grading System
PAR	Peer Assessment Rating
WoS	World of Science

Table des illustrations

FIGURES

Figure 1 Diagramme de flux.....	7
Figure 2 Distribution des articles dans les différentes revues scientifiques	8
Figure 3 Facteur d'impact des revues retenues dans l'étude	9
Figure 4 Facteur d'impact des revues de publication selon le type d'étude.....	12
Figure 5 L'articulé croisé postérieur, une malocclusion transversale (1).....	20
Figure 6 La béance antérieure et la supracclusion, malocclusions verticales (2).....	22
Figure 7 Classe I, II et III dentaires, malocclusions sagittales (1).....	23
Figure 8 Diastèmes et encombrement dentaire, dysharmonies dento-maxillaires (2).....	24

TABLEAUX

Tableau 1 Critères de recherches des articles.....	2
Tableau 2 Caractéristiques des revues scientifiques.....	10
Tableau 3 Grade des recommandations de l'état des lieux de la Haute Autorité de Santé : <i>Niveau de preuve et gradation des recommandations de bonne pratique (3)</i>	11
Tableau 4 Principales caractéristiques des sources secondaires.....	13
Tableau 5 Principales caractéristiques des sources primaires.....	16

INTRODUCTION

Depuis plusieurs années, les patients sont en quête de traitements orthodontiques plus esthétiques et confortables. Des alternatives thérapeutiques existent, comme les brackets en céramique ou l'orthodontie linguale. Dernièrement, ce sont les gouttières thermoformées ou aligneurs qui attirent les patients désireux d'être traités mais refusant les thérapeutiques conventionnelles trop inesthétiques.

Cette technologie existe depuis quelques dizaines d'années et c'est Align Technology® (Santa Clara, Californie) qui a créé en 1998 la marque d'aligneur la plus utilisée aujourd'hui dans le monde : Invisalign®(4). Ces aligneurs orthodontiques fonctionnent avec une biomécanique toute autre que les appareils fixes : c'est le changement successif de gouttières présentant chacune des mouvements dentaires légers qui aboutit à l'alignement des dents (5). Toute la planification s'effectue en amont du traitement grâce à un logiciel de modélisation 3D des mouvements dentaires à réaliser pour obtenir les résultats souhaités (appelé ClinCheck® chez Align Technology®).

La force de ces aligneurs réside non seulement dans leur rendu esthétique et confortable mais aussi dans leur caractère amovible qui facilite le maintien d'une hygiène bucco-dentaire optimale (6).

Malheureusement, de nombreuses réticences persistent quant à l'utilisation de ces systèmes d'alignements dentaire : ils manqueraient d'efficacité par rapport aux traitements classiques et ils ne pourraient être employés que pour le traitement de cas simples (7), (8). Leur efficacité dépend en effet essentiellement de la compliance du patient. Il est donc nécessaire que le praticien ait posé la bonne indication d'utilisation et également réussit sa planification.

Nous allons tenter de répondre aux questionnements concernant l'efficacité des aligneurs en étudiant la littérature actuelle sur le sujet. L'objectif de cette étude sera de comprendre les indications thérapeutiques et les limites de cette technologie ainsi que son apport par rapport à d'autres moyens de traitement orthodontiques.

Nous concentrerons nos recherches parmi les publications de 2020 à 2022, desquelles nous élirons les articles répondant à nos critères. Puis, nous analyserons le fond et la forme de ces articles, afin, ensuite, de déterminer les indications et limites des aligneurs pour les corrections des malocclusions orthodontiques dans le sens transversal, vertical et sagittal.

Nous verrons que leurs intérêts par rapport aux autres thérapeutiques sont pour l'instant assez limités. Enfin, nous étudierons leurs perspectives d'amélioration et d'utilisation qui s'étendent aux patients suivis en médecine bucco-dentaire.

I. Matériel et méthodes

A. Recherche d'articles dans la littérature scientifique.

1. Identification des articles

Afin de répondre à la question de l'efficacité des aligneurs orthodontiques, il a fallu recenser les articles sur le sujet.

La plus grande base de données à notre disposition est PubMed. Elle est complète et propose une offre très importante d'études du monde entier. Pour ce travail nous avons choisi de nous limiter à cette seule base de données pour la recherche des sources primaires et secondaires.

Dans la recherche avancée de la base de données, des mots-clés ont été choisis dans le but d'obtenir des articles pertinents et répondants à nos critères et dont le titre contient l'un de ces mots-clés. Les critères de recherche des articles sont énumérés dans le tableau 1. Des synonymes ont été utilisés pour élargir la recherche et tous les mots-clés sont en anglais car c'est la langue la plus utilisée dans la littérature.

Base de données	PubMed
Recherche avancée	« clear aligner(s) », « orthodontic aligners », « thermoplastic aligner(s) », « invisible aligner(s) », « Invisalign »
Localisation du mot-clé	Dans le titre
Disponibilité du texte	Entièrement gratuit
Dates de publication	2020, 2021, 2022

Tableau 1 : critères de recherche des articles

La technologie des aligneurs est d'apparition récente depuis seulement deux décennies, ainsi, elle est en constante amélioration. En effet, le nombre d'article publié par an sur les aligneurs ne fait qu'augmenter depuis 2013 sur PubMed. Il est, de 2013 à 2022 respectivement, de 5 ; 19 ; 21 ; 24 ; 40 ; 41 ; 45 ; 88 ; 103 ; 157. Cela témoigne de l'intérêt grandissant de la science à leur sujet.

C'est pourquoi nous avons décidé de baser la recherche sur des articles publiés entre 2020 et 2022. Nous espérons ainsi la rendre la plus conforme aux données actuelles de la science. Elle a pour finir été filtrée afin de n'obtenir que des articles entièrement disponibles.

2. Sélection des articles

Avant de continuer notre sélection d'articles, il a fallu déterminer quels étaient les critères d'inclusion et d'exclusion des articles dans cette étude.

Celle-ci est orientée sur la fiabilité, l'efficacité, la prédictibilité et les indications et limites du traitement orthodontique par gouttières d'alignement.

Les critères d'inclusions des articles identifiés sont donc :

- étude de l'efficacité du traitement par aligneurs
- étude de l'efficacité des mouvements dentaires par aligneurs
- étude des résultats du traitement par aligneurs
- étude des indications des aligneurs
- étude des contre-indications des aligneurs

A contrario, les articles ont été exclus s'ils ne répondaient pas à l'un des critères précédemment établis. Nous pouvons citer comme critère d'exclusion :

- manuscrit non disponible en anglais
- étude du biomatériau des aligneurs
- étude des auxiliaires du traitement par aligneurs (mini-vis, élastiques...)
- étude des attachements
- étude de l'apport de thérapies combinées (vibration haute fréquence, corticotomie, réduction interproximale...)
- étude de l'environnement bucco-dentaire et du confort liés aux aligneurs (environnement parodontal, douleur, confort, résorptions radiculaires, hygiène orale, développement bactérien...)

Nous avons donc premièrement ciblé les articles à inclure en étudiant leur titre. Puis, dans un second temps, nous avons lu leur contenu afin d'exclure les articles ne répondant pas aux critères d'inclusion.

Enfin, nous avons décidé de concentrer nos recherches en ne sélectionnant que les documents dont le niveau de preuve était fort ou intermédiaire et donc dont la méthodologie était suffisamment qualitative. Le niveau de preuve d'une étude caractérise sa capacité à répondre à la question posée, selon l'état des lieux de la Haute Autorité de Santé (3). Nous espérons ainsi garantir une évidence scientifique correcte à notre travail.

Une sélection finale s'est donc faite et tous les articles de faible niveau de preuve ont été exclus.

Nous avons donc pu commencer notre analyse avec les articles de 2020 à 2022 dont le schéma répondait à un bon ou très bon niveau de preuve.

B. Analyse des articles sélectionnés

Afin de faciliter l'étude et la comparaison des articles sélectionnés, une grille de lecture a été confectionnée. Cette grille se concentre sur la forme et le fond de chaque article et révèle sa pertinence clinique. Elle est présentée en annexe de ce document.

Elle se décompose en 6 parties :

- Justification de l'étude par son apport dans la littérature actuelle
Cette partie permet de vérifier la pertinence de son ou ses objectifs et les lacunes présentes dans la littérature et suppositions faites sur son sujet.
- Analyse de la méthodologie et du type d'étude
La population étudiée est analysée afin de vérifier qu'elle corresponde bien à la population cible et soit homogène, que l'effectif soit cohérent et que le schéma de l'étude et les variables étudiées permettent de répondre à la question posée. Est aussi évalué ici le niveau de preuve scientifique de l'étude.
- Analyse de la pertinence du titre par rapport au sujet de l'étude et de sa présentation
On observe aussi la nationalité des auteurs, le lieu de publication ainsi que le publieur afin de rechercher d'éventuelles redondances entre les articles. Cela nous permettra aussi plus tard de classer les articles en fonction de l'importance scientifique de leur revue de publication. L'actualité des références est aussi étudiée.
- Analyse des résultats
Les biais présents dans l'étude sont recensés. Ils peuvent faire baisser sa qualité et son niveau de preuve. Les réactions des auteurs face à ces biais et aux résultats contraires de la littérature, leurs suggestions d'améliorations et perspectives sont aussi évaluées. Elles témoignent de l'objectivité d'écriture du document.
- Intérêts et limites de l'outil étudié
Cette dernière partie de la grille détermine la pertinence de l'étude, son intérêt clinique et ses applications. Les indications et limites de l'objet étudié sont aussi résumées.

Chaque article a été analysé selon la même grille présentée ci-avant. Cela permet une étude des articles la plus homogène et objective possible.

La lecture critique s'est déroulée de manière identique pour tous les articles par l'auteur de ce travail (LP).

Les revues de publications des articles ont ensuite été étudiées. En effet, leur renommée internationale est liée au taux moyen de citations de leurs articles et apporte de la valeur aux articles qu'elles publient.

Un des critères révélant le niveau de popularité d'une revue est le facteur d'impact (IF). Lors de l'analyse, le facteur d'impact de 2021 de chaque revue de publication a été relevé, d'après le « Journal Citation Reports » se basant sur la base de données Web of Science.

II. Résultats

A. Sélection des articles et diagramme de flux

L'identification des articles dans la base de données PubMed a donné 150 articles.

Ensuite, après analyse de leur titre puis de leur contenu, 43 articles ont répondu aux critères d'inclusion.

Enfin, à la suite de l'étude de leur méthodologie et de leur schéma, 35 articles ont été exclus à cause de leur faible niveau de preuve.

8 articles ont donc été inclus et analysés dans ce travail.

Ce chemin d'identification et de sélection des articles est résumé dans le diagramme de flux de la figure 1.

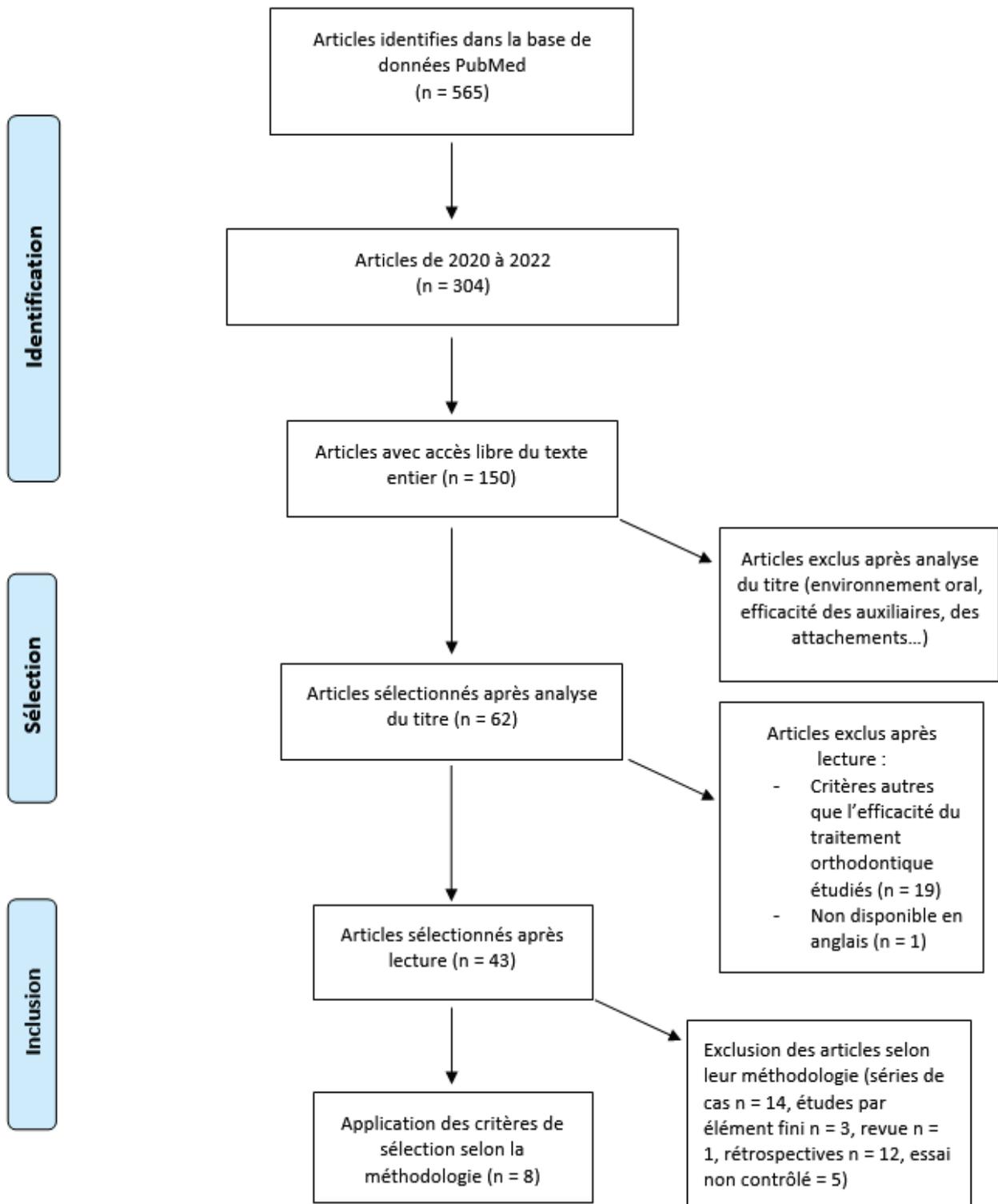


Figure 1 : diagramme de flux

B. Caractéristiques des articles et de leur revue de publication

1. Facteur d'impact de la revue de publication

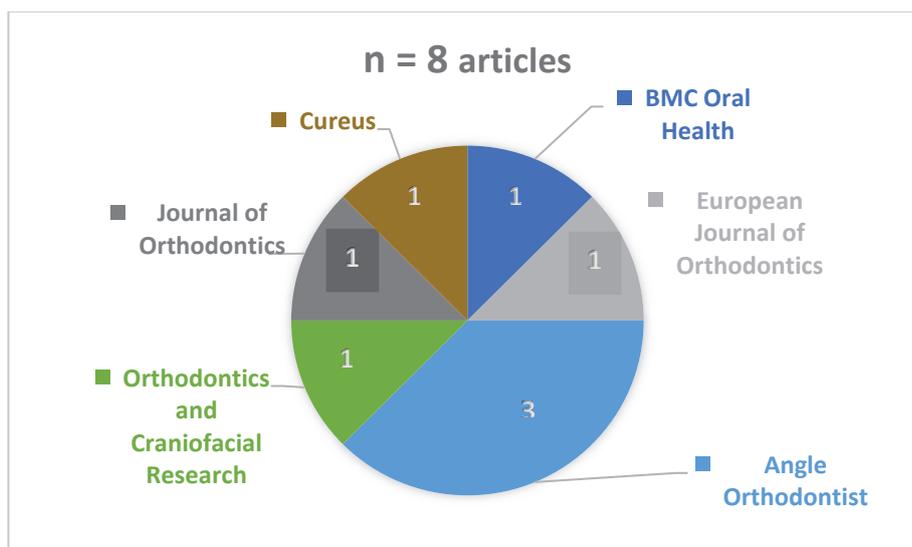


Figure 2 : distribution des articles dans les différentes revues scientifiques

La sélection de 8 articles a été publiée dans 6 journaux différents, comme le montre la figure 2. Ces journaux proviennent des Etats-Unis et d'Europe (Royaume-Uni et Danemark), et les publications sont toutes en langue anglaise.

Les facteurs d'impacts des 6 revues scientifiques sont classés dans l'ordre décroissant dans la figure 3.

Le *Journal Citation Report* (JCR) de Web of Science a fourni les facteurs d'impact de la majorité d'entre eux.

Deux revues ne sont pas indexées dans le JCR donc leur facteur d'impact (IF) n'est pas calculé. Il s'agit de *Cureus* et de *Journal of Orthodontics*. Nous avons toutefois trouvé leur facteur d'impact grâce à un autre outil : exaly. C'est une organisation regroupant les bases de données de Web of Science, Google Scholar, Publons, Scopus, Crossref, et ResearchGate. Ce grand regroupement d'informations lui permet d'indexer plus de revues que le JCR.

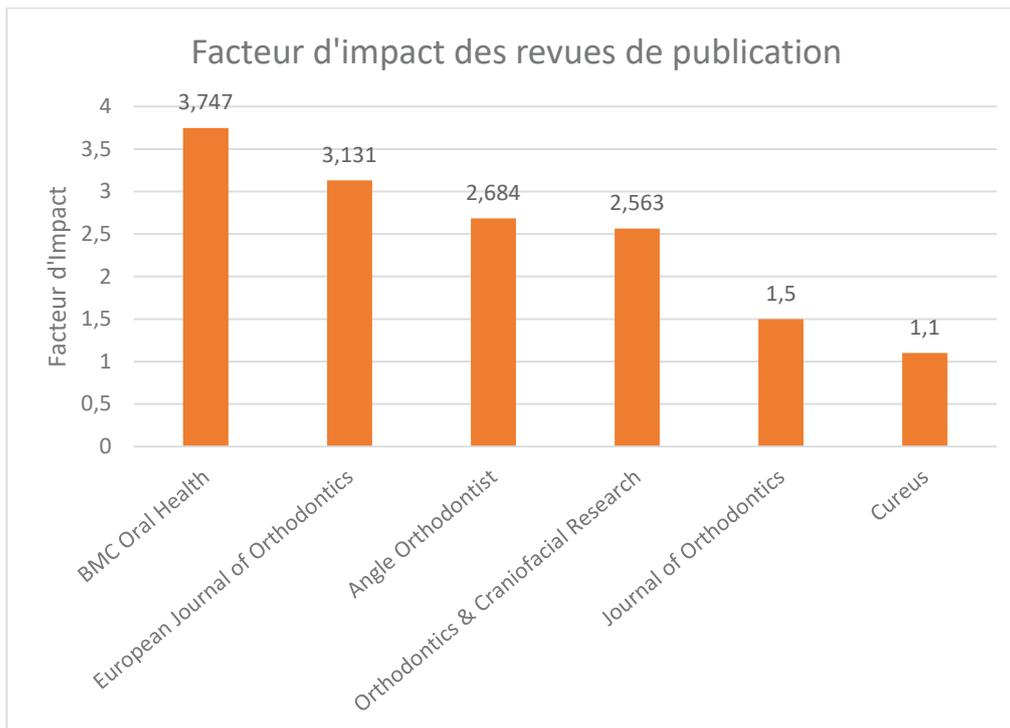


Figure 3 : Facteur d'impact des revues retenues dans l'étude

Des recherches ont été effectuées dans les bases de données Web of Science et Scopus afin de comparer et classer nos revues scientifiques entre elles et avec d'autres revues de même catégorie. Cela permettra par la suite d'identifier leur impact scientifique.

Les données des journaux, obtenues grâce au JCR et à la base de données Scopus, sont regroupées dans le tableau 2.

Angle Orthodontist et Cureus sont des revues américaines, tandis que les autres sont des revues européennes. Leurs standards et les auteurs qui les contactent peuvent donc être différents.

Les journaux Cureus et BMC Oral Health ne sont pas des revues d'orthodontie. Ils consacrent respectivement leurs articles à la médecine et à la santé orale. Tous les autres journaux sont destinés à l'orthodontie spécifiquement.

REVUE	Catégorie JCR	Rang selon l'IF	Catégorie Scopus	Rang selon le CiteScore™	Nationalité
<i>BMC Oral Health</i>	DENTISTRY, ORAL SURGERY & MEDICINE	22/92	Dentistry	61/261	UK
<i>European Journal of Orthodontics</i>	DENTISTRY, ORAL SURGERY & MEDICINE	36/92	Orthodontics	2/33	UK
<i>Angle Orthodontist</i>	DENTISTRY, ORAL SURGERY & MEDICINE	51/92	Orthodontics	4/33	USA
<i>Orthodontics & Craniofacial Research</i>	DENTISTRY, ORAL SURGERY & MEDICINE	55/92	Orthodontics	7/33	Danemark
<i>Journal of Orthodontics</i>	DENTISTRY, ORAL SURGERY & MEDICINE		Orthodontics	16/33	UK
<i>Cureus</i>	MEDICINE, GENERAL & INTERNAL		Non indexée		USA

Tableau 2 : caractéristiques des revues scientifiques

L'intérêt du CiteScore™ de Scopus est de montrer la position d'une revue par rapport aux autres journaux de la même catégorie. Ainsi, toutes les revues sont bien placées et se situent dans la première moitié de leur catégorie.

C'est CiteScore™ qui est utilisé préférentiellement au rang selon l'IF du JCR car les catégories sont plus précises dans la base de données Scopus. En effet, les catégories « dentistry » et « orthodontics » sont distinguées dans Scopus, au contraire du JCR, qui les regroupe dans une unique catégorie : « dentistry, oral surgery et medicine ». Cela permet à Scopus de comparer des revues qui portent sur les mêmes sujets et sont plus homogènes.

Selon ces bases de données, la meilleure revue scientifique orthodontique est *Progress in Orthodontics*. Elle possède un facteur d'impact de 3,247. Les journaux de ce travail ont des facteurs d'impact compris entre 3,8 et 1 et se trouvent donc dans la moyenne des revues d'orthodontie.

Ils sont cependant dans la moyenne basse des revues médicales ou dentaires. Parmi elles, les meilleures revues ont des facteurs d'impact pouvant atteindre respectivement 200 (*The Lancet*) et 25 (*International Journal of Oral Science*).

2. Niveaux de preuve des articles

Le niveau de preuve d'une étude caractérise sa capacité à répondre à la question posée (3). Les niveaux de preuve et les grades de recommandations fournis par la Haute Autorité de Santé sont regroupés dans le tableau 3.

Ce travail est à la fois composé de sources primaires, c'est-à-dire directement collectées pour étudier un sujet ; mais aussi de sources secondaires, déjà existantes dans la littérature et citées en références ultérieures.

Grade des recommandations	Niveau de preuve scientifique fourni par la littérature
A Preuve scientifique établie	Niveau 1 - essais comparatifs randomisés de forte puissance ; - méta-analyse d'essais comparatifs randomisés ; - analyse de décision fondée sur des études bien menées.
B Présomption scientifique	Niveau 2 - essais comparatifs randomisés de faible puissance ; - études comparatives non randomisées bien menées ; - études de cohortes.
C Faible niveau de preuve scientifique	Niveau 3 - études cas-témoins.
	Niveau 4 - études comparatives comportant des biais importants ; - études rétrospectives ; - séries de cas ; - études épidémiologiques descriptives (transversale, longitudinale).

Tableau 3 : Grade des recommandations de l'état des lieux de la Haute Autorité de Santé : *Niveau de preuve et gradation des recommandations de bonne pratique* (3)

Les sources secondaires se traduisent par les revues systématiques de la littérature et les méta-analyses qui en découlent. Ces types d'étude produisent de très hauts niveaux de preuve scientifique (niveau 1) et sont donc d'un grand intérêt scientifique, selon les critères de la Haute Autorité de Santé (3). Elles sont de grade 1 des recommandations et amènent des preuves scientifiques établies (tableau 3).

En ce qui concerne les sources primaires, ce sont les essais comparatifs randomisés qui peuvent apporter des preuves scientifiques établies (3). Les essais randomisés de faible puissance et les essais contrôlés non randomisés sont moins qualitatifs mais apportent tout de même une présomption scientifique (grade B) (3). Ils sont de niveau de preuve scientifique 2 (tableau 3). Nous avons inclus dans cette recherche des essais contrôlés randomisés de faible puissance, c'est-à-dire de grade B.

Les 8 articles ont été divisés en deux groupes selon leur type d'étude, puis ils ont été triés selon le facteur d'impact de leur revue de publication, comme le montre la figure 4.

Cela permet d'obtenir une image de la relation entre le niveau de preuve d'une étude et la renommée de son lieu de publication.

La figure 4 montre qu'il n'y a pas de relation entre ces deux critères dans les articles de l'étude, puisque l'on retrouve les revues ayant les meilleurs facteurs d'impact de la série dans les deux groupes d'articles.

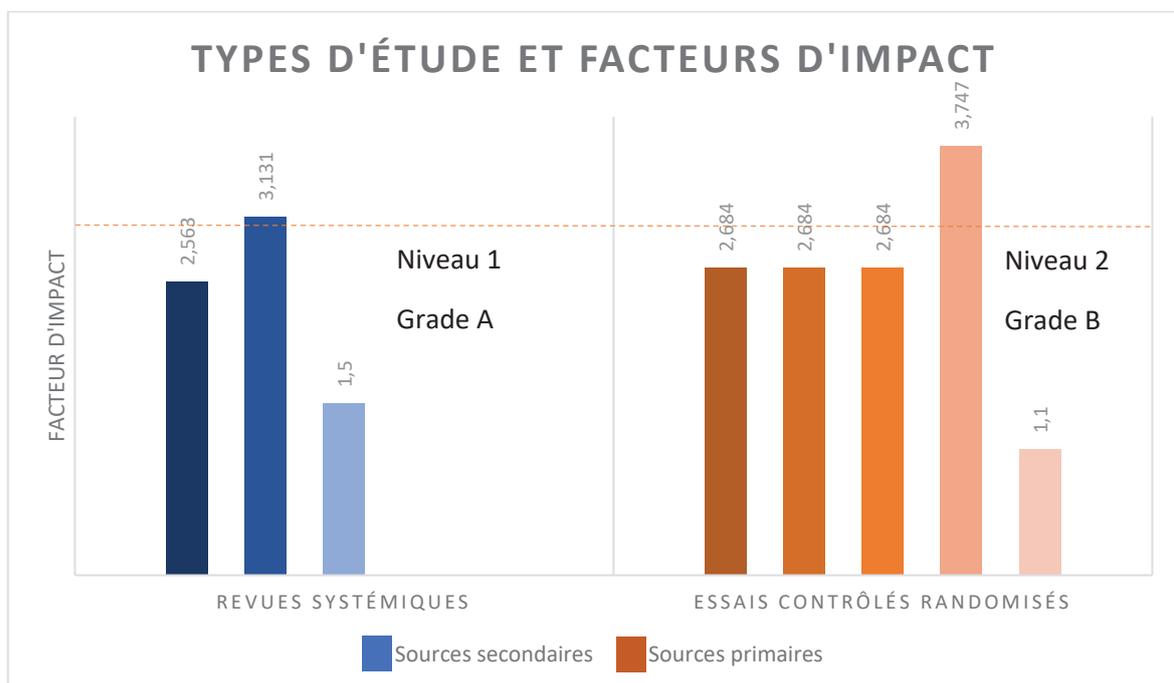


Figure 4 : facteur d'impact des revues de publication selon le type d'étude

3. Résultats des articles

Les caractéristiques des 8 articles sont résumées dans des tableaux de résultats (tableaux 4 et 5). Ces articles sont classés selon leur niveau de preuve et le facteur d'impact de leur revue de publication, dans le but d'évaluer leur qualité et leur significativité clinique.

Trois articles sont de grade A avec un niveau de preuve 1. Ce sont des revues systématiques de la littérature mais seules deux présentent des méta-analyses. Ces trois articles sont présentés dans le tableau 4.

TITRE, AUTEUR, REVUE et IF	Type d'étude et niveau de preuve	Critères d'évaluation des résultats	Résultats et nombre de sujets étudiés	Conflits d'intérêts
<u>1) Treatment outcome with orthodontic aligners and fixed appliances (9), Papageorgiou et al., 2020, European Journal of Orthodontics, IF=3,111</u>	Revue systématique avec méta-analyses, niv 1 grade A	Scores ABO-OGS et indice PAR post-traitement des deux thérapies	Les résultats obtenus sont meilleurs après un traitement par multibagues que par aligneurs. 446 patients traités par aligneurs et 443 par multibagues.	Aucun
<u>2) Effectiveness of clear aligner therapy for orthodontic treatment (10), Robertson et al., 2020, Orthodontics & Craniofacial Research, IF=2,563</u>	Revue systématique, niv 1 grade A	Position dentaires prédites et obtenues et analyses céphalométriques des deux thérapies	Seuls les mouvements mineurs de version et extrusion incisive sont prédictibles. Les résultats de l'inclinaison vestibulo-linguale des incisives sont similaires dans les deux groupes testés. 254 sujets testés.	Aucun
<u>3) Predictability of rotational tooth movement with orthodontic aligners comparing software-based and achieved data (11), Koletsi et al., 2021, Journal of Orthodontics, IF = 1,5</u>	Revue systématique avec méta-analyses, niv 1 grade A	% de précision des rotations des aligneurs	Le mouvement de rotation est peu prédictible avec les aligneurs. 202 patients étudiés.	Aucun

Tableau 4 : principales caractéristiques des sources secondaires

1) Treatment outcome with orthodontic aligners and fixed appliances (9), Papageorgiou *et al.*, 2020

Cette première revue systématique de la littérature comporte 14 méta-analyses et des analyses unitaires. Elle inclue des essais contrôlés randomisés (n=4) et non randomisés (n=7). Le critère de résultat principal est le résultat du traitement, mesuré par des indices objectifs et fiables comme l'indice PAR (Peer Assessment Rating¹) et l'ABO-OGS (American Board of Orthodontics' Objective Grading System²). Les critères secondaires sont le temps de traitement et les effets secondaires du traitement. Ce sont au total 446 patients adultes avec des malocclusions modérées à sévères traités par aligneurs qui ont été comparés à 443 patients traités par multibagues.

Les résultats sont en défaveur des aligneurs pour le score ABO-OGS. Certains cas traités par aligneurs ne présentent pas une qualité acceptable (ABO-OGS < 30). Les auteurs informent que certains résultats des composants des scores sont parfois similaires entre les deux groupes. Ces composants utilisés individuellement sont toutefois non cliniquement significatifs d'après eux. Ils justifient ces résultats par la difficulté de la gestion de l'angulation radiculaire avec les aligneurs.

Les résultats de l'indice PAR sont similaires entre les deux groupes et les auteurs expliquent cela par la moindre performance de cet indice en comparaison avec le score OGS.

Ils assurent également que la compliance et les caractéristiques initiaux du patient comme l'expertise du praticien sont des critères primordiaux dans la réussite du traitement.

Cette étude est d'une très bonne évidence scientifique grâce à sa méthodologie et ses critères d'évaluations objectifs et reconnus dans la sphère scientifique. Elle apporte un regard en défaveur des aligneurs comparés aux appareils multibagues en ce qui concerne l'efficacité et les résultats cliniques après traitement.

¹ Peer Assessment Rating : Indice composé de 7 variables de l'occlusion (segments antérieurs maxillaires et mandibulaires, supracclusion, surplomb, ligne médiane, occlusions droite et gauche) ajoutées les unes aux autres afin d'obtenir un score total pré-traitement et un score post-traitement. La différence entre ces deux scores reflète le succès du traitement. Un score de zéro correspond à une occlusion idéale. Cet indice est standardisé et fiable, il est le plus employé pour mesurer la réussite d'un traitement orthodontique (12).

² ABO's Objective Grading System : Score créé en 1997 évaluant la position exacte des dents après un traitement orthodontique. Il comprend 8 critères : alignement, hauteur crête marginale, inclinaison vestibulo-linguale, relation occlusale, contacts occlusaux, surplomb, contacts interproximaux et angulation radiculaire. C'est une méthode objective et fiable de l'évaluation de la réussite d'un traitement orthodontique (13).

2) Effectiveness of clear aligner therapy for orthodontic treatment (10), Robertson *et al.*, 2020

Cette seconde revue systématique de la littérature a inclus une étude contrôlée randomisée et 6 études de cohortes rétrospectives datant de 2014 à 2019. Elle a pour objectif de déterminer la prédictibilité des mouvements par aligneurs ainsi que de comparer les résultats de traitement des aligneurs et des appareils fixes. Ce sont 254 sujets adultes qui ont été étudiés.

Les critères de résultats sont : la prédictibilité des mouvements par aligneurs, calculés en pourcentage de mouvement atteint par rapport au mouvement attendu et en millimètres de différences entre les deux valeurs ; et les résultats de traitement entre les aligneurs et les multibagues, comparés grâce aux analyses céphalométriques post-traitement.

Pour les cas simples à modérés étudiés, les mouvements d'extrusion, horizontaux et de torque des dents antérieures sont prédictibles, contrairement aux intrusions et rotations. Les dents postérieures sont celles ayant les mouvements les moins prédictibles, mis à part les mouvements horizontaux. Pour les cas compliqués avec extractions, aucun mouvement dentaire n'est prédictible. Les auteurs indiquent que la plupart des mouvements ont une prédictibilité limitée.

La comparaison des résultats entre les deux thérapeutiques n'offre aucune différence significative pour toutes les mesures effectuées.

Les auteurs reconnaissent que leur étude est limitée et possède de nombreux biais, notamment à cause du faible niveau de preuve de ses articles. De plus, les différentes malocclusions et mouvements possibles n'ont pas tous été couverts par les études incluses. Le niveau d'évidence des résultats est très faible pour la prédictibilité des mouvements verticaux, modéré pour celle des mouvements mésio-distaux et des rotations, et faible pour celle des mouvements vestibulo-linguaux, selon l'instrument GRADE³.

3) Predictability of rotational tooth movement with orthodontic aligners comparing software-based and achieved data (11), Koletsi *et al.*, 2021

Cette troisième et dernière revue systématique de la littérature inclus 7 articles, dont 3 cohortes prospectives et 4 cohortes rétrospectives. Parmi ces études, seules 3 ont conduit à des méta-analyses. Les patients étudiés sont des adultes et des adolescents à l'encombrement léger à modéré. Au total, plus de 700 dents ont été incluses dans l'étude. Le critère d'évaluation est la prédictibilité du mouvement de rotation, obtenu en comparant les résultats attendus et les résultats réellement obtenus.

Les résultats des études incluses s'accordent sur la faible prédictibilité des mouvements de rotation, en particulier pour les canines.

Les conclusions sur les mouvements ont des niveaux d'évidence (GRADE) faibles à modérées. Les auteurs reconnaissent aussi le manque d'évidence des méta-analyses et plus généralement de la revue, en raison du faible nombre et niveau de preuve des études incluses et de leur hétérogénéité.

³ GRADE : outil mesurant la qualité de l'évidence en 4 catégories : haute, modérée, faible et très faible. Il permet une approche systématique et fiable de l'étude de l'évidence (14).

Cinq essais cliniques randomisés sont inclus dans ce travail. Ils sont tous de niveau de preuve 2 avec un grade B de recommandation. Ils sont présentés dans le tableau 5.

TITRE, AUTEUR, REVUE et IF	Type d'étude et niveau de preuve	Critères d'évaluation des résultats et nombre de patients inclus	RESULTATS	Conflits d'intérêts
4) <u>Effects of pendulum appliance versus clear aligners in the vertical dimension during Class II malocclusion treatment</u> (15), <i>Lione et al., 2022, BMC oral health</i>, IF=3,747	Essai clinique randomisé, niv 2 grade B	n = 20 + 20 ; analyses céphalométriques des dimensions verticales des deux groupes	Les aligneurs sont efficaces dans le traitement de la classe II et du surplomb par distalisation molaire. Ils permettent un meilleur contrôle de la rotation du plan occlusal et de la dimension verticale que le Pendulum.	Aucun
5) <u>Differences in finished case quality between Invisalign and traditional fixed appliances</u> (16), <i>Lin et al., 2022, The Angle Orthodontist</i>, IF=2,684	Essai clinique randomisé, niv 2 grade B	n = 32 + 34 ; score ABO-OGS post-traitement et temps de traitement	Le temps de traitement est plus long avec des aligneurs mais les résultats sont similaires et excellents dans les deux groupes à la fin du traitement et après 6 mois de contention.	Aucun
6) <u>Comparison between clear aligners and 2 x 4 mechanics in the mixed dentition</u> (17), <i>da Silva et al., 2022, The Angle Orthodontist</i>, IF=2,684	Essai clinique randomisé, niv 2 grade B	n = 14 + 13 ; indice d'irrégularité de l'incisive maxillaire et temps de traitement	Pas de différence de temps de traitement ni de résultats entre les deux thérapeutiques testées. Le repositionnement de l'incisive maxillaire est réussi.	Aucun
7) <u>Effect of clear aligner wear protocol on the efficacy of tooth movement</u> (18), <i>Al-Nadawi et al., 2021, The Angle Orthodontist</i>, IF=2,684	Essai clinique randomisé, niv 2 grade B	n = 27 + 27 + 26 ; divergences des valeurs linéaires et angulaires attendus et obtenues	Les mouvements linéaires sont similaires aux résultats attendus, contrairement aux mouvements d'angulation. Un port de 14 jours donne de meilleurs résultats postérieurs mais les différences cliniques sont minces avec le protocole de 7 jours, pour un temps de traitement diminué de moitié.	Aucun
8) <u>The Effectiveness of In-house Clear Aligners and Traditional Fixed Appliances in Achieving Good Occlusion in Complex Orthodontic Cases</u> (19), <i>Jaber et al., 2022, Cureus</i>, IF=1,1	Essai clinique randomisé, niv 2 grade B	n = 18 + 18 ; indice d'irrégularité de Little ₅ , indice PAR et temps de traitement	Les aligneurs sont aussi efficaces (indice PAR et LI ₅) que les appareils fixes pour traiter les cas complexes avec extractions de prémolaires, avec le même temps de traitement.	Aucun

Tableau 5 : principales caractéristiques des sources primaires

4) Effects of pendulum appliance versus clear aligners in the vertical dimension during Class II malocclusion treatment (15), Lione *et al.*, 2022

Cette étude clinique compare, chez 40 patients adolescents, les effets sur la dimension verticale de la distalisation molaire par deux thérapeutiques orthodontiques : les aligneurs et le Pendulum. Ce second appareil créé il y a une vingtaine d'années est fixé aux premières molaires maxillaires. Il permet leur distalisation grâce à un ancrage sur le palais et sur les prémolaires maxillaires (20).

Les critères d'inclusions des patients étaient : dentition permanente, classe II molaire, classe I ou II légère squelettique, normodivergence verticale et encombrement léger. Les auteurs ont calculé une taille minimale des échantillons de chaque groupe de 17 patients. Les critères d'évaluation des résultats sont les analyses céphalométriques (14 variables) pré et post traitement.

Les deux traitements ont conduit à des relations molaires de classe I et à la correction du surplomb chez tous les patients. Ceux traités par le pendulum ont obtenus de moins bons résultats concernant la rotation horaire mandibulaire, l'augmentation de la hauteur faciale antérieure et l'orientation du plan d'occlusion. Les dimensions verticales du groupe traité par aligneurs n'ont pas été affectées par le traitement. Les auteurs expliquent leurs résultats en faveur des aligneurs par l'épaisseur du matériau qui empêcherait l'égression molaire.

5) Differences in finished case quality between Invisalign and traditional fixed appliances (16), Lin *et al.*, 2022

L'objectif de cette étude est de comparer la qualité des traitements par aligneurs et par appareils fixes. Pour cela, 66 patients adultes ont été inclus dans l'essai et divisé en deux groupes. La variable étudiée est le score ABO-OGS post-traitement et après 6 mois de contention. Le temps de traitement est un critère d'évaluation secondaire. Les groupes sont comparés initialement grâce au Discrepancy Index de l'ABO (DI)⁴. Celui-ci est significativement plus élevé chez les patients traités en orthodontie conventionnelle mais selon l'auteur, cette différence n'est pas cliniquement significative. Ces scores pré-traitement témoignent de la légèreté des malocclusions (DI<7). Les critères d'inclusion des patients étaient les malocclusions légères (classe I dentaire, sans extraction, encombrement mandibulaire <4mm, pas de dent absente). La puissance de l'analyse était satisfaisante avec des échantillons de 31 patients, ce qui a été respecté.

Le score OGS et ses composants ne sont pas significativement différents après traitement ni après 6 mois de contention. Ils ont des valeurs faibles ce qui traduit une réussite des traitements dans les deux groupes. Le temps de traitement est toutefois significativement (4,8 mois environ) plus long chez les patients traités par aligneurs.

Selon les auteurs, la différence de temps de traitement s'explique par l'utilisation de finitions dans le groupe aligneurs. La simplicité des cas étudiés aurait influencé la similarité des résultats des deux thérapies.

⁴ Discrepancy Index de l'ABO : indice créé en 1998 pour évaluer la complexité d'un cas orthodontique en 10 catégories : surplomb, supracclusion, infracclusion antérieure, infracclusion latérale, encombrement, occlusion, crossbite postérieur vestibulaire et lingual, valeurs céphalométriques (angle ANB, IMPA et SN-GoGn), et une catégorie « autre » (13).

6) Comparison between clear aligners and 2 × 4 mechanics in the mixed dentition (17), da Silva *et al.*, 2022

Cet essai, composé de 32 patients enfants en denture mixte, divisés en deux groupes, a pour objectif de comparer l'efficacité de la correction des défauts de positionnement de l'incisive maxillaire des deux thérapies : les aligneurs et les appareils multibagues. Les critères d'inclusion sont une denture mixte et un encombrement antérieur d'au moins 3mm (modéré ou sévère). La taille des échantillons était d'au moins 13 patients pour obtenir une puissance suffisante.

Les critères d'évaluation primaires des résultats sont le LII₅ final et le temps de traitement. Les critères secondaires sont la largeur, la longueur, la taille, la forme et le périmètre de l'arcade maxillaire, le nivellement et l'angulation mésio-distale de l'incisive, ainsi que l'indice de plaque et la formation des leucomes pré-carieux.

Il n'y a pas de différences de résultats concernant les critères d'évaluation primaires ni secondaires entre les deux groupes. Les deux thérapies ont réussi à diminuer le LII de 5mm en 8 mois, mais les auteurs ne précisent pas ce que cela signifie cliniquement. Ils affirment toutefois que les patients ont tous été traités pour leur malocclusion initiale. Ils préconisent au clinicien et aux patients de choisir la thérapeutique orthodontique en fonction de leur préférence étant donné la similarité de leurs résultats.

7) Effect of clear aligner wear protocol on the efficacy of tooth movement (18), Al-Nadawi *et al.*, 2021

Cette étude clinique a randomisé 80 patients en trois groupes selon les trois protocoles de port des aligneurs, 7, 10 et 14 jours, dans le but de comparer leur efficacité de traitement. C'est le seul essai ne comparant pas les aligneurs à une autre thérapeutique. Les empreintes numériques post-traitement des patients ont été comparées aux résultats virtuels du ClinCheck selon 6 dimensions (mesio-distale, vestibulo-linguale, occluso-gingivale, tipping (inclinaison de la couronne), torque (inclinaison radiculaire), rotation) linéaires et angulaires. Les valeurs seuil de 0,5mm ou 2,0° sont inspirées de l'ABO-OGS. Les critères d'inclusions étaient : entre 17 et 25 aligneurs, denture permanente, sans extractions, bonne hygiène.

Le groupe du protocole de 14 jours obtient significativement de meilleurs résultats en postérieur pour l'angulation coronaire distale, l'angulation radiculaire vestibulaire (comparé au groupe 7 jours), et pour l'intrusion et extrusion (comparé aux groupes 7 et 10 jours). Pour les résultats de prédictibilité comparés au ClinCheck, toutes les mesures linéaires sont similaires tandis que toutes les mesures d'angulation sont différentes (sauf deux variables dans le groupe 14 jours).

Les auteurs concluent que les meilleurs résultats sont obtenus en postérieur pour le groupe de 14 jours à cause de la nécessité d'un plus grand contrôle des mouvements sur les dents ayant une plus grande surface d'ancrage radiculaire. Ces résultats sont en accord avec la littérature concernant la prédictibilité des mouvements linéaires et angulaires. Ils estiment que les différences sont relativement faibles entre les trois protocoles pour un temps de traitement divisé par deux avec un port de 7 jours, excepté en cas de mouvements postérieurs complexes, pour lesquels un port de 14 jours est recommandé.

8) The Effectiveness of In-house Clear Aligners and Traditional Fixed Appliances in Achieving Good Occlusion in Complex Orthodontic Cases (19), Jaber *et al.*, 2022

Ce dernier article compare l'efficacité du traitement par aligneurs à celle du traitement par multibagues dans des cas complexes avec des adultes présentant des extractions orthodontiques (4 prémolaires). 36 patients sont divisés en deux groupes. Les critères d'évaluation sont l'indice LII⁵ et l'indice PAR. Le temps de traitement est également étudié. L'effectif minimum requis était de 32 patients par groupe. Les critères d'inclusions étaient les suivants : jeunes adultes, classe I dentaire et osseuse, encombrement sévère, traitement nécessitant l'extractions des quatre premières prémolaires, sans aucun autre dent absente.

Le LII est devenu inférieur à 1 dans les deux groupes, donc l'encombrement a été traité. Les huit composants du score PAR se sont également améliorés de manière significative dans les deux groupes. Ces deux indices ne sont pas significativement différents entre les deux groupes à la fin du traitement. Le temps de traitement est inférieur pour les patients traités par aligneurs mais cette différence n'est pas significative.

Les auteurs affirment que les aligneurs peuvent être utilisés dans la gestion d'encombrements sévères avec extractions de prémolaires. Les cas sont sévères en ce qui concerne l'encombrement mais pas les malocclusions générales (dysmorphoses squelettiques, transversales, verticales ni sagittales). Il faut noter que c'est la seule étude de ce travail à concerner les aligneurs dits « in-office », c'est-à-dire fait au cabinet sans passer par une société externe.

⁵ Little's Irregularity Index : Cet indice mesure le degré d'encombrement des dents antérieures en additionnant les mesures des déplacements linéaires horizontaux des points de contacts des dents antérieures. Plus cette somme est élevée, plus l'encombrement mandibulaire est important (21).

C. Conclusions des articles au regard des malocclusions orthodontiques

1. Les malocclusions du sens transversal

Les défauts transversaux peuvent concerner l'une, l'autre ou les deux bases osseuses maxillaires, tout comme ils peuvent concerner simplement les procès alvéolaires. Ils se caractérisent par des problèmes de largeur d'arcade et sont souvent liés à des dysfonctions. Un exemple est représenté dans la figure 5. On peut aussi classer les non-concordances de milieux d'arcades dans ces malocclusions.

Leur traitement est à prioriser car ces dysmorphoses impactent fortement la croissance, on peut les qualifier « d'urgences orthodontiques ». C'est principalement le maxillaire qui sera traité (22).

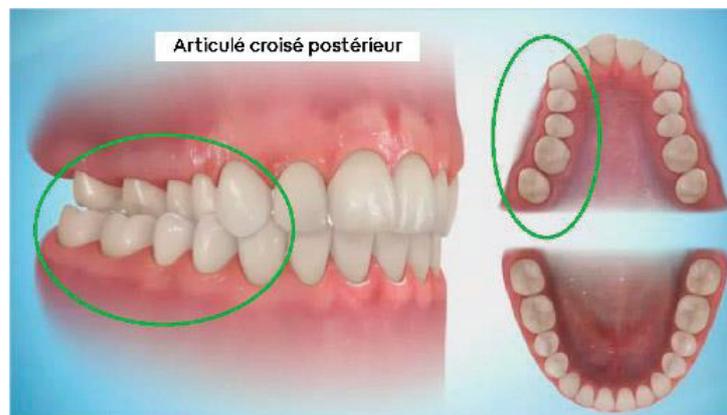


Figure 5 : L'articulé croisé postérieur, une malocclusion transversale (1)

Un article étudie les malocclusions transversales en denture mixte, tandis que deux articles les étudient en denture définitive.

Pour l'étude en denture mixte, c'est da Silva *et al.*, 2022 (17) qui comparent la largeur d'arcade après traitement conventionnel et par aligneurs. Celle-ci évolue dans les deux groupes sans différence significative.

Concernant la denture définitive, deux articles apportent des informations sur la correction de ces malocclusions.

Les résultats de de Robertson *et al.*, 2020 (10) sont en défaveur des aligneurs pour les mouvements horizontaux et transversaux comparés aux appareils fixes. L'inclinaison, le torque et la translation vestibulo-linguale ou vestibulo-palatine des molaires et prémolaires seraient limités.

Enfin, Jaber *et al.*, 2022 (19) précisent, dans leur essai clinique randomisé, que les indices PAR après traitement sont similaires dans les groupes traités par aligneurs et par appareil fixe conventionnel. Comme cet indice évalue dans ses critères l'occlusion transversale et le positionnement de la ligne médiane et qu'ils se sont améliorés chez les patients traités par aligneurs, l'étude confirme que cette thérapeutique est efficace pour les mouvements transversaux.

Les résultats des articles sélectionnés dans cette étude diffèrent sur les indications des aligneurs pour les anomalies transversales. Les aligneurs semblent efficaces dans la gestion de la largeur d'arcade, mais moins que les appareils multibagues. Il n'y a pas d'information sur la contraction d'arcade, non plus sur la correction d'un articulé croisé postérieur, en sachant que les mouvements sont moins prédictibles en allant en postérieur, d'après l'étude de Al-Nadawi *et al.*, 2021 (18).

2. Les malocclusions du sens vertical

Les dysmorphoses verticales sont des défauts de proportions des étages faciaux. Elles peuvent être osseuses ou alvéolo-dentaires (22). Une anomalie verticale par excès aura tendance à créer une infracclusion, tandis qu'une anomalie par défaut de hauteur engendrera à l'inverse, une supracclusion, comme le montre la figure 6. Elles sont étudiées en denture définitive dans 4 études de ce travail.

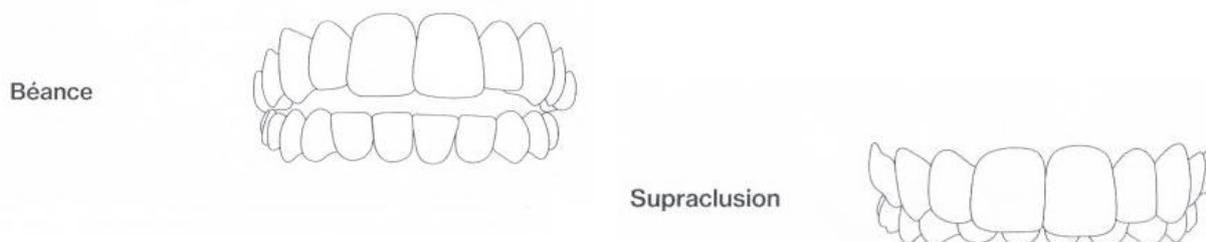


Figure 6 : La béance antérieure et la supracclusion, malocclusions verticales (2)

La revue systématique de Robertson *et al.*, 2020 (10) relève que l'extrusion des incisives maxillaires, tout comme leur inclinaison vestibulo-palatine et la proclinaison des incisives mandibulaires, seraient des mouvements prédictibles et réalisables par les aligneurs. A contrario, leur ingression serait limitée. L'ingression molaire semblerait aussi être possible, voire présente même si non désirée. Ces mouvements unitaires assemblés vont dans le sens d'une correction de l'infracclusion par égression antérieure et ingression postérieure.

Ce sont les mêmes conclusions dans l'essai de Jaber *et al.*, 2022 (19) dans lequel l'indice PAR avant et après traitement est comparé. L'occlusion verticale et la supracclusion sont deux critères de cet indice qui se sont améliorés chez tous les patients traités par aligneurs. Nous pouvons donc retenir de cette étude que l'utilisation d'aligneurs semble efficace dans la correction de la dimension verticale et de la supracclusion.

Les résultats de la troisième revue diffèrent de l'étude Jaber *et al.*, 2022 (19) en ce qui concerne la correction de la supracclusion. En effet, pour Papageorgiou *et al.*, 2020 (9), les résultats des scores ABO-OGS sont moins bons chez les patients traités par aligneurs que par multibagues. C'est aussi le cas du critère de la supracclusion de l'indice PAR des patients après traitement.

Enfin, l'étude de Al-Nadawi *et al.*, 2021 (18), qui compare les résultats obtenus pour trois protocoles de port des aligneurs différents, nous apprend que les patients ayant changé leurs aligneurs tous les 14 jours obtiennent de très bons résultats concernant les mouvements postérieurs complexes, comme l'intrusion et l'extrusion, comparés aux patients qui ont changé leurs aligneurs tous les 10 ou 7 jours.

Nous pouvons retenir de ces articles aux résultats contrastés que le mouvement vertical le plus prédictible et efficace avec des aligneurs serait la correction de l'infracclusion. C'est la correction de la supracclusion qui semble être une des limites du traitement par aligneurs, d'après les études incluses. Les informations concernant les dysmorphoses osseuses sont manquantes.

3. Les malocclusions du sens sagittal

La classe I correspond à un état idéal des rapports maxillo-mandibulaire dans le sens sagittal (22). La classe I dentaire correspond au positionnement suivant : la cuspide mésio-vestibulaire de la première molaire maxillaire est en occlusion avec le sillon vestibulaire de la première molaire mandibulaire. La classe I squelettique se caractérise lors de l'examen céphalométrique par une absence de décalage dans le sens antéro-postérieur (22).

Dès lors que cette situation d'harmonie n'est pas respectée, le patient a une malocclusion du sens sagittal, comme le montre la figure 7. Trois études apportent des informations sur leur correction en denture définitive.

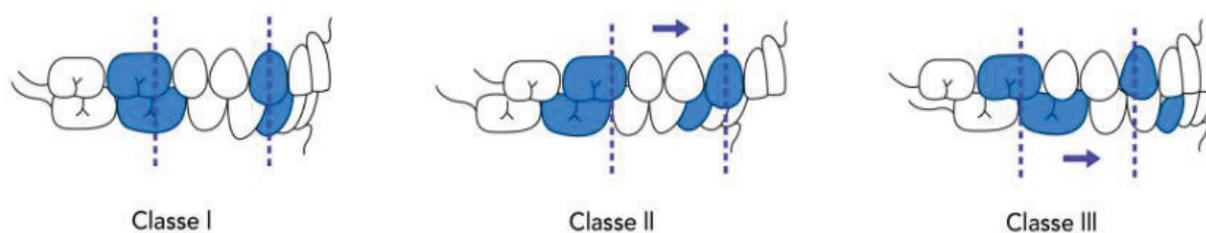


Figure 7 : Classe I, II et III dentaires, malocclusions sagittales (1)

Lione *et al.*, 2022 (15) concluent que le traitement de la classe II dentaire par distalisation molaire maxillaire avec des aligneurs est une alternative validée. Ils ont conduit à une classe I molaire et à une correction de l'overjet. Cette thérapeutique permettrait aussi un meilleur contrôle du plan d'occlusion et de la dimension verticale en réduisant l'extrusion des premières molaires maxillaires, en comparaison avec l'utilisation d'un Pendulum.

Dans l'étude de Jaber *et al.*, 2022 (19), l'indice PAR avant et après traitement est comparé. Cet indice mesure notamment l'occlusion antéro-postérieure et l'overjet, qui se sont améliorés chez tous les patients traités par aligneurs. On peut donc conclure de cette étude que l'utilisation d'aligneurs est aussi efficace dans la correction de ces domaines que l'utilisation d'appareils fixes.

Une troisième et dernière étude apporte des résultats moins satisfaisants. En effet, d'après la méta-analyse de Papageorgiou *et al.*, 2020 (9), la relation occlusale et l'overjet post-traitement, mesurés lors du calcul du score OGS de l' ABO, sont significativement moins bons chez les patients traités par aligneurs que chez ceux traités par orthodontie conventionnelle. Bien que moins bons en comparaison, les résultats de ce score sont satisfaisants et les critères se sont améliorés au cours du traitement par aligneurs.

Malgré les résultats de cette dernière étude en défaveur pour les aligneurs en comparaison avec les appareils fixes, les articles sur le sujet indiquent que la classe II dentaire est une indication de traitement par aligneurs. Rien n'a été retrouvé dans la littérature sélectionnée concernant la correction des classes III, ni des défauts squelettiques sagittaux.

4. Les dysharmonies dento-maxillaires et dento-dentaires et les mouvements unitaires

Ces anomalies se traduisent par un encombrement dentaire (DDM par excès) ou des diastèmes interdentaires (DDM par défaut). Elles sont causées par des différences de taille des dents entre elles et par rapport à la taille des arcades. Une DDM par excès engendrera des malpositions, des versions, des rotations, des inclusions ou une proalvéolie (22). Ces anomalies seront corrigées par des mouvements unitaires limités. Nous allons étudier les indications des aligneurs pour corriger ces défauts d'alignement.

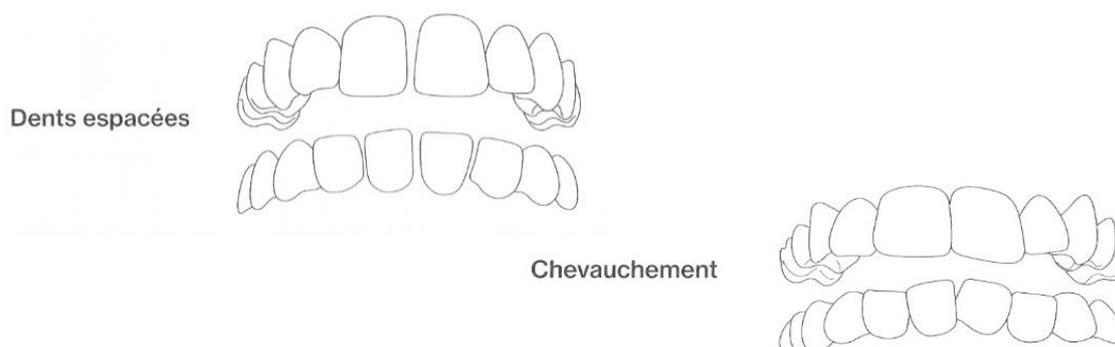


Figure 8 : Diastèmes et encombrement dentaire, dysharmonies dento-maxillaires (2)

- La correction de l'encombrement par extractions dentaires :

Bien que cette thérapeutique soit controversée dans le milieu de l'orthodontie (23), l'efficacité de ce plan de traitement par aligneurs est étudiée et validée chez les adultes par Jaber *et al.*, 2022 (19). En effet, les résultats de l'indice PAR concernant l'alignement antérieur maxillaire et mandibulaire et de l'indice de positionnement incisive sont bons après le traitement, et équivalents aux résultats des patients traités par multibagues.

- Les mouvements d'inclinaison dentaire :

Ils semblent assez prédictibles spécifiquement pour les incisives maxillaires en denture mixte d'après da Silva *et al.*, 2022 (17) et en denture définitive chez Robertson *et al.*, 2020 (10). Ces derniers ont les mêmes résultats concernant les incisives mandibulaires mais leurs résultats sur les autres dents sont assez divergents. Lin *et al.*, 2022 (16) partagent le même avis concernant les inclinaisons puisque les scores OGS de l'ABO sont similaires et améliorés chez les patients traités par aligneurs et par multibagues. Cette étude rapporte même un critère d'évaluation de l'alignement dentaire qui s'est amélioré au cours du traitement par aligneurs.

La littérature fait état de discordances à ce sujet, en effet d'autres auteurs estiment que les aligneurs sont peu efficaces chez les adultes dans la réalisation de ces mouvements. Al-Nadawi *et al.*, 2021 (18) concluent que les mouvements d'angulation sont peu prédictibles. C'est également le cas de Papageorgiou *et al.*, 2020 (9), pour lesquels tous les résultats de traitement des patients traités par aligneurs ont des scores ABO-OGS moins bons que les patients traités par multibagues.

- Les mouvements de torque :

Ces mouvements radiculaires sont eux aussi controversés chez les adultes parmi les différents auteurs qui les étudient. En effet, Lin *et al.*, 2022 (16) estiment grâce à leur résultats de l'ABO-OGS que le torque est efficace, voire plus que chez leurs patients traités par appareil fixe.

A contrario, Al-Nadawi *et al.*, 2021 (18) estiment que les mouvements d'angulation sont peu prédictibles, tout comme Robertson *et al.*, 2020 (10). Papageorgiou *et al.*, 2020 (9) montrent dans leur méta-analyse et leurs études individuelles que les angulations radiculaires sont moins bien contrôlées et réalisées par des aligneurs que par un appareil fixe conventionnel.

- Les mouvements de translation :

La translation a été étudiée, en denture définitive, par Al-Nadawi *et al.*, 2021 (18). Pour eux, les mouvements linéaires sont très prédictibles.

- Les rotations :

Ce mouvement est étudié chez les adultes dans la revue systématique de Koletsi *et al.*, 2021 (11). Les résultats de cette revue sont en défaveur des aligneurs. En effet, la prédictibilité des mouvements est mauvaise. C'est la canine maxillaire qui présente les moins bons résultats. Les incisives mandibulaires ont la meilleure prédictibilité mais elle reste peu élevée. Robertson *et al.*, 2020 (10) concluent également que la rotation est très peu prédictible, en particulier pour les canines mandibulaires et les prémolaires maxillaires.

La correction de malpositions dentaires légères dues à un encombrement ou des diastèmes pourrait se faire d'après les études sélectionnées, mais les possibilités de traitement par aligneurs restent inférieures à celles des traitements par multibagues. La prédictibilité des mouvements dentaires des aligneurs est perfectible mais leur utilisation semble indiquée pour les cas simples à modérés. Les cas nécessitant des corrections de rotations, des mouvements de torque et des mouvements complexes semblent contre-indiqués d'après les auteurs inclus dans ce document.

III. Discussion

A. Intérêts et limites des articles

À la suite de la recherche d'articles dans la base de données choisie, l'effectif de documents inclus obtenu est assez faible. En effet, 35 des 43 articles sur le sujet ont été exclus à cause de leur méthodologie. Ils s'agissaient pour la plupart de séries de cas et d'études rétrospectives. Nous observons donc que les études récentes sur l'efficacité des aligneurs orthodontiques sont majoritairement à faible niveau de preuve.

Cependant, l'intérêt pour cette problématique est grandissant, comme le montre le nombre croissant d'articles répondant à notre recherche avancée depuis 2013.

La recherche a été effectuée dans la base de données PubMed. Bien qu'elle comporte moins de sources que Scopus, par exemple, elle est une référence lorsqu'il s'agit de recherches biomédicales. En effet, son spectre de données est moins étendu et elle est plus rapide et facile à utiliser que d'autres bases de données (24). Elle a aussi l'avantage de permettre une gratuité d'accès à ses données.

Seulement trois revues systématiques de la littérature ont été incluses dans l'étude. Les 5 autres articles sont des essais cliniques randomisés de faible puissance. Les documents sont donc catégorisés dans des études à niveau de preuve fort et intermédiaire (niveau 1 ou niveau 2) et possédant des grades de recommandations A ou B.

Ces échelles de niveaux de preuve et de grades de recommandations proviennent d'un état des lieux établi par la Haute Autorité de Santé (3). Elles caractérisent la capacité d'une étude à répondre à la question posée et sa cohérence avec la littérature sur le sujet. Ce sont deux critères permettant une évaluation rigoureuse et explicite des articles.

De ce fait, les études traduisent donc des preuves scientifiques établies ou bien des présomptions scientifiques. Ces résultats sont satisfaisants et apportent de la crédibilité à nos conclusions.

L'étude du facteur d'impact des revues de publication s'est révélée intéressante car c'est l'indicateur le plus utilisé dans l'évaluation de la qualité des journaux : plus les articles d'une revue seront cités, plus sa notoriété dans son domaine scientifique sera importante.

De plus, les études de fort niveau de preuve et d'une grande significativité clinique auront plus tendance à être publiées dans des revues connues de la communauté.

Nous notons toutefois que les facteurs d'impact proviennent du Journal Citation Report. Cela signifie que ce calcul se fait à partir de la base de données de Web of Science seulement. Les résultats des facteurs d'impact pourraient donc être différents s'ils étaient faits à partir d'une base de données différente.

Il faut aussi remarquer que les facteurs d'impacts des revues de publication ne sont pas en lien avec les niveaux de preuve des études. En effet, le meilleur journal publie un essai clinique de niveau de preuve intermédiaire et non pas une revue systématique de fort niveau de preuve.

Il semblerait que les revues de publication soient d'une renommée scientifique internationale. En effet, comme l'indique le CiteScore™ de Scopus, elles sont bien classées parmi les journaux de leur catégorie. Cela apporte de la valeur et de la pertinence scientifique aux articles sélectionnés.

Les articles inclus dans l'étude, grâce à leur utilité dans la littérature scientifique, ont donc tous un grand intérêt clinique. Ils comprennent certains biais et leurs résultats sont discordants sur certains points, mais leurs références et leurs méthodes sont bonnes. Ils sont objectifs et qualitatifs. Ils emploient un certain nombre d'indices reconnus dans la communauté scientifique orthodontique pour appuyer leurs résultats. Ainsi, nous pouvons citer l'indice PAR, le score ABO-OGS, l'indice DI de l'ABO, le LII et même l'outil GRADE pour évaluer la qualité de l'évidence scientifique.

B. Indications et limites des aligneurs en orthodontie

1. Indications et contre-indications pour les malocclusions

Les résultats obtenus sont assez contradictoires. En effet, les mouvements unitaires des aligneurs sont peu prédictibles et manquent d'efficacité comparés aux appareils fixes. Les études secondaires à haut niveau de preuve le montrent en comparant les deux thérapeutiques (10), (9), (11).

Il se pourrait que dans certains cas, les défauts de déplacement dentaire unitaire soient compensés par la possibilité de réaliser des finitions de traitement. En effet, lorsque la première série d'aligneurs se termine, il est possible de réaliser une nouvelle planification. Ainsi, les mouvements les plus complexes ont plus de temps pour se réaliser. C'est ce que l'on retient aussi de l'étude de Al-Nadawi *et al.*, 2021 (18) qui prouve qu'un protocole de changement tous les 14 jours permet d'obtenir de meilleurs résultats qu'un protocole de changement de 7 jours. Cet essai vient toutefois ajouter que les différences sont moindres pour un doublement du temps de traitement.

Le temps de traitement par aligneurs peut donc s'avérer plus long que lors d'un traitement classique, mais les résultats finaux s'en rapprochent grandement (16). Pour da Silva *et al.*, 2022 (17), ce temps de traitement est même égal entre les deux thérapeutiques lors de cas simples en denture mixte. Ces auteurs confirment par ailleurs l'intérêt des aligneurs en denture mixte, ce dont on aurait pu douter à cause de l'éventuel manque de compliance des jeunes patients.

Les aligneurs semblent donc présenter des résultats unitaires moindres comparés au gold standard que sont les appareils fixes. Toutefois, bien que la prédictibilité de leurs mouvements soit assez faible et que leur efficacité soit inférieure à celle des appareils multibagues, les aligneurs auraient, selon les articles inclus dans cette étude, des indications en orthodontie :

- Traitement d'encombrement dentaire
- Traitement des classe II dentaires par distalisation maxillaire
- Traitement des cas simples à modérés
- Traitement d'un alignement en denture mixte
- Traitement de l'infraclusion

Certains cas semblent rester contre-indiqués avec les aligneurs orthodontiques, d'après les résultats des études sélectionnées :

- Traitement de la supracclusion
- Gestion du torque
- Traitements des cas complexes

L'utilisation des aligneurs dans ces cas pourrait aboutir à des résultats assez corrects, mais au prix d'un temps de traitement nettement allongé et de quelques concessions sur les finitions orthodontiques. De plus, compte-tenu du fait que la compliance est un élément clé dans la réussite de ces traitements, il apparaît risqué de le faire durer sur une trop longue période.

D'après les recherches effectuées dans ce travail, il serait préférable de traiter les patients aux malocclusions complexes avec une thérapeutique plus conventionnelle et ayant plus de recul scientifique.

En ce qui concerne les cas pour lesquels nous manquons d'information, comme l'expansion, le traitement de malocclusions squelettiques ou de malocclusions de classe III dentaires, il serait souhaitable d'élargir la recherche afin d'obtenir des éléments de réponse.

Il est important de noter qu'une problématique n'a pas été abordée dans les articles inclus dans ce travail : il s'agit de la récurrence du traitement orthodontique. En effet, c'est dans le maintien des résultats obtenus après un traitement orthodontique que réside sa réussite. Aucun résultat ne peut être assuré de façon permanente à cause de phénomènes de vieillissement, d'usure ou de l'apparition de nouvelles dysfonctions. C'est une préoccupation primordiale du traitement d'orthodontie, d'après la Société Française d'Orthopédie Dento-Faciale.

Seule l'étude de Lin *et al.*, 2022 (16) aborde cette étape de contention en étudiant le maintien des résultats obtenus après 6 mois. Ils ne concluent pas de différences significatives entre les récurrences des patients traités par aligneurs et par multibagues. Cette phase d'étude de la contention est assez courte et il serait été intéressant de comparer le maintien des résultats obtenus entre les deux thérapeutiques à plus long terme afin de noter d'éventuelles différences significatives entre les deux thérapeutiques.

Les aligneurs orthodontiques ne cessent d'évoluer et de s'améliorer (25). Ainsi, plus le nombre et la difficulté des cas traités par aligneurs augmentera, plus ils continueront de progresser dans leur efficacité.

2. Indications et contre-indications pour le patient

Les aligneurs, pour certaines situations, pourraient représenter un autre choix de traitement orthodontique pour le praticien comme pour le patient. En effet, ces appareils amovibles sont attractifs pour les patients. Ils sont esthétiques et confortables, permettent de manger tous les aliments sans contre-indications, de maintenir une hygiène bucco-dentaire facilement, et de limiter les rendez-vous d'urgence.

De plus, la littérature possède de nombreux articles sur les effets des aligneurs sur l'environnement parodontal et salivaire, ainsi que sur la douleur ressentie lors du traitement par aligneurs. Les résultats de ces études sont positifs et en faveur des aligneurs lorsqu'ils sont comparés aux multibagues (26), (27).

Toutefois, la compliance étant la clé du traitement par aligneurs, il semble nécessaire pour le praticien d'informer son patient de l'importance de sa coopération. Ainsi, certains patients trop peu motivés ou en incapacité de suivre leur traitement seront écartés des indications des aligneurs.

Pour finir, les indications d'utilisation des aligneurs pour des patients en médecine bucco-dentaire semblent nombreuses et variées. Bien que cette thérapeutique ne soit pas la plus efficace aujourd'hui, elle est intéressante et permet un accès à l'orthodontie à des patients qui ne l'avaient pas auparavant.

Les patients se présentant au cabinet d'orthodontie sont aujourd'hui de plus en plus désireux d'être traité de manière esthétique et confortable. Leur venue est bien souvent motivée par l'existence des aligneurs et ils refuseraient les traitements par multibagues. En effet, avec l'avènement des réseaux sociaux et des publicités sur le sourire, les aligneurs sont au sommet de leur popularité auprès des patients et séduisent par leur discrétion (28). Ainsi, les personnes recherchant l'esthétisme, majoritairement les adultes, auront tendance à s'orienter vers les aligneurs.

Il est aussi possible de les employer chez les patients sensibles, souffrant de maladies chroniques ou psychiques, pour lesquels les difficultés d'alimentations ou les douleurs sont moins tolérables (26).

Les patients allergiques aux métaux comme le nickel ne peuvent pas bénéficier d'un traitement par multi attaches classique. Les aligneurs sont donc une alternative pour eux.

Aussi, ils peuvent être utilisés chez les patients ayant des résorptions radiculaires apicales, comme ils semblent en induire moins que les traitements classiques (29), (9).

Les patients à risque carieux et les patients ayant des problèmes parodontaux auraient une hygiène bucco-dentaire facilitée avec des aligneurs, en comparaison avec un traitement conventionnel (30), (31), (27). C'est le cas aussi des patients présentant un handicap moteur et des difficultés à maintenir une bonne hygiène dentaire avec des boîtiers fixes conventionnels.

Les aligneurs causant moins de blessures (32), (33), ils semblent indiqués chez les patients à risque infectieux, hémorragique, ou bien ayant un antécédent de cancer oral, chez lesquels il faudra être attentif à l'hygiène et éviter les lésions de la muqueuse (34).

De plus, cette caractéristique pourrait permettre aux patients habitant loin ou rencontrant des difficultés à se déplacer de bénéficier d'un traitement orthodontique. En effet, il y aurait moins de rendez-vous d'urgence que lors d'un traitement fixe conventionnel.

Les rendez-vous d'activation semblent pouvoir être espacés, comme le plan de traitement et les mouvements dentaires sont prévus à l'avance. Des visites de contrôle restent nécessaires afin de vérifier l'avancée du traitement, le suivi des mouvements de chaque dent ainsi que la compliance du patient, mais il n'y a pas de nécessité d'activer l'appareil.

Ce dernier point est crucial dans le contexte de pandémie qui est apparu en 2020 et les aligneurs semblent présenter un grand intérêt dans l'orthodontie monitorée à distance (35). De plus, il existe des systèmes de contrôle à distance de l'avancée du traitement par le praticien : c'est le Dental Monitoring. Des photos sont envoyées par le patient à son praticien à chaque changement d'aligneur et ce dernier vérifie ainsi, à distance, l'avancée correcte du traitement (36).

CONCLUSION

Dans ce travail consacré à une revue de la littérature concernant les aligneurs en orthodontie, la plupart des articles étudiés partaient avec les mêmes suppositions à l'égard des aligneurs orthodontiques. D'après les auteurs, ils seraient plus confortables et permettraient un meilleur maintien de l'hygiène orale, mais concernant leur efficacité, les résultats seraient moins bons que ceux obtenus avec un appareil conventionnel. Ces suppositions sont confirmées par les différentes études mentionnées dans notre travail.

En effet, à ce jour, les aligneurs restent moins efficaces et présentent des résultats moins bons que les traitements fixes conventionnels. Ils ont des indications dans lesquelles ils peuvent représenter une alternative thérapeutique performante mais il convient de connaître ces indications afin de les utiliser dans ces cas précis ou bien dans des cas de malocclusions simples.

Les documents analysés rapportent plus de certitudes sur les limites du traitement orthodontique par aligneurs que de certitudes sur leurs indications.

Les aligneurs orthodontiques sont cependant en amélioration constante, tout comme le nombre de praticiens qui les utilisent. Ainsi, même si ces appareillages sont réservés à l'heure actuelle aux cas simples ou bien aux cas dans lesquels leur efficacité est vérifiée, ils devraient se développer de plus en plus à l'avenir.

Au terme de cette revue de la littérature, il serait dommage de priver les patients de cette option thérapeutique, surtout lorsqu'il s'agit de traiter des cas simples ou modérés ou de le proposer à des patients de médecine bucco-dentaire à besoins spécifiques. L'avenir peut permettre de penser que les aligneurs orthodontiques continueront de s'améliorer jusqu'à atteindre la fiabilité dans des indications précises des traitements conventionnels, afin qu'ils puissent adoucir la qualité de vie et la santé orale des patients d'orthodontie.

BIBLIOGRAPHIE

1. Prognathe/Mâchoire décalée/Menton en avant : traitements d'orthodontie [Internet]. Orthodontiste à Paris : appareil lingual, Invisalign et bagues - Adultes et enfants. 2022 [cité 6 janv 2023]. Disponible sur: <https://www.orthodontie-paris15.fr/prognathe-machoire-decalee-dents-en-avant-article-croise-orthodontie/>
2. Les différentes anomalies dentaires [Internet]. LE MARIÉ Marina. 2017 [cité 6 janv 2023]. Disponible sur: <https://dr-le-marie-marina.chirurgiens-dentistes.fr/anomalies-dentaires/>
3. etat_des_lieux_niveau_preuve_gradation.pdf [Internet]. [cité 18 nov 2022]. Disponible sur: https://www.has-sante.fr/upload/docs/application/pdf/2013-06/etat_des_lieux_niveau_preuve_gradation.pdf
4. Weir T. Clear aligners in orthodontic treatment. Aust Dent J. 2017;62(S1):58-62.
5. Upadhyay M, Arqub SA. Biomechanics of clear aligners: hidden truths & first principles. J World Fed Orthod. 1 févr 2022;11(1):12-21.
6. Oikonomou E, Foros P, Tagkli A, Rahiotis C, Eliades T, Koletsi D. Impact of Aligners and Fixed Appliances on Oral Health during Orthodontic Treatment: A Systematic Review and Meta-Analysis. Oral Health Prev Dent. 7 janv 2021;19(1):659-72.
7. Djeu G, Shelton C, Maganzini A. Outcome assessment of Invisalign and traditional orthodontic treatment compared with the American Board of Orthodontics objective grading system. Am J Orthod Dentofac Orthop Off Publ Am Assoc Orthod Its Const Soc Am Board Orthod. sept 2005;128(3):292-8; discussion 298.
8. Gu J, Tang JS, Skulski B, Fields HW, Beck FM, Firestone AR, et al. Evaluation of Invisalign treatment effectiveness and efficiency compared with conventional fixed appliances using the Peer Assessment Rating index. Am J Orthod Dentofac Orthop Off Publ Am Assoc Orthod Its Const Soc Am Board Orthod. févr 2017;151(2):259-66.
9. Papageorgiou SN, Koletsi D, Iliadi A, Peltomaki T, Eliades T. Treatment outcome with orthodontic aligners and fixed appliances: a systematic review with meta-analyses. Eur J Orthod. 23 2020;42(3):331-43.
10. Robertson L, Kaur H, Fagundes NCF, Romanyk D, Major P, Flores Mir C. Effectiveness of clear aligner therapy for orthodontic treatment: A systematic review. Orthod Craniofac Res. mai 2020;23(2):133-42.
11. Koletsi D, Iliadi A, Eliades T. Predictability of rotational tooth movement with orthodontic aligners comparing software-based and achieved data: A systematic review and meta-analysis of observational studies. J Orthod. sept 2021;48(3):277-87.
12. Sfondrini MF, Zampetti P, Luscher G, Gandini P, Gandía-Franco JL, Scribante A. Orthodontic Treatment and Healthcare Goals: Evaluation of Multibrackets Treatment Results Using PAR Index (Peer Assessment Rating). Healthc Basel Switz. 10 nov 2020;8(4):473.

13. Cansunar HA, Uysal T. Relationship between pretreatment case complexity and orthodontic clinical outcomes determined by the American Board of Orthodontics criteria. *Angle Orthod.* nov 2014;84(6):974-9.
14. Balshem H, Helfand M, Schünemann HJ, Oxman AD, Kunz R, Brozek J, et al. GRADE guidelines: 3. Rating the quality of evidence. *J Clin Epidemiol.* avr 2011;64(4):401-6.
15. Lione R, Balboni A, Di Fazio V, Pavoni C, Cozza P. Effects of pendulum appliance versus clear aligners in the vertical dimension during Class II malocclusion treatment: a randomized prospective clinical trial. *BMC Oral Health.* 10 oct 2022;22(1):441.
16. Lin E, Julien K, Kesterke M, Buschang PH. Differences in finished case quality between Invisalign and traditional fixed appliances. *Angle Orthod.* 1 mars 2022;92(2):173-9.
17. da Silva VM, Ayub PV, Massaro C, Janson G, Garib D. Comparison between clear aligners and 2 × 4 mechanics in the mixed dentition: a randomized clinical trial. *Angle Orthod.* 6 sept 2022;93(1):3-10.
18. Al-Nadawi M, Kravitz ND, Hansa I, Makki L, Ferguson DJ, Vaid NR. Effect of clear aligner wear protocol on the efficacy of tooth movement. *Angle Orthod.* 1 mars 2021;91(2):157-63.
19. Jaber ST, Hajeer MY, Burhan AS. The Effectiveness of In-house Clear Aligners and Traditional Fixed Appliances in Achieving Good Occlusion in Complex Orthodontic Cases: A Randomized Control Clinical Trial. *Cureus.* oct 2022;14(10):e30147.
20. HBOOrtho_Pendulum.pdf [Internet]. [cité 26 nov 2022]. Disponible sur: https://www.hornerbarrowortho.com/assets/pdfs/HBOOrtho_Pendulum.pdf
21. Little RM. The Irregularity Index: A quantitative score of mandibular anterior alignment. *Am J Orthod.* 1 nov 1975;68(5):554-63.
22. Davido N., Yasukawa K. Orthopédie dento-faciale - Odontologie pédiatrique. MALOINE. 2014. 225 p. (Internat en odontologie).
23. Amat Ph. Extractions et orthodontie : *primum non nocere*. *Rev Orthopédie Dento-Faciale.* avr 2014;48(2):103-16.
24. Falagas M, Pitsouni E, Malietzis G, Pappas G. Comparison of PubMed, Scopus, Web of Science, and Google Scholar: Strengths and weaknesses. *FASEB J Off Publ Fed Am Soc Exp Biol.* 1 mars 2008;22:338-42.
25. Haouili N, Kravitz ND, Vaid NR, Ferguson DJ, Makki L. Has Invisalign improved? A prospective follow-up study on the efficacy of tooth movement with Invisalign. *Am J Orthod Dentofac Orthop Off Publ Am Assoc Orthod Its Const Soc Am Board Orthod.* sept 2020;158(3):420-5.
26. Espinosa DG, Mecnas P, Flores-Mir C, Normando D. Pain level between clear aligners and fixed appliances: a systematic review. *Prog Orthod.* 20 janv 2020;21(1):3.
27. Madariaga ACP, Bucci R, Rongo R, Simeon V, D'Antò V, Valletta R. Impact of Fixed Orthodontic Appliance and Clear Aligners on the Periodontal Health: A Prospective Clinical Study. *Dent J.* 2 janv 2020;8(1).

28. Ustdal G, Guney AU. YouTube as a source of information about orthodontic clear aligners. *Angle Orthod.* 1 mai 2020;90(3):419-24.
29. Li Y, Deng S, Mei L, Li Z, Zhang X, Yang C, et al. Prevalence and severity of apical root resorption during orthodontic treatment with clear aligners and fixed appliances: a cone beam computed tomography study. *Prog Orthod.* 6 janv 2020;21(1):1.
30. Mulla Issa FHK, Mulla Issa ZHK, Rabah AF, Hu L. Periodontal parameters in adult patients with clear aligners orthodontics treatment versus three other types of brackets: A cross-sectional study. *J Orthod Sci.* 2020;9:4.
31. Mummolo S, Nota A, Albani F, Marchetti E, Gatto R, Marzo G, et al. Salivary levels of *Streptococcus mutans* and *Lactobacilli* and other salivary indices in patients wearing clear aligners versus fixed orthodontic appliances: An observational study. *PloS One.* 2020;15(4):e0228798.
32. Alajmi S, Shaban A, Al-Azemi R. Comparison of Short-Term Oral Impacts Experienced by Patients Treated with Invisalign or Conventional Fixed Orthodontic Appliances. *Med Princ Pract Int J Kuwait Univ Health Sci Cent.* 2020;29(4):382-8.
33. Antonio-Zancajo L, Montero J, Albaladejo A, Oteo-Calatayud MD, Alvarado-Lorenzo A. Pain and Oral-Health-Related Quality of Life in Orthodontic Patients During Initial Therapy with Conventional, Low-Friction, and Lingual Brackets and Aligners (Invisalign): A Prospective Clinical Study. *J Clin Med.* 3 juill 2020;9(7).
34. Elhaddaoui R, Bahije L, Chbicheb S, Zaoui F. Cervico-facial irradiation and orthodontic treatment. *Int Orthod.* juin 2015;13(2):139-48.
35. Marya A, Venugopal A, Vaid N, Alam MK, Karobari MI. Essential Attributes of Clear Aligner Therapy in terms of Appliance Configuration, Hygiene, and Pain Levels during the Pandemic: A Brief Review. *Pain Res Manag.* 2020;2020:6677929.
36. Hansa I, Semaan SJ, Vaid NR. Clinical outcomes and patient perspectives of Dental Monitoring® GoLive® with Invisalign®-a retrospective cohort study. *Prog Orthod.* 15 juin 2020;21(1):16.

ANNEXE

Annexe 1 : Grille de Lecture

ITEM et question à poser		Analyse	Commentaires
TITRE			
	Reflète-t-il une question pertinente ?		
Auteurs, leurs nationalités et leurs fonctions, laboratoires			
Lieu de publication et publieur			
INTRODUCTION			
La justification de l'étude repose-t-elle sur une revue brève et synthétique des connaissances ?			
Des lacunes dans la littérature sont évoquées pour justifier la question posée et sont claires et pertinentes ?			
Objectif de l'article	Clair et concret ?		
	Question et population pertinente ?		
Y a-t-il des suppositions faites sur la question étudiée ?			
Ces suppositions sont justifiées par des articles ?			
METHODOLOGIE			
POPULATION ETUDIEE	Explication des modalités de sélection des participants ?		
	Critères d'inclusion et d'exclusion définis ?		
	La population d'origine est-elle décrite ?		
	La population testée est-elle cohérente avec la population traitée ?		
	L'effectif est-il justifié ?		
	Les groupes sont-ils comparables ? La population étudiée est-elle évaluée ?		

METHODE	Quel est l'objet de l'étude ?		
	Le schéma de l'étude est-il décrit ?		
	Le schéma de l'étude est-il cohérent avec la question posée ?		
	Quel est le type de l'étude ?		
	Quel est le niveau de preuve de cette étude ?		
	Les lois de l'éthique sont-elles respectées ?		
<u>RESULTATS</u>			
Les résultats sont-ils bien décrits selon chaque variable étudiée ?			
<u>DISCUSSION</u>			
La réponse à la question est-elle complète et informative ?			
Les conclusions sont justifiées par les résultats et des arguments convaincants ?			
Y a-t-il une comparaison des résultats avec les données de la littérature ?			
Les résultats sont-ils statistiquement significatifs ?			
Les résultats sont-ils cliniquement significatifs ? Y a-t-il des applications cliniques possibles ?			
Comment réagit l'auteur face aux résultats contraires de la littérature ?			
Y a-t-il des biais énoncés par l'auteur ?			
Y a-t-il d'autres biais ayant des conséquences sur la qualité de l'étude ?			
<u>CONCLUSION</u>			
La conclusion reflète-t-elle l'étude ?			
Des perspectives et améliorations sont-elles suggérées ?			
<u>PRESENTATION DE L'ETUDE</u>			

Les références sont-elles récentes et facilement accessibles ?		
La bibliographie respecte-t-elle les normes internationales ?		
La structure IMRD et ses objectifs sont respectés ?		
Le résumé possède-t-il un objectif pertinent et des résultats informatifs ?		
Les tableaux et figures sont-ils logiques et non redondants ?		
<u>ANALYSE DE L'ÉTUDE</u>		
Indications et faits de l'objet étudié		
Limites de l'objet étudié		
Les résultats de l'étude sont-ils transférables et utiles dans la pratique ?		
Perspectives et améliorations possibles		
Pertinence et qualité de l'étude		
L'étude est-elle utile dans la littérature actuelle ?		

Résumé :

Les aligneurs sont utilisés depuis deux décennies pour les traitements d'orthodontie. Ils gagnent en popularité auprès des patients grâce à leur discrétion en comparaison avec les appareils multibagues. Cependant, certains praticiens sont réticents à leur utilisation étant donné leurs résultats moins bons que ceux des traitements conventionnels. Les objectifs dans ce travail sont de déterminer les indications et les limites des aligneurs en orthodontie et de déterminer leurs intérêts et leur efficacité par rapport à d'autres thérapeutiques.

Pour cela, nous avons réalisé une analyse de la littérature des aligneurs. Nous avons sélectionné 8 articles de 2020 à 2022 possédant une grande pertinence scientifique. Les journaux de publication ont été évalués selon leur facteur d'impact et ils se retrouvent dans la moyenne des revues orthodontiques.

Les aligneurs présenteraient un intérêt dans la correction de l'infraclusion et dans de la correction de la classe II dentaire, ainsi que dans les mouvements d'inclinaison et de translation dentaire. Le traitement des cas simples à modérés d'alignement dentaire serait donc envisageable avec les aligneurs. Leurs limites sont le contrôle du torque et les mouvements de rotation, ainsi que le traitement de la supraclusion et des cas complexes. Les applications des aligneurs en orthodontie s'étendent aux patients à besoin spécifiques de médecine-bucco-dentaire.

A ce jour, les aligneurs orthodontiques possèdent des applications limitées et leur efficacité est souvent inférieure à celle des appareils conventionnels. Leur intérêt est toutefois réel en orthodontie et il convient de connaître leurs indications et limites afin de les utiliser convenablement.

Mots clés :

Aligneurs orthodontiques
Invisalign
Analyse de la littérature

Jury :

Président
Asseseurs

Monsieur le Professeur Jean-Jacques MORRIER
Monsieur le Professeur Pierre FARGE
Monsieur le Docteur Christophe Jeannin
Madame la Docteur Marie-Agnès GASQUI DE SAINT-JOACHIM

Adresse de l'auteur :

Lauriane PRAT
10 rue Jean-Baptiste-Agricol Péru
26200 MONTELIMAR