



HAL
open science

Choix de la Zirconie comme matériau sous-gingival des restaurations prothétiques unitaires sur implant : revue systématique de la littérature

Karl Léo Valentin Ohse

► To cite this version:

Karl Léo Valentin Ohse. Choix de la Zirconie comme matériau sous-gingival des restaurations prothétiques unitaires sur implant : revue systématique de la littérature. Sciences du Vivant [q-bio]. 2023. dumas-04110149

HAL Id: dumas-04110149

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-04110149v1>

Submitted on 30 May 2023

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

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

U.F.R. D'ODONTOLOGIE

Année 2023

Thèse n°39

THESE POUR L'OBTENTION DU
**DIPLOME D'ETAT de
DOCTEUR EN CHIRURGIE DENTAIRE**

Présentée et soutenue publiquement

Par OHSE, Karl Léo Valentin

Né le 23 Novembre 1996 à Libourne

Le 16/05/2023

**Choix de la Zirconne comme matériau sous-gingival
des restaurations prothétiques unitaires sur implant :
revue systématique de la littérature**

Sous la direction du Dr Baptiste BERGES

Membres du jury :

M. CATROS Sylvain
M. BERGES Baptiste
M. ROUZÉ L'ALZIT François
M. D'INCAU Emmanuel

Professeur des Universités
Chef de Clinique Universitaire - Assistant des Hôpitaux
Maître de Conférences des Universités
Maître de Conférences des Universités

Président
Directeur
Rapporteur
Assesseur

UNIVERSITE DE BORDEAUX

MAJ
01/01/2023

Président M. LEWIS Dean
Directeur de Collège des Sciences de la Santé M. PELLEGRIN Jean-Luc

COLLEGE DES SCIENCES DE LA SANTE UNITE DE FORMATION ET DE RECHERCHE DES SCIENCES

Directrice Mme BERTRAND Caroline 58-01
Directeur Adjoint à la Pédagogie M. DELBOS Yves 56-01
Directeur Adjoint – Chargé de la Recherche M. CATROS Sylvain 57-01
Directeur Adjoint – Chargé des Relations Internationales M. SEDARAT Cyril 57-01

ENSEIGNANTS DE L'UFR

PROFESSEURS DES UNIVERSITES

Mme	Caroline	BERTRAND	Prothèse dentaire	58-01
Mme	Marie-José	BOILEAU	Orthopédie dento-faciale	56-01
M.	Sylvain	CATROS	Chirurgie orale	57-01
M.	Raphaël	DEVILLARD	Dentisterie restauratrice et endodontie	58-01
M.	Bruno	ELLA NGUEMA	Sciences anatomiques et physiologiques - Biomatériaux	58-01
M.	Jean- Christophe	FRICAIN	Chirurgie orale	57-01

MAITRES DE CONFERENCES DES UNIVERSITES

Mme	Elise	ARRIVÉ	Prévention épidémiologie – Economie de la santé – Odontologie légale	56-02
Mme	Audrey	AUSSEL	Sciences anatomiques et physiologiques	58-01
Mme	Cécile	BADET	Biologie Orale	57-01
M.	Etienne	BARDINET	Orthopédie dento-faciale	56-01
M.	Michel	BARTALA	Prothèse dentaire	58-01
M.	Cédric	BAZERT	Orthopédie dento-faciale	56-01
M.	Christophe	BOU	Prévention épidémiologie – Economie de la santé – Odontologie légale	56-02
Mme	Sylvie	BRUNET	Chirurgie orale	57-01
M.	Jacques	COLAT PARROS	Sciences anatomiques et physiologiques	58-01
M,	Jean- Christophe	COUTANT	Sciences anatomiques et physiologiques	58-01
M.	François	DARQUE	Orthopédie dento-faciale	56-01
M.	François	DE BRONDEAU	Orthopédie dento-faciale	56-01
M.	Yves	DELBOS	Odontologie pédiatrique	56-01
M,	Emmanuel	D'INCAU	Prothèse dentaire	58-01
Mme	Mathilde	FENELON	Chirurgie Orale	57-01
Mme	Hélène	FRON-CHABOUIS	Dentisterie restauratrice et endodontie	58-01
Mme	Elsa	GAROT	Odontologie pédiatrique	56-01
M.	Dominique	GILLET	Dentisterie restauratrice et endodontie	58-01
Mme	Olivia	KEROUREDAN	Dentisterie restauratrice et endodontie	58-01
M.	Jean-François	LASSERRE	Prothèse dentaire	58-01
M.	Yves	LAUVERJAT	Parodontologie	57-01
M.	Adrien	NAVEAU	Prothèse dentaire	58-01

M.	Philippe	POISSON	Prévention épidémiologie – Economie de la santé – Odontologie légale	56-02
M.	Patrick	ROUAS	Odontologie pédiatrique	56-01
M.	François	ROUZÉ L'ALZIT	Prothèse dentaire	58-01
M.	Johan	SAMOT	Biologie Orale	57-01
Mme	Maud	SAMPEUR	Orthopédie dento-faciale	56-01
M.	Cyril	SEDARAT	Parodontologie	57-01
Mme	Rawen	SMIRANI	Parodontologie	57-01
Mme	Noélie	THEBAUD	Biologie Orale	57-01
M.	Eric	VACHEY	Dentisterie restauratrice et endodontie	58-01

PRATICIENS HOSPITALIER-UNIVERSITAIRE

M.	Pierre-Hadrien	DECAUP	Prothèse dentaire	58-01
Mme	Julia	ESTIVALS	Odontologie pédiatrique	56-01

AUTRES ENSEIGNANTS

M.	Maxime	BOITEAUD	CDD 2e degré Santé publique	56-02
----	--------	----------	-----------------------------	-------

CCU-AH (Chefs de Clinique Universitaire - Assistant des Hôpitaux)

M.	Adrien	AMELINE	Orthopédie dento-faciale	56-02
M.	William	AUMAILLEY	Prothèse dentaire	58-01
M.	Baptiste	BERGES	Prothèse dentaire	58-01
Mme	Virginie	CHUY	Prévention épidémiologie – Economie de la santé – Odontologie légale	56-02
Mme	Diane	DELADRIERE	Dentisterie restauratrice et endodontie	58-01
M.	Mathieu	DELOLME	Parodontologie	57-01
M.	Quentin	DESPERIEZ	Prothèse dentaire	58-01
Mme	Laura	DONNET	Biologie Orale	57-01
Mme	Laurie	FUCHS	Odontologie pédiatrique	56-01
M.	Joran	GARDIN	Parodontologie	57-01
M.	Paul	GIRARDEAU	Sciences anatomiques et physiologiques	58-01
M.	Pierre-André	GUILLAUD	Parodontologie	57-01
M.	Louis	HUAULT	Sciences anatomiques et physiologiques	58-01
M.	Jean-Baptiste	IRIBARREN	Dentisterie restauratrice et endodontie	58-01
M.	Aymeric	JOUBERT DU CELLIER	Dentisterie restauratrice et endodontie	58-01
Mme	Sarah	KAWCHAGIE	Prothèse Dentaire	58-01
Mme	Camille	LACAULE	Orthopédie dento-faciale	56-01
M.	Xavier	LAGARDE	Chirurgie Orale	57-01
M.	Clément	LEBRET	Chirurgie Orale	57-01
Mme	Mathilde	LEVRIER	Prothèse dentaire	58-01
Mme	Léa	MASSE	Prothèse dentaire	58-01
Mme	Chiara	PASCALI	Prothèse dentaire	58-01
Mme	Imane	RAMDANI	Dentisterie restauratrice et endodontie	58-01
Mme	Ana	RIBEIRO MAGALHES	Odontologie pédiatrique	56-01
Mme	Florianne	VILLAT	Dentisterie restauratrice et endodontie	58-01
M.	Clément	VACHEY	Odontologie conservatrice – Endodontie	58-01

REMERCIEMENTS

A mon Président de thèse

Monsieur le Professeur Sylvain CATROS

Professeur des Universités – Praticien Hospitalier

Section Chirurgie orale 57-01

Je vous remercie de l'honneur que vous me faites en prenant la présidence du Jury de cette thèse.

Je vous remercie également pour la qualité de vos enseignements durant toutes ces années d'études.

Veillez trouver dans ce travail l'expression de mon profond respect.

A mon Directeur de thèse

Monsieur le Docteur Baptiste BERGES

Chef de Clinique Universitaire - Assistant des Hôpitaux

Section Prothèse dentaire 58-01

Je vous remercie de l'honneur que vous m'avez fait en acceptant la direction de cette thèse.

Je vous remercie également pour l'intérêt que vous avez porté à ce travail, pour vos conseils, ainsi que pour votre disponibilité et sympathie en clinique.

Veillez trouver ici l'expression de ma profonde reconnaissance et de mes respectueux remerciements.

A mon Rapporteur de thèse

Monsieur le Docteur François ROUZÉ L'ALZIT

Maître de Conférences des Universités – Praticien Hospitalier

Section Prothèse dentaire 58-01

Je vous remercie de l'honneur que vous me faites en acceptant de juger ce travail et d'en être le rapporteur.

Je suis honoré d'avoir pu bénéficier de vos précieux conseils tout au long de mes études.

Soyez assuré de ma sincère reconnaissance.

A mon Assesseur

Monsieur le Docteur Emmanuel D'INCAU

Maître de Conférences des Universités – Praticien Hospitalier

Section Prothèse dentaire 58-01

Je vous remercie de l'honneur que vous m'avez fait en acceptant de faire partie de mon Jury de thèse.

Je vous remercie pour votre gentillesse et votre disponibilité en clinique lors des stages hospitaliers.

Veillez accepter, dans ce travail, l'expression de ma reconnaissance et de ma gratitude.

A l'ensemble des enseignants et professeurs rencontrés au cours de mon parcours scolaire, je vous remercie pour les enseignements que vous m'avez apportés.

Aux membres du cabinet dentaire de St Germain du Puch,

A **Pierre**, mon mentor : merci infiniment pour tes enseignements, ton accompagnement, tes conseils et pour le temps que tu m'as consacré pendant mes stages.

A **Bettina, Elisabeth et Myriam** : Merci pour votre accueil chaleureux et votre bienveillance.

Aux membres du laboratoire Burdigala,

A **Guillaume et Julien** : Merci à vous et votre équipe de choc de m'avoir accueilli quelques jours dans votre labo, et de m'avoir permis de travailler avec vous. Merci pour votre disponibilité et vos précieux conseils.

A mes parents,

Maman, Papa, merci de m'avoir toujours soutenu et aimé. Merci pour les valeurs que vous m'avez transmises. Merci de m'avoir donné l'amour du sport et de la compétition. Je sais aussi grâce à vous à quel point la famille est importante. Cette réussite professionnelle, c'est avant tout la vôtre, et j'en suis très fier.

A ma sœur et mon neveu,

A **Blandine** : Merci pour tous ces souvenirs plus jeunes ou encore pendant ta grossesse. Je n'étais pas toujours facile à supporter petit, nous n'avions pas le même papa, mais je t'ai toujours aimé ma sœur. Merci de me permettre de passer d'excellents moments avec mon petit **Mirco**. Je serai toujours là pour vous.

A mes grands-parents,

A ma **mamie Nicole** et mon **papi Lulu** : Je vous remercie pour tout l'amour que vous m'avez donné. Je suis très fier de vous, et fier d'être un de vos petits-enfants.

A ma **mamie Bouscaud** : Merci pour tous ces moments passés ensemble, merci pour tout le temps que tu m'as consacré. Merci d'être le pilier de notre famille et de prendre soin de nous tous.

A mon **papi Jean** : Merci pour ta présence ces dernières années et au plaisir de passer des moments de rigolade ensemble.

A tout le reste de la famille,

A mon **parrain**, ma **marraine**, mes **oncles et tantes**, mes **cousins et cousines**, merci pour tout. J'ai beaucoup de chance de vous avoir à mes côtés.

A toute ma famille de Maransin, vous êtes tellement nombreux que je ne peux vous citer. Merci pour tous ces beaux souvenirs entre cousins. J'espère que vous êtes fiers de ce qu'est devenu votre petit Karl.

A **Pat** et sa petite tribu, **Alexia, Esther, Victor** : Merci pour ces bons repas et très bons moments passés en votre compagnie. Et surtout merci de supporter mon père, ses folies, et de le rendre heureux.

Votre présence, à mes côtés ou à distance, m'est précieuse. Je vous aime tous.

A ma belle-famille, mes beaux-parents,

Merci à vous de m'avoir adopté si vite, merci pour ces bons moments en votre compagnie. Vous faites partie de la famille. Merci **Pascale, Bernard** et **Enzo** pour votre soutien sans faille. Je sais que je peux compter sur vous et c'est une grande chance.

A mes amis,

A mes amis Libournais du collège et du lycée : **Alex, Horace, Thomas, Floflo, Hugo, Lucas, Samu, Nico, Benji**. Merci pour toutes ces années incroyables qui resteront à jamais gravées dans ma mémoire. On a tous grandi ensemble, fait les 400 coups et bien plus, je vous considère tous comme mes frères.

A mes amis rencontrés à la fac : **Céline, Mathieu, Margaux, Robine, Hoan, Aude, Tom, Clément, Loana, Claire, Victor** et surtout à mes grandes stars, mes Splitards : **Quentin, Guillaume, Vincent, Martin, Pierrick** et **Adam** : Merci pour ces années inoubliables.

A mes amis sportifs du tennis et du padel : **Hadrien, Damien, Benji, Lionel, Loic, Vincent, Jimmy, Hugo, Augustin, Julien, Louis, Dorian** et **la famille Faurie**. Merci à tous de m'avoir permis d'évoluer dans ces sports. Ça a toujours été un plaisir et une fierté de défendre les couleurs du club de St Germain du Puch à vos côtés.

Merci à vous pour tous ces moments partagés et tous ces souvenirs !

A Solène,

Merci à toi ma Soyeye pour tout l'amour et tout le soutien que tu me portes au quotidien. Je sais que j'ai de la chance de t'avoir à mes côtés et que de nombreuses aventures nekketsu nous attendent. Je t'aime.

Et à tous ceux que j'ai malheureusement oublié de citer, merci à vous !

Vous m'avez tous permis d'en arriver là aujourd'hui, merci infiniment

Je dédie cette thèse à mes parents, ma famille, ainsi qu'à tous mes amis

TABLE DES MATIÈRES

TABLE DES FIGURES.....	3
TABLE DES TABLEAUX	3
LISTE DES ABRÉVIATIONS	4
INTRODUCTION.....	5
PARTIE 1 : LES MATÉRIAUX SOUS-GINGIVAUX DES RESTAURATIONS IMPLANTAIRES.....	7
I. NOTIONS D'IMPLANTOLOGIE	7
A. <i>L'implant</i>	7
B. <i>Les tissus péri-implantaires</i>	8
C. <i>La prothèse fixée</i>	9
D. <i>Le pilier</i>	10
II. ALLIAGES DE TITANE	11
III. ALLIAGES PRÉCIEUX ET NON PRÉCIEUX.....	12
IV. POLYMÈRES (PEEK/PEKK) ET RÉSINES.....	12
V. ALUMINE OU OXYDE D'ALUMINIUM.....	13
VI. DISILICATE DE LITHIUM	13
VII. CÉRAMIQUES DE STRATIFICATION	13
VIII. ZIRCONÉ OU DIOXYDE DE ZIRCONIUM	14
A. <i>Propriétés de la zircone</i>	15
B. <i>Critères biologiques : Biocompatibilité et stabilité péri-implantaire</i>	16
1 Aptitude au polissage et état de surface.....	16
2 Traitement de surface	16
3 Formation d'une barrière épithéliale et profondeur de sondage	17
4 Accumulation de plaque et saignement au sondage	18
5 Stabilité osseuse	19
C. <i>Critères esthétiques : Intégration esthétique</i>	20
1 Décoloration gingivale	20
2 Stabilité des papilles et récession	20
3 Indices esthétiques utilisés	21
4 Choix du système prothétique	22
D. <i>Critères biomécaniques : Propriétés mécaniques</i>	25
1 Concept de pilier hybride en 2 pièces.....	25
2 Stabilité mécanique et résistance à la fracture.....	26
3 Rétention : potentiel d'adhésion des structures Zr	26
4 Absorption et distribution des contraintes sur les structures environnantes	27
5 Usure, corrosion, fatigue à long terme	27
E. <i>Complications et taux de survie</i>	29
1 Techniques/Mécaniques	29
2 Biologiques	31
3 Esthétiques	32
4 Taux de survie.....	32
PARTIE 2 : FIABILITÉ À MOYEN/LONG TERME DES PILIERS ZR COMPARÉ AU TI : REVUE SYSTÉMATIQUE DE LA LITTÉRATURE.....	33
I. CONTEXTE ET PERTINENCE DE LA REVUE.....	33
II. OBJECTIFS DE L'ÉTUDE	34

III. MATÉRIELS ET MÉTHODES	35
A. Critères d'éligibilité	35
B. Sources d'information	36
C. Stratégie de recherche.....	36
D. Extraction des données.....	37
E. Evaluation du risque de biais de chaque étude	37
F. Quantification des résultats : Analyse statistique.....	37
IV. RÉSULTATS.....	38
A. Sélection des études.....	38
B. Extraction des données.....	42
C. Synthèse des résultats	55
1 Résultats biologiques (Tableau 6).....	55
2 Résultats esthétiques (Tableau 7).....	56
3 Complications et taux de survie (Tableau 8 et Tableau 9).....	57
D. Étude des risques de biais	59
V. DISCUSSION	61
A. Analyse des résultats sur le plan biologique	61
B. Analyse des résultats sur le plan esthétique	65
C. Analyse des résultats sur le plan mécanique	67
D. Analyse des taux de survie.....	68
E. Limites de l'étude	68
VI. CONCLUSION DE LA REVUE.....	70
CHOIX DU PILIER ZR : QUAND L'UTILISER POUR LES RESTAURATIONS	
UNITAIRES ? ARBRE DÉCISIONNEL.....	71
CONCLUSION	72
BIBLIOGRAPHIE.....	74

TABLE DES FIGURES

Figure 1 : Schéma du complexe implantaire comparé au modèle parodontal (10).....	7
Figure 2 : Schéma d'un système implantaire <i>tissue level</i> (à gauche) et d'un implant <i>bone level</i> (à droite) avec un pilier Zr hybride permettant un contact élevé entre la Zr et la muqueuse (7).....	8
Figure 3 : Schéma des tissus composant la zone sous-gingivale (10).....	8
Figure 4 : Schéma des options d'assemblage implant/prothèse (12).....	9
Figure 5 : Pilier Zr hybride et couronne en disilicate de lithium (14).....	10
Figure 6 : Piliers Ti (de gauche à droite) : Ti anodisé rosé, Ti anodisé doré, Ti non modifié (25)	11
Figure 7 : Pilier molaire en Zr personnalisé et couronne en disilicate de lithium (71).....	22
Figure 8 : Exemple de trois hauteurs gingivales disponibles pour l'embase Ti (78).....	24
Figure 9 : Composants du complexe implantaire avec un pilier Zr sur embase Ti (86)	25
Figure 10 : Schéma illustrant le phénomène de dégradation à basse température en présence de contraintes mécaniques, caractérisé par un arrachement d'un amas de grains transformés (99).....	28
Figure 11 : Diagramme de flux PRISMA	40
Figure 12 : Arbre décisionnel du choix du pilier en Zr	71

TABLE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Articles exclus de la revue systématique après lecture	38
Tableau 2 : Articles inclus dans la revue systématique.....	39
Tableau 3 : Grade des recommandations du niveau de preuve scientifique selon la Haute Autorité de Santé (140).....	41
Tableau 4 : Tableau présentant les études incluses dans la revue systématique	44
Tableau 5 : Tableau décrivant les complexes implanto-prothétiques inclus dans les études...	46
Tableau 6 : Tableau des résultats biologiques : profondeur de sondage moyen, indice de saignement, récession, indice de plaque, niveau osseux marginal M et D au départ et à la fin de l'étude	48
Tableau 7 : Tableau des résultats esthétiques : indices esthétiques, décoloration gingivale, hauteur de papille, satisfaction du patient.....	49
Tableau 8 : Tableau des différentes complications techniques retrouvées dans les études	50
Tableau 9 : Tableau des complications techniques, biologiques, esthétiques et du taux de survie/succès	52
Tableau 10 : Tableau récapitulatif des résultats, conclusions et limites de chaque étude.....	54
Tableau 11 : Tableau décrivant le jugement de l'auteur sur les éléments de risque de biais pour chaque essai clinique randomisé inclus, en suivant l'outil RoB 2 (116)	59
Tableau 12 : Tableau décrivant le jugement de l'auteur sur les éléments de risque de biais pour chaque essai clinique non randomisé inclus, en suivant l'outil ROBINS-I (118)	60
Tableau 13 : Tableau des indications des piliers Zr et Ti selon les situations cliniques.....	71

LISTE DES ABRÉVIATIONS

- ACC : *All-Ceramic Crown* : couronne céramique
- Au : Alliage d'or
- Au-Pd : Alliage or-palladium
- BL : *Bone Level* : niveau osseux
- BOP : *Bleeding On Probing* : indice de saignement au sondage
- CAD/CAM : *Computer-Aided Design/Computer-Aided Manufacturing* : Conception assistée par ordinateur/Fabrication assistée par ordinateur
- CFAO : Conception et fabrication assistées par ordinateur
- CIS : *Copenhagen Index Score* : indice esthétique
- CoCr : Alliage cobalt-chrome
- DOSS : *Dentistry and Oral Science Source*
- ECNR : Essai Clinique Non Randomisé
- ECR : Essai Clinique Randomisé
- HGF-1 : Human Gingival Fibroblast 1
- mBI : *modified sulcus Bleeding Index* : indice de saignement au sondage
- MBL : *Marginal Bone Loss* : perte osseuse marginale
- MCC : *Metal-Ceramic Crown* : couronne céramo-métallique
- mPII : *modified Plaque Index* : indice de plaque
- OHIP-49 : *oral health impact profile questionnaire* : questionnaire d'auto-évaluation qui porte principalement sur les effets généraux liés à la santé bucco-dentaire
- PCR : *Plaque Control Record* : indice de plaque
- PEEK : Polyetheretherketone
- PEKK : Polyetherketoneketone
- PES : *Pink Esthetic Score* : indice esthétique
- PI : *Plaque index* : indice de plaque
- PPD : *Probing Pocket Depth* : profondeur de sondage
- PRISMA : *Proposed Reporting Items Systematic Reviews and Meta-Analysis*
- RCT : *Randomized Controlled Trial* : essai randomisé contrôlé
- REC : indice de récession
- Ti : Titane
- TiN : Titane nitruré / nitrure de titane
- UCLA : Pilier plastique permettant d'être personnalisé par surcoulée. Technique développée à *University of California, Los Angeles* donnant son abréviation
- WES : *White Esthetic Score* : indice esthétique
- Y-TZP : *Yttria Tetragonal Zirconia Polycrystal* : zircone stabilisée en phase tétragonale par ajout d'oxyde d'yttrium
- Zr : Zircone

INTRODUCTION

La création de restaurations dentaires aussi proches que possible de la structure naturelle de la dent a toujours été un objectif important pour les chirurgiens-dentistes. L'introduction des implants dentaires comme alternative aux prothèses conventionnelles fixes et amovibles a révolutionné la dentisterie moderne. Même si un implant ne peut pas remplacer dans toutes ses spécificités la dent naturelle (1), les couronnes unitaires implanto-portées sont devenues une alternative valable aux prothèses dentaires fixes conventionnelles en raison de leurs excellents résultats cliniques à long terme et de leur taux de survie similaire (2).

La réalisation de la partie prothétique, par les matériaux et leur mise en forme, assure en partie la stabilité tissulaire obtenue après la phase chirurgicale implantaire. Une mauvaise prise en charge prothétique peut mettre en péril un excellent traitement chirurgical.

Un des éléments clefs de ces restaurations implantaires est le pilier implantaire. Il effectue la connexion entre l'implant et la prothèse. Il se situe dans la portion sous-gingivale directement en contact avec les tissus mous péri-implantaires.

De nombreux types de piliers sont proposés par les fabricants d'implants. Les piliers varient en fonction de la restauration prothétique (scellée ou transvissée) et peuvent être usinés, préfabriqués ou bien personnalisés par technique CAD/CAM. De plus, un large choix de matériaux peut être utilisé, dont le titane, les alliages précieux (Or), les alliages semi-précieux (CoCr), les céramiques (alumine, zircone ou bien disilicate de lithium) ou encore les polymères (PEEK/PEKK).

Qu'elle soit unitaire ou plurale, la prothèse implanto-portée nécessite une réflexion sur l'indication des différents matériaux, notamment vis-à-vis du comportement mécanique, de l'intégration esthétique et de la biocompatibilité tissulaire. De nombreux facteurs sont à prendre en compte, comme la région de l'édentement, le phénotype gingival et la demande esthétique du patient (3).

Les piliers en Titane (Ti) sont actuellement considérés comme la référence en dentisterie implantaire en raison de leur excellent taux de survie, de leur bonne compatibilité biologique et de leurs propriétés mécaniques élevées. Cependant, la couleur grise de ces piliers entraîne une décoloration bleutée ou grisâtre de la muqueuse péri-implantaire, en particulier chez les patients à phénotype gingival fin, ce qui compromet l'esthétique mucogingivale. Le Ti peut également donner lieu à des réactions allergiques. Le clinicien peut aussi recevoir la demande de certains patients qui ne veulent pas recevoir de restauration métallique (4).

Afin de pallier la mauvaise esthétique des piliers en Ti et de satisfaire la demande esthétique accrue des patients, des piliers céramiques en Alumine (5) puis en Zirconie ont été développés. La Zirconie (Zr), aussi appelée Dioxyde de Zirconium, se caractérise par une esthétique supérieure due à sa couleur blanche, une excellente biocompatibilité et des propriétés mécaniques élevées grâce au mécanisme de transformation de sa structure sous contrainte (6).

Qu'elle soit scellée ou transvissée, la restauration prothétique sur implant présente deux parties ayant chacune des exigences particulières. Une portion sous-gingivale qui doit être biocompatible et esthétique sur phénotype parodontal fin, et une portion supra-gingivale destinée à l'esthétique et la fonction. La Zr est un matériau adapté à la portion sous-gingivale des restaurations prothétiques (7).

Les biomatériaux doivent répondre aux exigences de biocompatibilité et de résistance mécanique. Les piliers implantaires en Zr semblent présenter des avantages permettant de devenir une alternative fiable à l'utilisation du Ti. De nombreux critères entrent en ligne de compte dans le choix du matériau prothétique adéquat, avec pour chacun une incidence sur le résultat. Il est important de comprendre que le choix du matériau est aussi dicté par le type d'implant utilisé : *tissue level* ou *bone level* (8,9).

Dans une première partie nous exposerons les différents types de matériaux utilisés dans la portion sous-gingivale des restaurations prothétiques. On entend par matériaux sous-gingivaux (ou trans-gingivaux) les matériaux qui vont être en contact avec les tissus mous péri-implantaires, c'est-à-dire les matériaux trans-gingivaux des piliers implantaires dans les cas de prothèse scellée ou le matériau constituant la portion cervicale de la couronne dans les cas de prothèse transvissée.

Nous décrirons plus en détail les propriétés des piliers implantaires en Zr avec leur biocompatibilité, ainsi que leurs performances mécaniques et esthétiques. Dans une deuxième partie, nous détaillerons les résultats obtenus dans la revue systématique de la littérature comparant les piliers Zr aux piliers Ti.

L'objectif de la revue systématique de la littérature était de déterminer si les piliers en Zr peuvent être une alternative aux piliers en Ti.

PARTIE 1 : LES MATÉRIAUX SOUS-GINGIVAUX DES RESTAURATIONS IMPLANTAIRES

I. NOTIONS D'IMPLANTOLOGIE

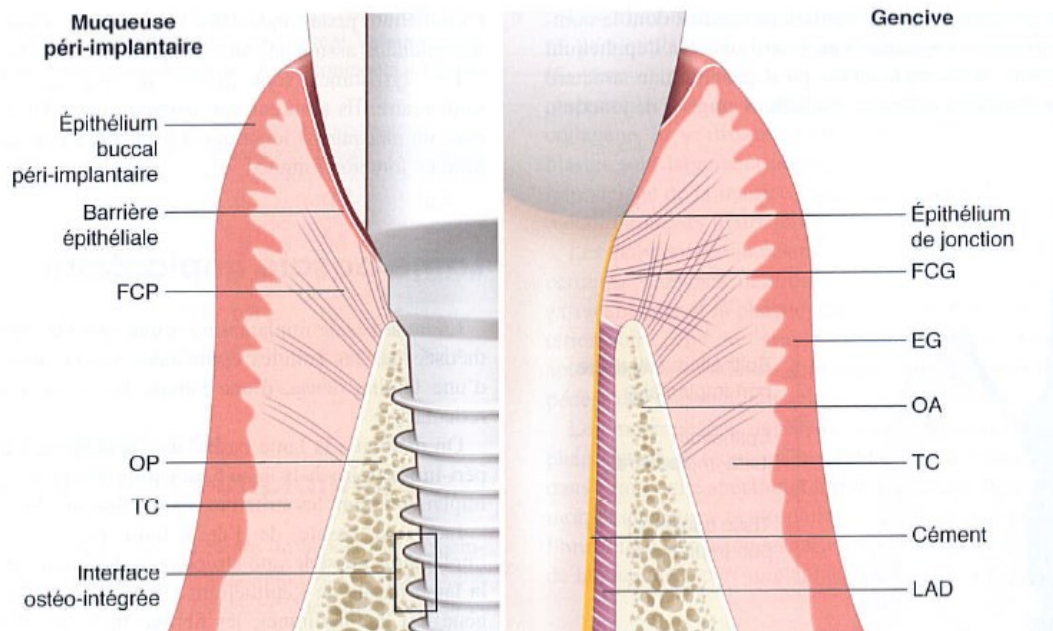


Figure 1 : Schéma du complexe implantaire comparé au modèle parodontal (10)

FCP : Fibres Conjonctives Péri-implantaires

FCG : Fibres Conjonctives Gingivales

OP : Os Péri-implantaire

EG : Epithélium Gingival

TC : Tissu Conjonctif

OA : Os Alvéolaire

LAD : Ligament Alvéolo-Dentaire

Le complexe implanto-prothétique visant à restaurer un édentement unitaire est composé de plusieurs éléments : (Figure 1)

A. L'IMPLANT

L'implant est l'élément du complexe qui est ostéo-intégré. Il est le plus souvent composé d'un alliage de Ti, mais également parfois de Zr ou de PEEK. Plusieurs diamètres et longueurs d'implant sont disponibles pour répondre aux différentes situations cliniques.

Il existe deux catégories d'implant : (Figure 2)

-les implants *bone level* dont le col implantaire est situé en juxta-osseux.

-les implants *tissue level* qui comprennent un col lisse trans-gingival.

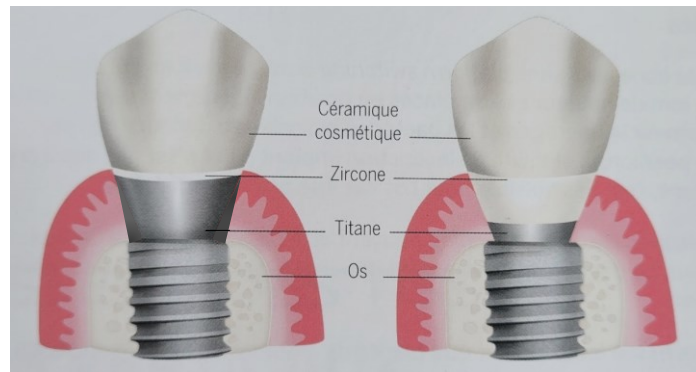


Figure 2 : Schéma d'un système implantaire tissue level (à gauche) et d'un implant bone level (à droite) avec un pilier Zr hybride permettant un contact élevé entre la Zr et la muqueuse (7)

B. LES TISSUS PÉRI-IMPLANTAIRES

Les tissus péri-implantaires forment l'appareil d'ancrage du complexe implantaire. Ils sont composés des tissus osseux et des tissus mous péri-implantaires.

Comparativement à la gencive, les tissus mous péri-implantaires sont des tissus cicatriciels qui présentent certains caractères spécifiques par rapport aux tissus mous parodontaux. L'attache supracrestale est plus importante, de l'ordre de 3 à 4 mm, avec :

- un épithélium jonctionnel de 1,5 à 2 mm adhérent par hémidesmosomes à la surface du pilier.
- un tissu conjonctif de 1 à 1,5 mm faible en fibroblastes et riche en fibres de collagène cheminant parallèlement à la surface de l'implant ou du pilier.
- une vascularisation moins importante.

L'épithélium sulculaire et l'attache supracrestale forment la zone sous-gingivale ou trans-gingivale (Figure 3). La muqueuse péri-implantaire peut avoir un phénotype fin ou épais.

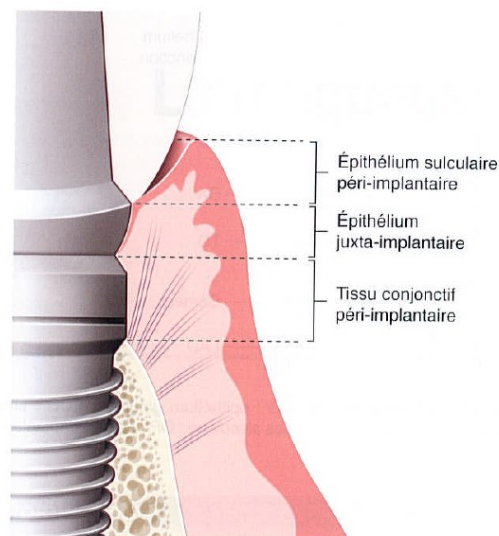


Figure 3 : Schéma des tissus composant la zone sous-gingivale (10)

La zone sous-gingivale peut être divisée en deux parties : une zone de plaque (contaminée) présente au niveau du sillon péri-implantaire et une zone d'adhérence (saine) située plus en profondeur et qui est en contact direct avec la restauration prothétique. Cette adhérence forme une étanchéité péri-implantaire et empêche les bactéries de venir contaminer la zone saine.

C. LA PROTHÈSE FIXÉE

C'est la portion du complexe implanto-prothétique visible en bouche qui guide en grande partie l'esthétique finale. Elle peut être scellée ou transvissée, avec des avantages et inconvénients pour chaque type de rétention (11). Le matériau qui compose la couronne implantaire peut être entièrement en céramique ou bien présenter une armature métallique recouverte de céramique stratifiée. Dans les cas de système « transvissé », c'est le matériau de la couronne qui est en contact avec les tissus mous péri-implantaires.

Dans les deux options de rétention, une embase en Ti peut être utilisée (Figure 4). La différence réside dans le fait que les restaurations transvissées sur embase Ti sont entièrement collées sur le modèle puis vissées en bouche, tandis que pour les restaurations scellées, le pilier en Zr est collé sur l'embase Ti sur le modèle, puis au fauteuil le pilier Zr hybride est vissé et la couronne est scellée en bouche.

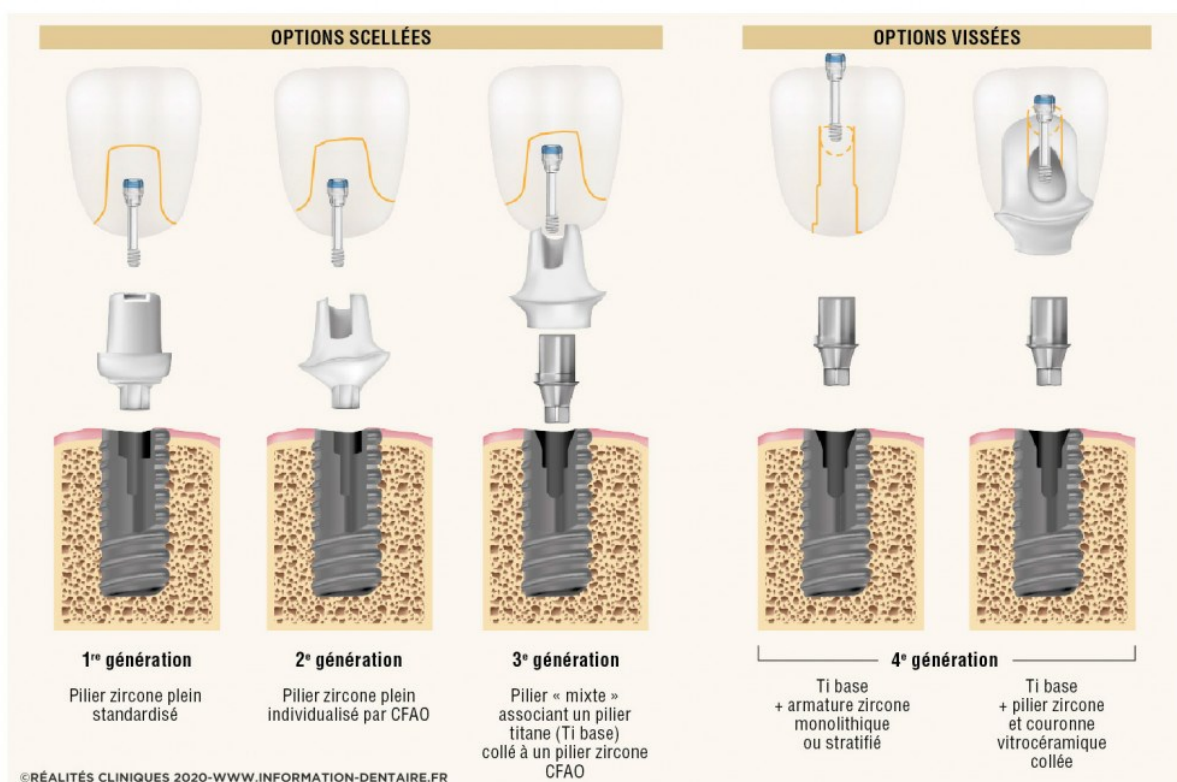


Figure 4 : Schéma des options d'assemblage implant/prothèse (12)

D. LE PILIER

Entre l'implant ostéo-intégré et la restauration prothétique, le pilier occupe une place centrale d'interface. En tant que liaison trans-gingivale, il soutient les tissus mous péri-implantaires et assure la stabilité mécanique de la superstructure. Un pilier peut donc être divisé en deux parties : une portion intra-implantaire permettant la liaison via une vis de serrage, et une portion trans-gingivale, support de la restauration prothétique (Figure 5).

La portion intra-implantaire est adaptée au système de l'implant avec une connexion interne ou externe. Le design du pilier doit respecter les critères biologiques et mécaniques avec un profil d'émergence semblable aux dents naturelles. Les piliers personnalisés permettent d'adapter les limites et la forme du pilier en comparaison avec les piliers standards ou préfabriqués. Les piliers préfabriqués sont une solution fiable et pratique, mais la technologie de CFAO peut être également bénéfique pour la conception de piliers entièrement individualisés pour obtenir un résultat esthétique des tissus mous (13).

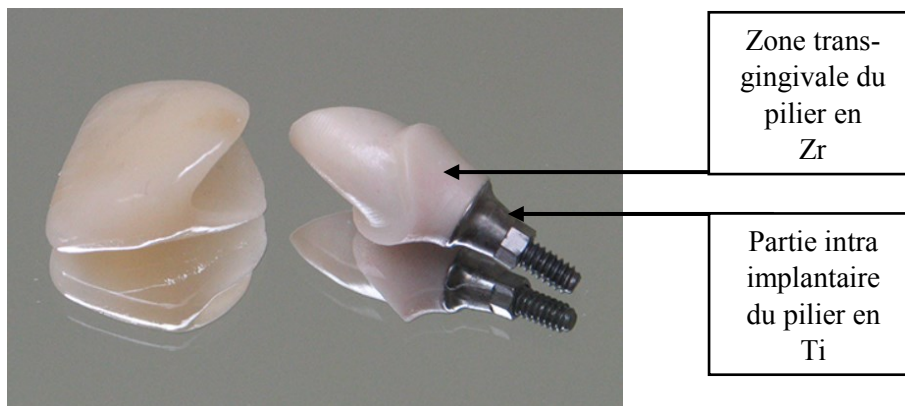


Figure 5 : Pilier Zr hybride et couronne en disilicate de lithium (14)

Les piliers sont appelés pilier Ti ou pilier Zr en fonction du matériau composant la zone trans-gingivale et prothétique du pilier. La partie intra implantaire du pilier où s'effectue la connexion est dans la majorité des cas en Ti, sauf pour les piliers en Zr monobloc.

Le matériau du pilier a toute son importance dans la stabilité du complexe implantaire. Dans le cas de système « scellé », le pilier va être en contact avec la muqueuse péri-implantaire et devra former une barrière protectrice contre les micro-organismes de la flore buccale. Son état de surface doit permettre aux cellules épithéliales d'adhérer tout en limitant l'accumulation de plaque. Le pilier doit également être capable de résister mécaniquement aux contraintes occlusales. De plus, la couleur du pilier peut avoir une influence sur la teinte de la muqueuse péri-implantaire et le résultat esthétique sur phénotype gingival fin.

II. ALLIAGES DE TITANE

Le Ti est le matériau de référence en implantologie. Il est utilisé depuis plusieurs décennies en raison de sa rigidité et de la maîtrise de sa mise en forme par usinage. S'il peut être pur ou allié pour les implants, pour des raisons de résistance biomécanique, il est allié en Ti de grade 5 (Ti-6Al-4V) dans les suprastructures (15).

Le Ti a pour avantage une grande résistance mécanique, un degré de corrosion extrêmement bas, ainsi qu'une capacité à obtenir une adhésion des tissus gingivaux. L'utilisation de pilier en Ti permet d'avoir une unicité de module de Young avec l'implant en Ti au niveau de la connexion, évitant ainsi une usure mécanique des dispositifs antirotationnels (16).

De nombreuses revues ont montré que l'utilisation de pilier en Ti était liée à des résultats satisfaisants et fiables (17,18). L'inconvénient principal est leur couleur sombre qui transparaît à travers les tissus mous, donnant un aspect gingival grisâtre inacceptable esthétiquement en secteur antérieur dans le cas de phénotype fin (19). La corrosion peut entraîner la création de zones grises au niveau gingival chez les patients présentant un parodonte fin ainsi qu'une ligne du sourire haute (20). Par ailleurs, la pose d'un implant en Ti chez un patient allergique au Nickel-Titane peut amener à des hypersensibilités et éventuellement une perte précoce d'ostéointégration (21). Enfin, le risque de présence de perturbateurs endocriniens, tel que le dioxyde de titane dont la littérature ne manque pas à ce sujet, alimente le scepticisme de nombreux patients, dont certains refusent la solution implantaire par crainte d'une dissolution de produits métalliques dans leur organisme (22).

La dyschromie inesthétique peut être en partie gommée par l'utilisation de piliers en Ti revêtus de nitrure ou anodisés, donnant une couleur d'un aspect doré ou rosé dans la portion trans-gingivale. L'anodisation est une oxydation anodique qui peut changer la couleur des alliages de Ti à différents voltages (Figure 6). Les résultats esthétiques obtenus avec le Ti sont améliorés, mais ne sont pas pour autant à la hauteur de ceux obtenus avec la Zr (23–25).



Figure 6 : Piliers Ti (de gauche à droite) : Ti anodisé rosé, Ti anodisé doré, Ti non modifié (25)

III. ALLIAGES PRÉCIEUX ET NON PRÉCIEUX

Utilisés pendant longtemps comme référence pour les piliers personnalisés, les matériaux précieux ont été de moins en moins utilisés en raison de leur manque de biocompatibilité et de leur coût élevé. Ces suprastructures de type UCLA sont apparues pour répondre à l'impossibilité d'adapter les piliers standards proposés par les fabricants d'implants. Les alliages d'or ou Au-Pd permettent de réaliser des rattrapages d'axe d'implant par technique de surcoulée (26).

Les études ont montré que les tissus mous ne créaient pas d'attache sur les alliages précieux et que cela pouvait aboutir à une migration apicale de la barrière épithélio-conjonctive et de l'os péri-implantaire (27).

Les alliages semi-précieux de type CoCr sont à éviter en tant que matériau des zones trans-gingivales du fait de l'absence d'adhésion des tissus mous sur ce type d'alliage. Le problème de ces matériaux est qu'ils se corrodent au fil du temps avec l'exposition à la salive et aux tissus péri-implantaires. La corrosion change la texture et la rugosité de surface, ce qui altère la biocompatibilité du matériau. Le CoCr a donc une utilisation réservée aux armatures prothétiques, dans une situation supra-gingivale (26).

IV. POLYMÈRES (PEEK/PEKK) ET RÉSINES

Les polymères de type PEEK et PEKK, ainsi que les résines composites ont été proposées comme matériau alternatif. Dans plusieurs études in vitro, les piliers en PEEK ont semblé aussi résistants que la Zr (28,29). Le PEEK peut également être un matériau de pilier sur les implants en Zr (30).

Un essai clinique randomisé a montré que les surfaces en résine composite présentaient une accumulation de plaque dentaire élevée, entraînant ainsi une inflammation accrue des muqueuses par rapport au Ti (31). Avec les piliers en résine, l'étendue de la zone de plaque se retrouve augmentée et le pilier devient moins biocompatible à long terme. Ces matériaux sont à réserver pour la réalisation de prothèses provisoires.

V. ALUMINE OU OXYDE D'ALUMINIUM

Les piliers en alumine, premiers piliers implantaires composés entièrement de céramique, ont été introduits en tant qu'alternatives esthétiques aux piliers Ti dans les années 1990 (5). Ce matériau présente de bonnes performances biologiques et esthétiques, mais possède un risque plus élevé de fracture au niveau de la connexion implant-pilier comparé à la Zr (32). Ces piliers en alumine ont été réservés aux restaurations antérieures du fait de leurs faibles propriétés mécaniques et ont été remplacés par les piliers en Zr.

VI. DISILICATE DE LITHIUM

Ce matériau est récemment devenu un matériau de choix pour les reconstitutions coronaires pour de nombreux cliniciens. Des structures de disilicate de lithium, produites par CFAO, sont utilisées comme couronne cosmétique sur les piliers implantaires en Zr (33). Le disilicate de lithium offre une résistance accrue pouvant résister aux charges occlusales. Cependant sa biocompatibilité est incertaine. Une étude in vitro suggère que le disilicate de lithium n'est pas biologiquement inerte et qu'il est plus cytotoxique que les composites (34). D'autres études ont montré que le polissage du disilicate de lithium permet aux tissus mous d'adhérer au matériau et d'améliorer sa biocompatibilité (35). Même si la biocompatibilité de ce matériau n'est pas au niveau de la Zr, son utilisation est possible si la surface du matériau a été polie. Après le glaçage, une étape de polissage de la portion sous-gingivale doit être effectuée (7).

VII. CÉRAMIQUES DE STRATIFICATION

Ces céramiques ne sont pas directement des matériaux du pilier implantaire, mais peuvent se retrouver en contact avec les muqueuses si la couronne implantaire est stratifiée comme une couronne céramo-métallique classique. Cependant, les céramiques de type feldspathiques sont à éviter dans la zone sous-gingivale. En effet, il a été rapporté qu'elles ne forment pas de liaison stable avec les tissus mous (27). Cela est probablement dû à leur rugosité de surface et à la difficulté d'assurer un polissage parfait. Ces céramiques sont donc peu propices à l'adhésion des cellules épithéliales et n'empêchent pas la fixation des bactéries sur sa surface. La réaction des tissus est peu favorable au contact de ce matériau faiblement biocompatible.

VIII. ZIRCONNE OU DIOXYDE DE ZIRCONIUM

C'est avec le Ti, le matériau le plus utilisé en implantologie grâce à ses excellentes propriétés :

- un état de surface favorisant l'intégration biologique.
- une couleur favorisant l'intégration esthétique.
- une bonne résistance biomécanique.
- une résistance à la corrosion et une faible conductivité thermique.

Structurellement, le dioxyde de zirconium est une céramique polycristalline étant l'un des matériaux les plus denses pouvant être utilisé en prothèse implantaire. Sa forme la plus utilisée est celle stabilisée par l'addition de 3% d'yttrium (3Y-TZP). Ses performances sont améliorées par sa capacité à limiter la propagation des fissures. C'est un matériau inerte et stable résistant à la corrosion, ne relarguant aucun élément qui pourrait être nocif pour les tissus. Sa dureté est aussi son inconvénient majeur. Son contact direct avec le Ti de l'implant au niveau du dispositif antirotationnel peut provoquer par frottement biomécanique une usure prématurée de l'implant (36). Il est donc préférable de concevoir des suprastructures en deux parties, une partie en Ti qui sera l'embase en contact avec l'implant dans la portion intra implantaire, et une partie émergente en Zr collée sur l'embase qui sera en contact avec les tissus gingivaux, formant ainsi un pilier hybride alliant les avantages de chaque matériau (37).

Il existe plusieurs raisons de choisir la Zr comme matériau trans-gingival des piliers implantaires, parmi lesquelles on retrouve la biocompatibilité, l'esthétique et la résistance mécanique.

L'avantage de la Zr est d'offrir de meilleurs résultats esthétiques, surtout sur phénotype gingival fin. Des revues systématiques ont conclu à une meilleure réponse en ce qui concerne la teinte de la muqueuse péri-implantaire sur les piliers Zr (38–40).

Certaines études affirment que la Zr est le matériau le plus biocompatible et serait donc préférable au Ti (41). On entend par biocompatibilité la capacité du matériau à coexister en harmonie avec l'environnement biologique. La Zr semble induire une réaction positive des tissus qui serait en lien avec de bons résultats cliniques (41). Ces avantages sont liés aux performances uniques de la Zr. Sa structure et son aptitude au polissage permettent une adhésion cellulaire de l'épithélium des tissus mous et une diminution de l'adhésion bactérienne.

A. PROPRIÉTÉS DE LA ZIRCONE

La Zr (dioxyde de zirconium, ZrO_2) est un matériau polymorphe qui se présente sous trois structures cristallines. À température ambiante, on trouve une structure monoclinique (m). Lorsqu'elle est chauffée au-dessus de 1170 °C, elle se transforme en un état tétragonal (t) avec une diminution du volume d'environ 5 %. Au-dessus de 2370 °C, la Zr se trouve à l'état cubique (c).

En ajoutant 2 à 3 % d'yttrium à la Zr, la structure tétragonale peut être stabilisée à température ambiante. Cependant, cet état est métastable. Par conséquent, à la surface des piliers en Zr, les phases monoclinique et tétragonale sont présentes. De plus, une transition de phase du tétragonal au monoclinique ($t \rightarrow m$) est induite par une contrainte mécanique. La transition de phase est associée à une augmentation de volume d'environ 5%. L'augmentation de volume entraîne une pression interne, ce qui ralentit la propagation des fissures et augmente la résistance et la ténacité du matériau (42).

En raison de l'expansion volumique, une pénétration d'eau peut également se produire, ce que l'on appelle le vieillissement hydrothermique ou la dégradation à basse température. Le traitement par sablage, ainsi qu'une augmentation du ratio de phase monoclinique, entraîne une plus grande susceptibilité à la dégradation à basse température de la Zr et donc une plus grande fragilité du matériau (43).

La Zr Y-TZP présente une résistance à la flexion comprise entre 900 et 1200 MPa et un module d'élasticité de Young de 210 GPa (44,45).

Les céramiques en Zr ont une radio-opacité élevée comparable à celle des alliages métalliques, permettant l'évaluation radiologique de l'adaptation marginale du pilier. La Zr a également un très faible coefficient de conductivité thermique.

B. CRITÈRES BIOLOGIQUES : BIOCOMPATIBILITÉ ET STABILITÉ PÉRI-IMPLANTAIRE

L'objectif est d'obtenir la garantie d'une stabilité tissulaire à long terme, en maintenant l'étanchéité péri-implantaire et en faisant entrer en jeu la biocompatibilité, l'adhésion cellulaire, et l'inhibition de la formation de biofilm autour des piliers implantaires.

La biocompatibilité des matériaux de piliers d'implants dentaires dépend de nombreux facteurs, notamment la nature du matériau, sa composition chimique, sa rugosité et sa texture de surface. Les facteurs d'intégration prothétiques se heurtent en permanence au fait que l'on intègre un système inerte dans un milieu biologique en évolution permanente.

L'exposition à long terme de la Zr permettrait une croissance des tissus péri-implantaires avec une adhésion de l'épithélium à la Zr diminuant le risque de contamination bactérienne. Les propriétés de ce matériau font de la Zr le matériau le plus biocompatible (41).

1 Aptitude au polissage et état de surface

D'après une étude comparant la capacité à obtenir une attache épithéliale sur différents matériaux de piliers implantaires (46), il est recommandé que tout pilier d'implant ait une surface lisse et hydrophile avec un angle de contact avec l'eau aussi petit que possible et une rugosité de surface inférieure à 0,2 μm . La Zr a obtenu des résultats d'attache épithéliale semblables au Ti avec un angle de contact avec l'eau de 57,3°. Cet angle représente l'aspect hydrophile du matériau. Plus l'angle de contact avec l'eau diminue, plus la mouillabilité augmente. D'après Kim et al. (47), l'adhésion et la prolifération des fibroblastes sont favorisées par une surface avec un angle de contact avec l'eau de 50-60°.

Les surfaces lisses de Zr sont favorables à la propagation et à la viabilité des fibroblastes gingivaux humains et peuvent donc améliorer la stabilisation initiale des tissus mous. Par conséquent, une topographie lisse présentant des grains en phase tétragonale est suggérée comme substrat optimal pour les fibroblastes gingivaux humains (48).

2 Traitement de surface

La mouillabilité à l'eau de la Zr diminue avec un stockage prolongé dans l'air puisque la phase monoclinique peut se former à la surface (49) et que du carbone vient s'y accumuler (48). Cette couche de carbone peut être décomposée par la lumière UV ou traitement thermique, ce qui augmente la mouillabilité de la surface et améliore l'adhésion cellulaire des tissus mous (50).

3 Formation d'une barrière épithéliale et profondeur de sondage

La muqueuse péri-implantaire va adhérer aux structures prothétiques et développer un joint entre les tissus et la restauration prothétique. Les propriétés de la Zr semblent pouvoir permettre à la muqueuse péri-implantaire de se développer ou d'augmenter, avec une meilleure adhérence des tissus sur la Zr comparé au Ti ou aux autres céramiques. L'étude réalisée par van Brakel et al. a relevé une profondeur de sondage significativement plus faible autour des piliers Zr que des piliers Ti (51).

Les résultats cliniques favorables obtenus avec la Zr sont dus à deux caractéristiques : la capacité des cellules épithéliales à adhérer à la Zr polie et les propriétés de la Zr qui empêchent la colonisation bactérienne de sa surface et l'accumulation de plaque.

Les cellules épithéliales ont des structures hémidesmosomiques qui entrent en contact avec la Zr polie ainsi que des protéines qui agissent comme une colle pour les tissus. Cet épithélium de jonction formant une barrière biomécanique épithéliale sur la Zr s'étend sur 2 mm, recouvrant le tissu conjonctif sous-jacent et allant jusqu'à environ 1 à 1,5 mm au-dessus de la crête alvéolaire (52). La barrière formée par l'épithélium jonctionnel dans cette zone d'adhérence protège les tissus conjonctifs sous-jacents et l'os crestal des agents pathogènes buccaux.

Lors du retrait d'une restauration implanto-portée transvissée, il est possible de retrouver des restes de tissus sur cette restauration. Ce sont en réalité des restes du tissu épithélial qui se sont détachés du tissu conjonctif et sont restés collés à la Zr. La portion de tissu conjonctif bordée par l'épithélium est riche en structures vasculaires et entraîne un saignement après rupture. La dépose peut donc parfois provoquer un saignement des tissus péri-implantaires. Ceci suggère que l'attache de l'épithélium à la Zr est si forte qu'elle peut provoquer son détachement du tissu conjonctif et montre à quel point la jonction entre l'épithélium et la surface de Zr polie est résistante (7).

Le tissu conjonctif se situant dans le premier millimètre au-dessus de l'os crestal est directement en contact avec le pilier, le plus souvent sur l'embase Ti, sans recouvrement épithélial. Cette portion de tissu conjonctif est essentielle car elle sert de base à l'adhésion des cellules épithéliales et permet la nutrition de ces dernières. L'épithélium et le tissu conjonctif assurent la formation du joint péri-implantaire avec des fonctions distinctes. Certaines études comparent les matériaux en termes d'attachement/prolifération des fibroblastes HGF-1 et d'accumulation de la plaque influencés par la rugosité de surface et la mouillabilité du matériau.

La Zr a été rapportée comme le matériau le plus approprié pour la prolifération des fibroblastes (53–55).

La mesure de l'attache formée autour de la restauration prothétique se fait par mesure de la profondeur de sondage. Une profondeur de sondage élevée est signe d'une perte d'attache. Cette mesure est nommée « *Probing Pocket Depth* » (PPD) dans les études scientifiques. Il est important de savoir que l'étanchéité créée par l'attache supracrestale peut être altérée lors du sondage péri-implantaire.

4 Accumulation de plaque et saignement au sondage

En provoquant une interaction inflammatoire avec l'hôte, le biofilm bactérien oral est la principale cause de parodontite et de péri-implantite. Il déclenche une réaction immunologique de l'hôte.

Comme nous l'avons vu dans la partie « état de surface », l'énergie de surface de la Zr est très faible, ce qui conduit à une accumulation moindre de plaque bactérienne comparé aux autres matériaux (56,57). Un protocole de polissage séquentiel jusqu'aux pointes de polissage les plus fines minimise l'adhésion bactérienne aux surfaces des piliers Zr (58). La rugosité de la surface influence la croissance des bactéries, et moins de bactéries sont détectées sur les surfaces les plus lisses (59). De plus, le tissu est en contact étroit avec la surface de la Zr et protège le complexe implantaire des invasions bactériennes.

La mesure de l'accumulation de plaque se fait visuellement et par passage d'une sonde sur la zone étudiée. Mombelli et al. (60) ont proposé une échelle nommée « *modified Plaque Index* » (mPII) avec un score allant de 0 à 3. D'autres indices sont disponibles comme le « *Plaque Control Record* » (PCR) ou le « *Plaque index* » (PI).

Lors de la mesure de la profondeur de sondage, il faut également relever si un saignement a été associé. Ceci est le signe d'une inflammation localisée des tissus mous ou bien d'un sondage trop invasif. Dans les études, le taux de saignement est relevé et exprimé avec l'indice « *Bleeding On Probing* » (BOP). L'indice nommé « *modified sulcus Bleeding Index* » (mBI) a été proposé par Mombelli et al (60) avec un score allant de 0 à 3 pour quantifier le taux de saignement au sondage.

5 Stabilité osseuse

La longévité de toute restauration prothétique dépend de la réponse tissulaire qu'elle génère en bouche. La restauration et l'environnement buccal sont en synchronie pour faciliter son bon fonctionnement et prévenir l'échec. La perte osseuse péri-implantaire est une complication courante conduisant à un échec ultérieur de l'implant. L'une des conditions idéales d'un matériau de pilier est de maintenir les niveaux osseux marginaux.

La surface lisse de la Zr est un substrat idéal pour les cellules épithéliales qui forment un véritable joint périphérique protecteur. Cette barrière biomécanique, ainsi que la biocompatibilité de la Zr, sont favorables au maintien de la stabilité osseuse. La Zr a une capacité à influencer sur la position verticale des tissus péri-implantaires, permettant même parfois une croissance de ces derniers (7).

Le niveau osseux est évalué cliniquement lors des clichés radiologiques rétroalvéolaires. Une radioclarité cratériforme peut être le signe d'un échec secondaire lié à une péri-implantite ou à une surcharge occlusale. Selon Albrektsson et al. (61), un des critères du succès implantaire est d'avoir moins de 1,5 mm de perte osseuse pendant la première année puis moins de 0,2 mm de perte osseuse par an.

C. CRITÈRES ESTHÉTIQUES : INTÉGRATION ESTHÉTIQUE

En dehors de bons taux de survie, les facteurs esthétiques sont également importants pour le succès des réhabilitations implantaire.

1 Décoloration gingivale

Bien que située sous le rebord gingival, la teinte du pilier peut aussi avoir son importance, notamment sur phénotype gingival fin. L'épaisseur gingivale dans le sens vestibulolingual est un élément déterminant pour masquer la teinte du pilier. Un minimum de 2 mm est nécessaire pour masquer la teinte du pilier sous-jacent.(62–64). L'influence du pilier sur la couleur gingivale péri-implantaire peut être mesurée par spectrophotométrie avec le calcul d'une valeur ΔE qui relève la différence de couleur de la zone testée comparé à une zone contrôle.

Il est également possible de modifier les piliers en Zr dans la zone sous-gingivale de jonction pilier-couronne par montage de céramique rose ou fluorescente (65). Les couches fluorescentes de céramique améliorent la transmission de la lumière à partir de la couronne dans le pilier, donnant à la muqueuse péri-implantaire une apparence plus naturelle. Elles rendent également impossible de distinguer visuellement les limites entre la couronne et le pilier, ce qui permet de réduire les conséquences esthétiques de la récession gingivale qui pourrait survenir. Pour éviter les conséquences biologiques, la couche fluorescente ne doit cependant pas s'étendre trop en direction apicale et doit présenter un état de surface le plus homogène et lisse possible (7).

2 Stabilité des papilles et récession

Un résultat esthétique est basé sur l'alignement des collets, la texture et le volume de gencive kératinisée, ainsi que la présence de papilles. La stabilité des tissus péri-implantaires est donc associée à un résultat esthétique satisfaisant. Le choix d'un matériau du pilier biocompatible est alors essentiel. La hauteur des papilles proximales, avec des mesures directes ou en utilisant le « *Papilla Index* » décrit par Jemt (66), ainsi que la mesure de la récession gingivale (REC), sont relevées dans les études cliniques pour décrire la stabilité des tissus mous sur le plan esthétique et biologique (40).

3 Indices esthétiques utilisés

Plusieurs indices esthétiques sont disponibles pour quantifier les résultats esthétiques d'une restauration implantaire :

- le *Copenhagen Index Score* (CIS) : indice regroupant décoloration des muqueuses, morphologie de la couronne, couleur de la couronne, symétrie et harmonie, hauteur de papille mésiale et distale avec un score de 1 à 4 pour chaque paramètre selon Dueled et al. (67) et Hosseini et al. (68).
- le *Pink Esthetic Score* (PES) : indice focalisé sur les tissus mous et basé sur sept critères : papille mésiale, papille distale, niveau de la gencive marginale, contour des tissus marginaux, contour du procès alvéolaire, couleur des tissus mous, texture des tissus mous. Chaque variable est évaluée par un score de 0-1-2 selon Fürhauser et al. (69).
- le *White Esthetic Score* (WES) : indice focalisé sur la couronne et basé sur cinq critères : forme globale, ligne de plus grand contour et volume de la couronne clinique, couleur (incluant teinte et saturation), texture de surface, translucidité et caractérisation. Avec également un score de 0-1-2 pour chaque critère selon Belser et al. (70).

La satisfaction du patient peut aussi être prise en compte et relevée par le biais de questionnaires. Le questionnaire OHIP-49 est un questionnaire d'auto-évaluation utilisé dans certaines études, il porte principalement sur les effets généraux liés à la santé bucco-dentaire. Les réponses aux questions 3, 4, 20, 22, 31 et 38 du questionnaire sont utilisées pour décrire le résultat esthétique selon le point de vue du patient (67). Les résultats rapportés par les patients sont importants pour connaître l'impact des restaurations sur la qualité de vie des patients.

4 Choix du système prothétique

a Portion supra-gingivale de la restauration prothétique

La zone supra-gingivale de la restauration prothétique est celle qui importe le plus pour le patient.

Les matériaux utilisés en supra-gingival en association avec la Zr peuvent être :

- la céramique feldspathique
- le disilicate de lithium (Figure 7)
- la Zr monolithique



Figure 7 : Pilier molaire en Zr personnalisé et couronne en disilicate de lithium (71)

Lors d'application de céramique stratifiée sur la Zr, des fractures adhésives ou coadhésives peuvent se produire. La fracture adhésive est une fracture qui découvre l'armature, alors qu'une fracture coadhésive se produit au sein du matériau de recouvrement sans impliquer l'armature (72). Ces complications sont également appelées « *chipping* ». Il est cliniquement prouvé que les céramiques stratifiées sur une armature en Zr sont moins résistantes que les céramiques montées sur une armature métallique. Plusieurs études ont relevé un taux plus élevé de *chipping* des restaurations sur infrastructure en Zr comparé aux restaurations céramométalliques (73,74). Ce phénomène peut être expliqué par le faible potentiel d'adhésion des armatures en Zr.

D'un point de vue mécanique, les restaurations sur Zr sont moins performantes que sur le métal. Un choix entre biocompatibilité et résistance mécanique, avec respectivement des armatures en Zr ou en métal, est à faire pour les restaurations en secteur postérieur. Pour la zone antérieure, le matériau le plus esthétique reste la céramique feldspathique. Cette zone n'est pas soumise aux mêmes charges qu'en postérieur. La stratification de céramiques feldspathiques sur pilier Zr peut donc tout à fait être réalisée.

Une solution possible pour limiter les complications de *chipping* est d'utiliser la Zr comme matériau monolithique plutôt que d'avoir un recouvrement par des céramiques feldspathiques traditionnelles. Ces restaurations sont solidarées sur un Ti-base pour améliorer leurs propriétés mécaniques (75,76). La restauration en Zr monolithique aura sa portion sous-gingivale polie et sa portion supra-gingivale glacée et maquillée à des fins esthétiques.

Le disilicate de lithium est une céramique vitreuse qui présente une résistance élevée à la flexion et à la rupture tout en étant moins rigide et cassante que la Zr. Elle est caractérisée par une translucidité élevée qui permet de réaliser des restaurations esthétiques. La combinaison de la Zr en sous-gingival et du disilicate de lithium en supra-gingival peut constituer un traitement adapté à la plupart des situations cliniques. Cette approche allie biocompatibilité, esthétique, résistance mécanique et respect de la fonction d'occlusion.

b Joint de scellement : situation de la limite pilier-couronne

Le positionnement sous-gingival fréquent du joint avec la restauration est une des raisons pour lesquelles on peut retrouver des fragments de ciment au niveau des muqueuses. Selon Belser et al. (77), le joint doit se situer 1 à 2 mm en sous-gingival. Cette recommandation est toujours une référence pour de nombreux praticiens. Cette pratique a un objectif esthétique, en cachant le joint pilier-couronne et en anticipant une éventuelle récession des tissus péri-implantaires. L'esthétique est privilégiée mais un joint sous-gingival peut entraîner une élimination incomplète de ciment et développer par conséquent une inflammation pouvant amener à une péri-implantite iatrogène.

Avec un joint de ciment qui coïncide avec le rebord du profil d'émergence, les piliers personnalisés ne présentent pas de contre dépouille et permettent l'éviction des restes de ciment. De plus, le joint étant juxta ou supra-gingival, les tissus mous péri-implantaires sont soutenus par le matériau du pilier qui est biocompatible, et non par la couronne, qui est généralement recouverte de céramique esthétique.

c Joint entre embase Ti et portion trans-gingivale en Zr du pilier : hauteur de l'embase Ti

Les fabricants proposent différentes hauteurs gingivales pour les embases Ti, rendant la réalisation prothétique plus flexible (Figure 8). La hauteur doit être choisie en fonction de l'enfouissement de l'implant et de l'épaisseur des tissus mous environnants. Le but étant d'obtenir un contact de l'embase Ti avec l'os si l'implant est enfoui, et que le joint entre l'embase Ti et la suprastructure du pilier en Zr soit au-dessus du niveau osseux, laissant ainsi les tissus mous en contact avec la Zr. Les données d'enfouissement de l'implant devront être fournies au prothésiste car le modèle de travail seul ne lui permettra pas de visualiser les rapports entre l'implant et la crête.

Dans le cas des implants juxta-crestal, seuls les tissus mous vont dicter notre choix. Une embase Ti de hauteur plus importante pourra être utilisée si la hauteur des tissus mous verticaux est importante (supérieur à 5mm).



Figure 8 : Exemple de trois hauteurs gingivales disponibles pour l'embase Ti (78)

D. CRITÈRES BIOMÉCANIQUES : PROPRIÉTÉS MÉCANIQUES

1 Concept de pilier hybride en 2 pièces

Afin de faire face aux éventuelles fractures du pilier en Zr monobloc, observées en particulier au niveau de la connexion des implants de faible diamètre (79) et attribuées à la différence d'élasticité entre le Ti et la Zr, une approche bi-composante composée d'un pilier en Zr collé sur une base en Ti pour la connexion a été développée (Figure 9). La Zr est alors utilisée comme une superstructure sur l'embase en Ti permettant la liaison avec l'implant. Ce mode d'assemblage permet de réaliser aussi bien des couronnes vissées que scellées en conservant l'intérêt du comportement optique de la Zr.

L'embase en Ti permet d'obtenir une meilleure résistance à la fracture de piliers Zr hybrides comparé aux piliers entièrement en Zr (80,81). De plus, en cas de fracture de la Zr du pilier, le Ti-base maintient le trait de fracture du pilier en Zr éloigné de la plate-forme de l'implant, protégeant ainsi la connexion implantaire (82).

Une étude rétrospective sur une moyenne de 6,6 ans des restaurations sur pilier Zr hybride avec Ti-base a relevé d'excellents résultats à long terme en région antérieure et prémolaire. Cependant les restaurations postérieures ont rencontré un taux de fracture élevé, ce qui montre les limites de ces piliers dans les secteurs à forte contrainte (83). D'autres études ont conclu que les piliers en Zr hybride présentaient une résistance similaire à celle des piliers en Ti en une seule partie (84,85).

La dureté excessive des piliers en Zr monobloc par rapport au Ti qui constitue l'implant entraîne une usure à l'interface pilier-implant plus importante qu'avec des piliers Ti (16). Ce phénomène d'usure par frottement peut libérer des particules des composants implantaires et affecter les tissus péri-implantaires.

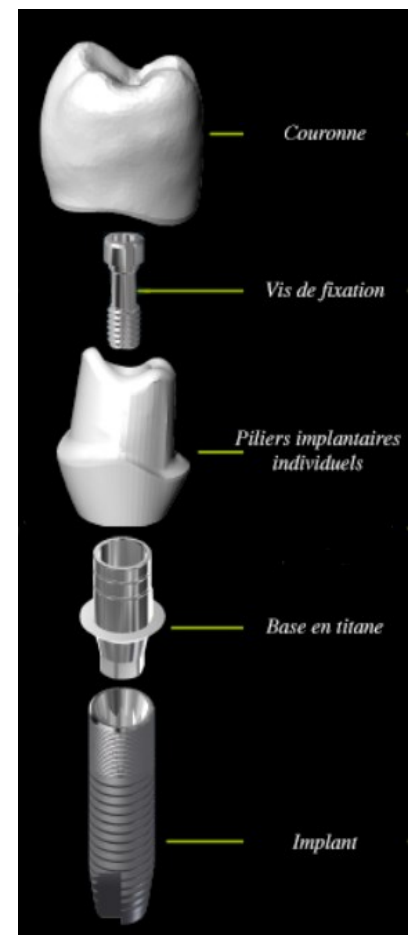


Figure 9 :
Composants du complexe
implantaire avec un pilier
Zr sur embase Ti (86)

2 Stabilité mécanique et résistance à la fracture

Malgré un module d'élasticité autorisant une légère déformation avant rupture, la Zr reste un matériau très fragile, et les contraintes infligées par la mastication peuvent amener des fractures.

Parmi les piliers en Zr, des études in vitro ont montré que les piliers hybrides avec deux composants, c'est-à-dire un partie en Zr montée sur une embase Ti, ont une meilleure stabilité avec une résistance à la fracture plus élevée que les piliers en Zr monobloc (87).

Il est intéressant de constater qu'une revue systématique d'études cliniques réalisée en 2009 ne rapporte pas de résultats statistiquement différents à propos du taux de survie des piliers en métal et en céramique (4). De plus, dans certaines études cliniques, aucune différence n'a été mise en évidence entre les matériaux en postérieur pour la restauration des molaires et prémolaires (88).

Il est également important de respecter une épaisseur minimale de matériau dans l'élaboration des piliers Zr. Selon une étude in vitro, une épaisseur minimale de 0,5 mm est nécessaire pour résister aux forces des contraintes occlusales (89). De plus, les piliers en Zr monobloc qui restaurent des couronnes unitaires sur des implants de diamètre étroit présentent un taux de fracture plus élevé que ceux qui restaurent des implants de diamètre normal (90).

3 Rétention : potentiel d'adhésion des structures Zr

Dans les piliers personnalisés en Zr hybride avec une embase en Ti, un lien par collage entre la structure en Zr et l'embase en Ti doit être établi. Des procédures simples et fiables de collage du Ti et de la Zr sont nécessaires pour garantir un faible taux d'échec de ces restaurations. Les forces de décollement de ce collage ont été étudiées et dépassent les forces les plus importantes attendues en clinique. Le lien est plus important avec un diamètre de plateforme d'implant plus grand et avec l'utilisation supplémentaire d'agents de couplage (91).

Un agent de collage à base de résine, type Panavia, Multilink ou RelyX, a une meilleure stabilité adhésive lors du collage de la Zr sur le Ti-base comparé aux verres ionomères modifiés par adjonction de résine (92). Lors de la conception en CFAO de la structure en Zr à coller sur le Ti-base, un espace de collage de 60 µm doit être laissé (93). Un protocole de sablage avec de l'alumine 50 µm à 2,5 bar est utilisé pour le traitement de surface de la Zr.

Le traitement de surface des piliers implantaire avec un adhésif dentinaire universel contenant du 10-MDP augmente la résistance au cisaillement et la force d'adhésion d'un ciment résine auto-adhésif (94).

Pour ce qui est du scellement de la couronne sur le pilier en Zr, le matériau du pilier n'affecte pas les valeurs de rétention. La rétention dépend simplement du type de ciment utilisé (95).

4 Absorption et distribution des contraintes sur les structures environnantes

Selon une étude par méthode des éléments finis en 3D, les piliers droits génèrent une contrainte plus uniforme et minimale dans l'implant et l'os péri-implantaire que les piliers angulés. Les contraintes générées sont directement proportionnelles à une augmentation de l'angulation du pilier, et par conséquent, les piliers droits sont les plus appropriés pour une transmission favorable des contraintes (96). La même étude a rapporté que les piliers en Ti avaient généré des niveaux de contrainte plus élevés que les piliers en Zr hybrides.

Le concept de *platform switching* permet une meilleure répartition des contraintes sur l'os crestral autour des restaurations implanto-portées (97).

5 Usure, corrosion, fatigue à long terme

Les piliers en Zr sont susceptibles d'être confrontés au phénomène de dégradation à basse température. Les céramiques Zr Y-TZP subissent une transformation lente de phase tétragonale en phase monoclinique stable en présence d'humidité. Un stress va provoquer un changement de volume en surface et une infiltration de molécules d'eau entre les grains. Ce processus s'initie de la surface vers l'intérieur et entraîne éventuellement une altération des propriétés mécaniques du matériau au fil du temps. Cela a pour conséquence d'augmenter le risque de fracture dans les cas où le taux de phase monoclinique devient supérieur à 50% (98).

Une étude récente publiée en 2021 sur le phénomène de dégradation à basse température des Zr monolithiques Y-TZP (99) a relevé la présence du phénomène dès 6 mois après la pose en bouche des prothèses en Zr. La dégradation a augmenté au fil du temps pendant les 2 ans de recherche. L'impact clinique de la dégradation à basse température de la Zr est peu clair et d'autres études à plus long terme doivent être réalisées pour le préciser (Figure 10).

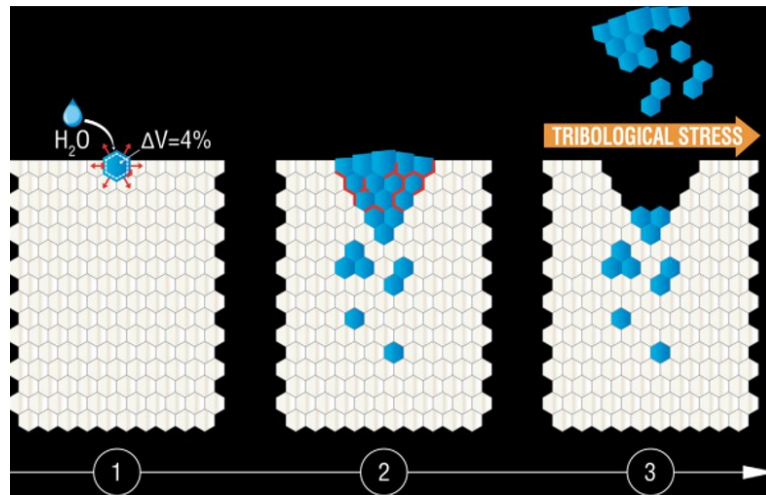


Figure 10 : Schéma illustrant le phénomène de dégradation à basse température en présence de contraintes mécaniques, caractérisé par un arrachement d'un amas de grains transformés (99)

La dégradation des éléments du pilier est causée par une interaction combinée d'usure et de corrosion. La tribocorrosion induit une perte de volume en surface du matériau utilisé. La Zr a démontré une résistance à la corrosion plus élevée que le Ti en tant que pilier implantaire dans une étude in vitro (100).

E. COMPLICATIONS ET TAUX DE SURVIE

Le succès d'une restauration implantaire est le résultat de l'équilibre entre le système implanté, les structures biologiques de l'environnement oral et le comportement biologique du patient. A long terme, il dépend du maintien de l'ostéointégration, de la capacité des tissus péri-implantaires à former une barrière autour du pilier et du maintien de cette barrière dans le temps.

Le matériau du pilier peut être un cofacteur à l'apparition d'une complication tardive du système implantaire. La perte de l'équilibre biomécanique par surcharge occlusale ou un changement dans l'équilibre hôte-parasite par infection bactérienne sont les principales étiologies des complications implantaires.

1 Techniques/Mécaniques

a *Fracture du pilier implantaire*

La fracture d'un pilier Zr est tout aussi dommageable pour le patient que le praticien, étant donné que la prothèse doit être fabriquée à nouveau. La localisation (antérieur vs postérieur), la dimension verticale (couronne plus ou moins longue) et d'autres risques (sport de contact, bruxisme) doivent faire partie des considérations dans le choix du pilier pour limiter le risque de fracture.

b *Vis de pilier dévissée*

C'est la complication prothétique la plus souvent rencontrée. L'inconvénient est que la restauration doit être déposée puis revissée sur l'implant. Ceci amène à une perte d'étanchéité au niveau du joint implant-pilier pouvant amener une infiltration intra-implantaire de micro-organismes de la flore buccale. L'attache épithéliale et la barrière de tissus mous formées sur la partie en Zr du pilier vont également être rompues et devront se reformer. Il est important de suivre les recommandations des fabricants sur les valeurs de couple de vissage. La vis doit aussi être serrée à nouveau 10 minutes après le premier vissage. Idéalement, l'ancienne vis est remplacée par une vis neuve en cas de vis dévissée.

c *Fracture de vis du pilier*

Cette complication est souvent la conséquence de la réutilisation de vis déjà utilisées en laboratoire ou lors d'essais cliniques, ou bien à un couple de serrage trop élevé. La dépose des fragments de vis doit être réalisée selon différentes techniques, plus ou moins avec l'utilisation de kit de dépose de vis des fabricants, sans endommager la connexion implantaire.

d Perte de rétention

Comme pour la prothèse fixe conventionnelle, il est possible d'avoir une perte de rétention de la couronne. L'utilisation de ciments solubles dans les restaurations implantaire scellées peut augmenter la survenue de ces complications.

e Ecaillage et fracture de la céramique

Les prothèses implanto-portées, tout comme les prothèses dento-portées, sont sujettes à des *chipping* de leur céramique. Cependant, une méta-analyse a relevé des cas de *chipping* trois fois plus fréquemment sur les prothèses implanto-portées comparé à celles dento-portées (2). Une proprioception diminuée et une rigidité par mobilité réduite de l'implant pourrait expliquer cette différence.

f Excès de ciment (101,102)

Plusieurs scénarios sont possibles quand les restes de ciment ne sont pas éliminés du sulcus. Tout comme le tartre peut être considéré comme un facteur prédisposant à la parodontite, les restes de ciment peuvent constituer un facteur prédisposant à la péri-implantite.

Lorsque les résidus de ciment sont proches de l'os, une péri-implantite aiguë peut se produire. Les résidus présents dans le sulcus peuvent produire une inflammation locale, appelée mucosite, favorisant l'apparition d'une péri-implantite retardée, surtout chez un patient avec des antécédents de parodontite. Inversement, chez les patients sans antécédent de maladie parodontale, les résidus peuvent générer une pathologie péri-implantaire moins sévère ou même aucune pathologie.

Pour réduire les résidus de ciment, il est recommandé d'utiliser :

- des piliers personnalisés sans contre dépouille (103) avec un joint de scellement juxta ou supra-gingival (104,105), et retirer soigneusement les excès à la sonde et au fil dentaire.
- du ciment temporaire qui est soluble (106) sur les piliers standards. Le ciment se dissout et peut être éliminé, mais en contrepartie cela peut générer des problèmes de rétention de la restauration.
- moins de ciment pour limiter les excès.
- un fil rétracteur ou une digue en latex pour empêcher le passage du ciment dans les tissus péri-implantaires.
- différentes techniques de mise en place du ciment : insertion de la couronne sur une réplique du pilier avant la pose en bouche.
- un système transvissé supprime bien entendu tout problème lié aux résidus de ciment.

2 Biologiques

a Mucosite et péri-implantite

Les principaux facteurs de déclenchement de ces complications sont une hygiène orale insuffisante, un antécédent de maladie parodontale (107), un diabète ou la consommation d'alcool et de tabac.

Le rôle majeur des bactéries dans les lésions péri-implantaires est confirmé par des analyses microscopiques d'échantillons prélevés autour de différents implants présentant des lésions infectieuses (108). Dans les sites présentant des péri-implantites, la densité de bactéries est plus élevée en comparaison avec les sites péri-implantaires sains.

Un matériau comme la Zr, utilisé dans la portion sous-gingivale, doit permettre de diminuer l'accumulation de plaque et la densité de bactéries. Ceci pourrait permettre de réduire la prévalence de ce type de complication biologique. Une conception prothétique facilitant le nettoyage des structures ainsi qu'une bonne coopération du patient à propos de son hygiène bucco-dentaire sont également des éléments clés.

b Perte osseuse

Une perte osseuse autour de l'implant peut être provoquée par un traumatisme chirurgical, une péri-implantite, la présence d'un micro-hiatus entre l'implant et le pilier, une surcharge occlusale ainsi que le remodelage osseux pour l'établissement d'un espace biologique péri-implantaire (109).

c Allergies

Les allergies causées par les métaux sont courantes dans la population (10 à 15%). Elles concernent principalement le chrome, le cobalt, et le nickel. Il va donc falloir prendre en compte ce paramètre lors de l'utilisation de piliers coulés. Les céramiques comme la Zr ne sont pas concernées par ce phénomène.

3 Esthétiques

Échec esthétique

La restauration implantaire a pour objectif de reproduire de façon biomimétique la dent naturelle. Cependant le résultat esthétique final ne satisfait pas toujours les attentes du patient et du praticien. Cela arrive principalement par une mauvaise gestion des tissus mous avec l'absence de papille, un mauvais alignement des collets, mais aussi lors du choix d'un matériau de pilier ne correspondant pas à la situation clinique. L'échec esthétique peut vite arriver avec un pilier Ti visible par transparence sur phénotype fin en antérieur, ou si une récession laisse apparaître la couleur métallique du pilier. L'utilisation de pilier Zr limite ces phénomènes de par sa couleur blanche proche de la couleur naturelle de la dent, et limite aussi le phénomène de récession gingivale de par sa biocompatibilité. Cependant des cas de « tatouages » gingivaux ont été rapportés avec l'utilisation de pilier en Zr monobloc (110,111). L'usure du Ti au niveau de la connexion implantaire en contact avec le pilier Zr monobloc plus dur peut libérer des particules de Ti qui vont décolorer les tissus adjacents.

Lors de l'évaluation du résultat esthétique avec le score PES, une valeur totale inférieure à 6 est signe d'un échec esthétique.

4 Taux de survie

-Le taux de "succès" est défini par le pourcentage de restaurations qui sont restées in situ sans aucune modification.

-Le taux de "survie" est défini par le pourcentage de restaurations qui sont restées in situ avec des modifications mais toujours acceptables cliniquement.

-Le taux d'"échec" est défini par le pourcentage de restaurations qui ont dû être remplacées.

Le taux de survie est relevé pour connaître la fiabilité et la stabilité des matériaux sur une période donnée. Quelques études à long terme ont relevé les taux de survie des piliers Zr. Une étude sur 5 ans des piliers positionnés en antérieur sur implant étroit a relevé un taux de survie de 100% (112). Une autre étude a rapporté un taux de survie de 96,3 % pour des piliers Zr, au niveau des incisives et prémolaires, après un suivi moyen de 11,3 ans (113).

PARTIE 2 : FIABILITÉ À MOYEN/LONG TERME DES PILIERES Zr COMPARÉ AU Ti : REVUE SYSTÉMATIQUE DE LA LITTÉRATURE

I. CONTEXTE ET PERTINENCE DE LA REVUE

Le pilier implantaire est un élément clef de la restauration prothétique sur implant. Comme décrit dans la première partie de ce travail, il peut être scindé en deux : une portion intra-implantaire permettant la liaison via une vis de serrage, et une portion trans-gingivale support de la restauration prothétique. Les piliers seront appelés piliers Ti ou piliers Zr en fonction du matériau composant la zone trans-gingivale du pilier. La partie intra implantaire du pilier où s'effectue la connexion est en Zr uniquement dans le cas des piliers Zr monobloc.

Les piliers implantaires en Zr constituent une alternative aux piliers métalliques en raison des propriétés mécaniques supérieures de ce matériau par rapport aux autres céramiques.

Les taux de survie estimés à 5 ans ne diffèrent pas significativement entre les piliers en céramique et les piliers métalliques, selon une étude systématique de 2014 (17).

On connaît les propriétés et capacités de la Zr en tant que pilier des prothèses sur implant, notamment ses performances en termes de biocompatibilité et d'esthétique qui semblent supérieures à celles du Ti. Cependant ces connaissances s'appuient sur des études in vitro ou bien cliniques avec peu de suivi dans le temps.

Les propriétés mécaniques des céramiques, telles que leur fragilité et le phénomène de dégradation à basse température, émettent un doute sur la survie à long terme des piliers Zr. En effet, lorsque des piliers Zr ont été exposés à un vieillissement simulé de 10 ans, leur résistance à la rupture a diminué de 50% (114). Ainsi, les excellentes propriétés mécaniques de la Zr pourraient être réduites avec le temps, ce qui pourrait provoquer des fractures sur le plan clinique.

Cette revue systématique vise à relever les performances cliniques des piliers en Zr et en Ti, sur le moyen et long terme, dans le but de préciser l'indication de la Zr comme matériau sous-gingival des piliers des prothèses sur implant.

II. OBJECTIFS DE L'ÉTUDE

Dans cette étude, nous nous sommes concentrés sur les études ayant pour but de comparer directement la Zr et le Ti en tant que matériau du pilier implantaire. Les études incluses avaient un minimum de suivi de 2 ans et ont permis d'obtenir un recul à moyen terme sur la fiabilité des piliers Zr et Ti.

L'objectif de l'étude était :

- d'évaluer les performances cliniques, en termes de résultat biologique et esthétique des piliers Zr comparé au Ti sur le moyen/long terme.
- de comparer le taux de survie et de complication avec les deux types de matériaux.

Selon les critères PICOS, notre question de recherche était la suivante : Chez les patients adultes nécessitant une prothèse sur implant unitaire, l'utilisation de la Zr comme matériau de pilier de prothèse fixé sur implant permet-elle d'obtenir de meilleurs résultats cliniques que les piliers Ti sur le moyen/long terme ?

Obtient-on des différences de survie et de performances au niveau des résultats biologiques et esthétiques selon le type de matériau utilisé ?

Avec :

-Population / Patient (P) : ensemble des adultes avec un édentement partiel restauré par une couronne sur implant.

-Intervention (I) : utilisation de piliers Zr.

-Comparaison (C) : utilisation de piliers Ti.

-Outcomes / Paramètres (O) : mesure des indices esthétiques, biologiques et taux de survie.

-Study design / type d'étude (S) : études cliniques contrôlées prospectives et essais cliniques contrôlés randomisés.

III. MATÉRIELS ET MÉTHODES

Cette revue systématique de la littérature a été réalisée en suivant la méthode Proposed Reporting Items Systematic Reviews and Meta-Analysis (PRISMA) (115).

A. CRITÈRES D'ÉLIGIBILITÉ

-Type d'étude : Les articles sélectionnés étaient des études interventionnelles comparatives, c'est-à-dire des essais cliniques comparatifs contrôlés randomisés ou non randomisés.

Les études expérimentales in vitro, les études rétrospectives, les revues systématiques de la littérature, les méta-analyses, les études descriptives, les enquêtes, les guides d'expert et les articles de discussion n'ont pas été inclus.

Aucune restriction de langue ou d'année de publication n'a été posée.

-Population : Nous nous sommes concentrés sur la population susceptible de porter des piliers de prothèse sur implant. Il s'agit exclusivement d'une population adulte.

Toutes les études réalisées chez l'animal ou traitant de mini implants orthodontiques chez l'enfant ont été rejetées.

La population cible de notre étude correspondait donc aux adultes présentant un édentement unitaire qui a été traité par la mise en place d'une prothèse fixée unitaire implanto-portée.

Les patients inclus dans les études devaient aussi présenter un bon état de santé générale.

Les articles ont été sélectionnés selon les critères suivants :

-Critères d'inclusion :

-Types d'études : essais comparatifs, essais cliniques contrôlés randomisés (RCT) ou études cliniques non randomisées prospectives.

-Population : patients adultes en bonne santé générale avec un édentement unitaire.

-Études comparant l'utilisation de la Zr et du Ti en tant que pilier de prothèse fixe sur implant.

-Suivi minimum de 2 ans.

-Mesure d'au moins une des données recherchées (résultats esthétiques, biologiques, complications, taux de survie).

-Critères d'exclusion :

- Études chez l'animal, études in vitro, études rétrospectives, études par méthode des éléments finis en 3D, revues de la littérature, les méta-analyses, les études descriptives, les enquêtes, les guides d'expert et les articles de discussion.
- Aucun détail sur le type de matériau utilisé pour le pilier.
- Etudes concernant un seul type de matériau et donc sans comparaison Zr/Ti.
- Suivi inférieur à 2 ans.
- Articles non disponibles en texte intégral dans les réseaux de bibliothèques universitaires et sur les bases de données étudiées.
- Articles rétractés par le rédacteur en chef du journal.

B. SOURCES D'INFORMATION

La recherche documentaire électronique a été effectuée sur les bases de données Pubmed, Dentistry and Oral Science Source (DOSS) et Scopus en suivant une combinaison de mots-clefs.

C. STRATÉGIE DE RECHERCHE

Pour établir le paradigme de recherche, l'ensemble des mots-clefs suivant ont été relevés :

- Dental abutments
- Framework
- Dental implants
- Zirconia
- Zirconium oxide
- Titanium

Ils ont été ensuite combinés à des opérateurs booléens afin d'obtenir l'équation de recherche suivante :

(zirconium[title/abstract] OR zirconia[title/abstract] OR Y-TZP[title/abstract]) AND titanium[title/abstract] AND (abutment*[title/abstract] OR framework*[title/abstract])

D. EXTRACTION DES DONNÉES

Le tri des articles a été effectué librement par une personne en suivant les critères d'inclusion et d'exclusion à la revue.

L'extraction des données a pu être effectuée grâce au libre accès des articles sur la base de données de la bibliothèque numérique de l'université de Bordeaux.

Les données extraites correspondaient aux indices cliniques relevés lors des études se rapportant aux performances esthétiques, biologiques, ainsi qu'au taux de survie/succès et de complications.

L'ensemble des données a été rapporté dans des tableaux afin de pouvoir réaliser une synthèse qualitative des études sur le sujet.

E. ÉVALUATION DU RISQUE DE BIAIS DE CHAQUE ÉTUDE

L'évaluation du risque de biais dans les essais cliniques randomisés (ECR) inclus a été effectuée en suivant le nouvel outil de validité interne de la collaboration Cochrane : RoB 2 (116). Il est basé sur le précédent outil Risk of Bias de la collaboration Cochrane (117).

Pour ce qui est de l'évaluation du risque de biais des essais cliniques non randomisés (ECNR) inclus dans la revue, l'outil ROBINS-I de la collaboration Cochrane a été utilisé (118).

F. QUANTIFICATION DES RÉSULTATS : ANALYSE STATISTIQUE

Une méta-analyse n'était pas significative en raison de l'hétérogénéité des critères.

IV. RÉSULTATS

A. SÉLECTION DES ÉTUDES

La recherche bibliographique a été réalisée le 23/09/2022 en suivant la stratégie de recherche vue précédemment (Figure 11). 2375 articles ont été identifiés, parmi lesquels 665 provenaient de Pubmed, 548 de DOSS et 1162 de Scopus.

Après suppression des doublons, 1244 articles sélectionnés ont été triés par lecture du titre et du résumé, en appliquant les critères d'inclusion et d'exclusion, pour obtenir 23 articles éligibles à la lecture complète du texte. L'ensemble de ces 23 articles a été disponible en texte intégral.

Après lecture, 10 articles ont été exclus, dont 7 pour une raison de suivi de la population étudiée inférieur à 2 ans, 2 articles traitant d'études rétrospectives, et 1 article ne permettant pas de distinguer les résultats de chaque matériau dans les données.

Auteur et année	Raison d'exclusion après lecture
Bressan et al. 2011(119)	Pas de suivi
Cosgarea et al. 2014(120)	Pas de suivi
Kim et al. 2016(121)	Pas de suivi
Ferrari et al. 2017(64)	Pas de suivi
Lops et al. 2017(19)	Pas de suivi
Peng et al. 2017(122)	Pas de suivi
Nascimento et al. 2016(123)	Suivi de 6 mois
Parpaiola et al. 2020(124)	Etude rétrospective
Olander et al. 2022(125)	Etude rétrospective
Ferrari et al. 2015(126)	Pas de distinction Zr/Ti dans les données

Tableau 1 : Articles exclus de la revue systématique après lecture

Parmi les 1244 articles différents au départ, la sélection a permis l'inclusion de 13 articles dans la revue de la littérature.

Auteur et année	Titre de l'article inclus
Zembic et al. 2009(127)	Randomized-controlled clinical trial of customized zirconia and titanium implant abutments for single-tooth implants in canine and posterior regions: 3-year results
Hosseini et al. 2013(128)	A 3-year prospective study of implant-supported, single-tooth restorations of all-ceramic and metal-ceramic materials in patients with tooth agenesis
Lops et al. 2013(129)	Zirconia and titanium implant abutments for single-tooth implant prostheses after 5 years of function in posterior regions
Zembic et al. 2013(130)	Five-year results of a randomized controlled clinical trial comparing zirconia and titanium abutments supporting single-implant crowns in canine and posterior regions
Lops et al. 2014(131)	Soft tissues stability of cad-cam and stock abutments in anterior regions: 2-year prospective multicentric cohort study
Payer et al. 2015(132)	All-ceramic restoration of zirconia two-piece implants--a randomized controlled clinical trial
Ferrari et al. 2016(133)	3-Year Randomized Controlled Prospective Clinical Trial on Different CAD-CAM Implant Abutments
Lops et al. 2017(134)	Interproximal Papilla Stability Around CAD/CAM and Stock Abutments in Anterior Regions: A 2-Year Prospective Multicenter Cohort Study
de Oliveira Silva et al. 2020(135)	A 3-year longitudinal prospective study assessing microbial profile and clinical outcomes of single-unit cement-retained implant restorations: Zirconia versus titanium abutments
Koller et al. 2020(136)	Two-piece zirconia versus titanium implants after 80 months: Clinical outcomes from a prospective randomized pilot trial
Bittencourt et al. 2021(137)	Evaluation of the peri-implant tissues in the esthetic zone with prefabricated titanium or zirconia abutments: A randomized controlled clinical trial with a minimum follow-up of 7 years
De Freitas et al. 2021(138)	Microbial communities of titanium versus zirconia abutments on implant-supported restorations: Biodiversity composition and its impact on clinical parameters over a 3-year longitudinal prospective study
Hosseini et al. 2022(139)	A 5-year randomized controlled trial comparing zirconia-based versus metal-based implant-supported single-tooth restorations in the premolar region

Tableau 2 : Articles inclus dans la revue systématique

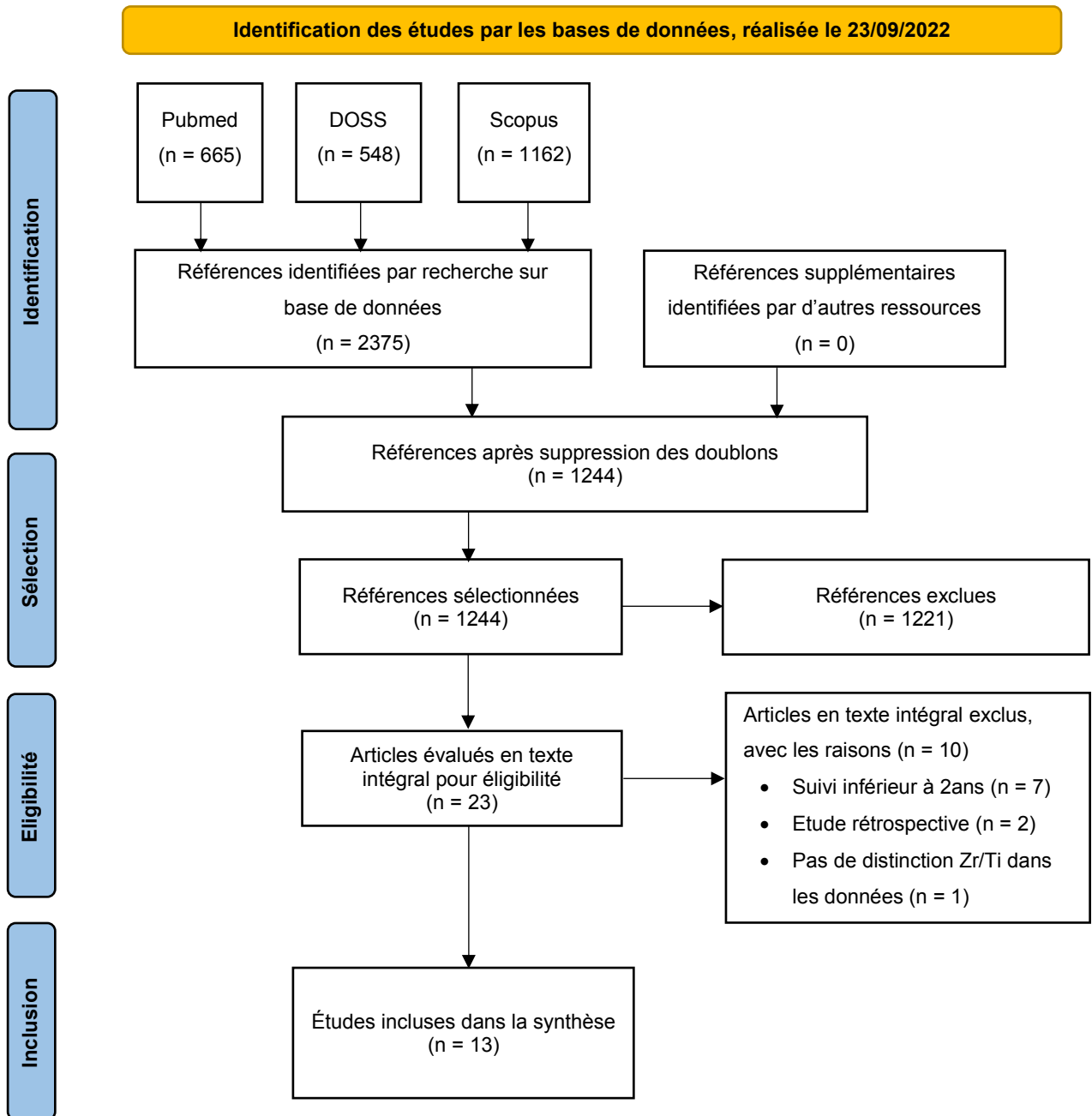


Figure 11 : Diagramme de flux PRISMA

Les publications scientifiques sont répertoriées selon leur niveau de preuve d'après le Grade des Recommandations de la Haute Autorité de Santé (140). Sur les 13 publications, il y a 13 publications qui relèvent du grade B de niveau 2 (7 essais comparatifs randomisés de faible puissance et 6 études comparatives non randomisées bien menées). Les essais cliniques randomisés sont de faible puissance car ils possèdent tous un échantillon de petite taille.

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 du niveau de preuve scientifique selon la Haute Autorité de Santé (140)

Un total de 9 études différentes, ayant abouti à la publication de 13 articles, a été inclus dans notre revue systématique.

En effet les publications suivantes traitent du même échantillon de patient :

- Zembic et al. 2009(127) et Zembic et al. 2013(130) avec un suivi de 3 et 5,6 ans.
- Lops et al. 2014(131) et Lops et al. 2017(134) avec différents paramètres étudiés.
- Payer et al. 2015(132) et Koller et al. 2020(136) avec respectivement un suivi de 2 et 6,5 ans.
- de Oliveira Silva et al. 2020(135) et De Freitas et al. 2021(138) avec différents paramètres étudiés à 3 ans de suivi.

Ces études rassemblent au total 407 patients avec 568 piliers dont 260 en Zr et 251 en Ti (les autres étant en TiN ou Au).

Après les perdus de vue, on obtient 370 patients pour 502 piliers dont 231 en Zr et 216 en Ti.

B. EXTRACTION DES DONNÉES

Auteur Année de publication Pays	Type d'étude	Objectifs	Echantillon N (Homme/ Femme)	Age moyen	Nombre de piliers	Critères évalués	Temps de suivi	Résultats principaux
Zembic et al. 2009(127) Suisse	RCT en groupes parallèles <i>split-mouth</i>	Vérifier si les piliers en Zr présentent ou non la même survie et les mêmes résultats techniques/biologiques que les piliers en Ti, au niveau des canines et en postérieur	22 (8/14) Après 4 perdus de vue : 18 (8/10)	41,3 ±18	40 Zr : 20 Ti : 20 au début puis après 4 perdus de vue : Zr : 18 Ti : 10	Complications techniques, esthétiques et biologiques Profondeur de la poche au sondage (PPD), contrôle de plaque (PCR), saignement au sondage (BOP), niveau osseux (BL), épaisseur des tissus mous, hauteur de la papille, différence de couleur (ΔE) au spectrophotomètre avec les dents naturelles	3 ans	Pas de différence significative du taux de survie et des performances mécaniques, biologiques et esthétiques au cours de la période de suivi de 3 ans
Hosseini et al. 2013(128) Danemark	Essai comparatif non randomisé	Décrire les résultats biologiques, techniques, esthétiques et rapportés par les patients pour des traitements avec des restaurations unitaires implantoportées composées de piliers en métal ou en Zr et de couronnes céramo-métalliques ou tout-céramique chez des patients présentant une agénésie dentaire.	59 (24/35)	27,9 ± 9,3 (18 à 50)	98 Zr : 52 Ti : 21 Au : 25	Complications techniques, esthétiques et biologiques Niveau osseux, indice de plaque modifié (mPII), indice de saignement modifié (mBI), taux de survie du pilier et de la couronne, ajustage marginal de la couronne (score 1 à 4), Copenhagen Index Score (CIS) : résultat esthétique rapporté par les praticiens, satisfaction du patient selon le questionnaire OHIP-49	3 ans	Les matériaux des piliers (Zr, Ti ou alliage d'or) n'ont pratiquement pas influencé les variables des résultats biologiques après 3 ans.
Lops et al. 2013(129) Italy	Essai comparatif non randomisé <i>split-mouth</i>	Vérifier si les piliers en Zr présentent ou non des résultats de survie similaires à ceux des piliers en Ti dans les zones postérieures.	85 (38/47)	54 (35 à 67)	85 Zr : 38 Ti : 47 au début puis après 4 perdus de vue : Zr : 37 Ti : 44	Complications techniques et biologiques Indice de plaque (PI), profondeur de poche au sondage (PPD), indice de saignement modifié (mBI), perte osseuse (MBL)	5 ans	La survie à moyen terme des piliers en Zr en région postérieure était comparable à celle des piliers en Ti.
Zembic et al. 2013(130) Suisse	RCT en groupe parallèles <i>split-mouth</i>	Tester le taux de survie et le taux de complication technique et biologique des piliers personnalisés en Zr et en Ti 5 ans après l'insertion de la couronne	22 (8/14) Puis 18 (8/10)	41,3 ±18 (23 à 59)	28 Zr : 18 Ti : 10	Complications techniques et biologiques PPD, PCR, BOP, BL, hauteur de papille	5 ans Moyenn e de 5,6 ans (4,5 à 6,3)	Aucune différence statistiquement ou cliniquement significative dans le taux de survie à 5 ans
Lops et al. 2014(131) Italie	Essai comparatif non randomisé	Vérifier si le type de fabrication du pilier de l'implant, standard ou CAD/CAM, peut influencer la stabilité des tissus mous autour des restaurations unitaires dans les zones antérieures	72 (39/33)	46 (26 à 58)	72 standards : 13 Zr et 23 Ti CAD/CAM : 20 Zr et 16 Ti	Complications techniques et biologiques Récession gingivale (REC) par modification de la marge gingivale (BGM)	2 ans	L'utilisation de piliers cad-cam est liée à une meilleure stabilité des tissus mous.

Payer et al. 2015(132) Autriche	RCT en groupes parallèles	Évaluer les résultats des implants en Zr en deux parties par rapport aux implants en Ti sur une période allant jusqu'à 24 mois.	22 (13/9)	46 (24 à 77)	31 Zr : 16 Ti : 15	Indice de plaque (PI), BOP, Pink Esthetic Score (PES), stabilité implantaire (Periotest Value), Niveau osseux/perte osseuse, taux de survie	2 ans	Les taux de réussite des implants en Zr en deux parties n'ont pas montré de différence significative par rapport aux implants témoins en Ti en deux parties
Ferrari et al. 2016(133) Italie	RCT en groupes parallèles	Évaluer la survie des couronnes implantaires sur des piliers de conception et de fabrication assistées par ordinateur (CAD-CAM) après 3 ans.	56	NS	89 Zr : 28 Ti : 31 TiN : 30	Complications techniques, taux de succès	3 ans	Les piliers en Ti et en Ti nitruré ont montré des performances cliniques optimales après 3 ans. A l'inverse, les piliers Atlantis en Zr sont à éviter pour la restauration des régions postérieures.
Lops et al. 2017(134) Italie	Essai comparatif non randomisé	Comparer la stabilité de la papille interproximale des restaurations supportées par des piliers de CFAO à celles supportées par des piliers préfabriqués dans les zones antérieures sur un suivi de deux ans.	72	46 (26 à 58)	72 standards : 13 Zr et 23 Ti CAD/CAM : 20 Zr et 16 Ti	Stabilité de la papille interproximale par hauteur et récession de la papille (REC)	2 ans	L'utilisation de piliers CAD/CAM en Ti et en Zr est liée à une meilleure stabilité des papilles interproximales. Aucune différence significative dans l'indice REC entre le Ti et la Zr pour les piliers CAD/CAM ou standard après 2 ans de suivi.
de Oliveira Silva et al. 2020(135) Brésil	Essai comparatif non randomisé <i>split-mouth</i>	Évaluer les résultats microbiologiques et cliniques des restaurations implantaires supportées sur piliers en Zr ou en Ti après 3 ans de fonctionnement.	20 (3/17) Puis 14 (3/11)	45,5 (18 à 69)	20 Zr : 10 Ti : 10 Puis 14 Zr : 7 Ti : 7	Complications biologiques, taux de succès PPD, BOP, Récession gingivale, BL, MBL, identification et quantification du microbiote par prélèvement infra et supra-gingival autour des implants et des dents controlatérales	3 ans	La Zr et le Ti présentaient un profil microbien différent. Les résultats cliniques des piliers en Zr et en Ti étaient similaires et cohérents avec un état sain, reflétant un taux de survie élevé et une faible perte osseuse. Le microbiote n'a pas eu d'impact sur les résultats cliniques après 3 ans.
Koller et al. 2020(136) Autriche	RCT en groupe parallèles	Évaluer les résultats cliniques des implants en Zr en deux parties par rapport aux implants en Ti 80 mois après la pose des restaurations	22 (13/9)	46 (24 à 77)	31 Zr : 16 Ti : 15	Taux de survie et de succès Indice de plaque (PI), BOP, Pink Esthetic Score (PES), MBL	6,5 ans Moyenne de 80,9 mois ± 5,5	Aucune différence significative n'a été constatée entre les résultats cliniques des implants en Zr et en Ti en deux parties après 80 mois de clinique.
Bittencourt et al. 2021(137) Brésil	RCT en groupe parallèles	Évaluer les tissus péri-implantaires avec des piliers Ti ou Zr sur un suivi de 7ans	35 Puis 14 (6/8)	NS	58 Zr : 25 Ti : 33 Puis 26 Zr : 9 Ti : 17	Complications techniques, esthétiques et biologiques, taux de succès Indices de plaque (mPII) et de saignement (mBI), PPD, White et Pink Esthetic Score (WES et PES)	7 ans Moyenne de 95,2 mois ± 2,6	Les piliers Zr ont donné de meilleurs résultats que les piliers en Ti en ce qui concerne les tissus péri-implantaires. Chez les personnes présentant un phénotype fin, la Zr a permis d'améliorer l'esthétique gingivale.
De Freitas et al. 2021(138) Brésil	Essai comparatif non randomisé	Étudier les communautés microbiennes du biofilm formé sur les restaurations implantaires utilisant des piliers en Ti ou en Zr, et leur corrélation avec les paramètres cliniques après 3 ans de suivi.	20 (3/17)	45,5 (18 à 69)	20 Zr : 10 Ti : 10 Puis 7 Zr : 7 Ti : 7	Diversité microbienne avec 16S rRNA Evaluation des agents pathogènes parodontaux Résultats cliniques (BOP, PPD, MBL) et corrélation avec les résultats microbiologiques	3 ans	Le type de matériau a influencé de manière significative la diversité et le regroupement des communautés Le moment de l'échantillonnage n'a eu aucun effet sur les variables. Des corrélations ont été trouvées entre les résultats microbiens et les résultats cliniques.

Hosseini et al. 2022(139) Danemark	RCT en groupe parallèles	Comparer les résultats biologiques, techniques, esthétiques et rapportés par les patients à 5 ans des restaurations unitaires tout-céramique et métallos-céramiques sur implant.	36 (18/18) Puis 30 (16/14)	28,1 Puis 23,6 (19 à 54)	75 Zr : 38 Ti : 35 Au : 2 Puis 63 Zr : 31 Ti : 32	Complications techniques, biologiques et esthétiques Taux de succès et de survie, PPD, mPII, mBI, BL, MBL, CIS, satisfaction du patient selon le questionnaire OHIP-49	5 ans	Les résultats biologiques, esthétiques et rapportés par les patients pour les restaurations AAC et MCC ont été satisfaisants et sans différence significative. L'adaptation marginale des couronnes MCC sur piliers Ti a montré un ajustement significativement meilleur que les restaurations ACC sur piliers Zr.
---------------------------------------	--------------------------	--	--	--	--	---	-------	---

Tableau 4 : Tableau présentant les études incluses dans la revue systématique

-Type d'étude :

RCT : Essai Clinique contrôlé Randomisé (ECR en français).

RCT en groupes parallèles : essai clinique randomisé dans lequel les sujets entrant dans l'essai sont répartis, par tirage au sort du traitement attribué, en autant de groupes qu'il y a de traitements à comparer, et seront suivis simultanément pendant une durée déterminée.

RCT *split-mouth* : essai clinique randomisé dans lequel chaque patient reçoit chacun des traitements, attribués de manière aléatoire à différents sites de la cavité buccale (dent, quadrant ou arcade). Dans les études de Zembic et al. (127,130), Lops et al. (129) et de Oliveira et al. (135), les résultats obtenus autour des piliers implantaires sont comparés à ceux obtenus sur les dents controlatérales du même patient.

-Indices biologiques :

PPD : *Probing Pocket Depth* ; PCR : *Plaque Control Record* ; BOP : *Bleeding On Probing*.

mBI : *modified sulcus Bleeding Index* (Score 0 à 3) ; mPII : *modified Plaque Index* (Score 0 à 3) selon Mombelli et al. (60).

PI : *Plaque Index* (Score 0 à 3) ; BGM : *buccal gingival margin modification*.

BL : *Bone Level* ; MBL : *Marginal Bone Loss*.

-Indices esthétiques :

ΔE : différence de couleur.

CIS : *Copenhagen Index Score* : regroupant décoloration des muqueuses, morphologie de la couronne, couleur de la couronne, symétrie et harmonie, hauteur de papille mésiale et distale avec un score de 1 à 4 pour chaque paramètre selon Dueled et al. (67) et Hosseini et al. (68).

PES : *Pink Esthetic Score* : basé sur sept critères : papille mésiale, papille distale, niveau de la gencive marginale, contour des tissus marginaux, contour du procès alvéolaire, couleur des tissus mous, texture des tissus mous. Chaque variable est évaluée par un score de 0-1-2 selon Fürhauser et al. (69).

WES : *White Esthetic Score* : basé sur cinq critères : forme globale, ligne de plus grand contour et volume de la couronne clinique, couleur (incluant teinte et saturation), texture de surface, translucidité et caractérisation. Avec également un score de 0-1-2 pour chaque critère selon Belser et al. (70).

-Matériaux :

Zr : Zircon, Zirconium

Ti : Titane, Titanium

TiN : Titane nitruré / nitrure de titane, Titanium Nitride

Au : Alliage d'or, Gold Alloy

Etude	Type d'implant et diamètre	Nombre de piliers	Type de pilier Marque	Torque de fixation	Type de connexion	Matériau prothèse	Scellé / Transvissé	Localisation
Zembic et al. 2009(127)	Branemark RP Nobel Biocare AB 3,75 mm <i>2 stage protocol</i>	Zr : 18 Ti : 10	Zr Monobloc et Ti : CAD/CAM Personnalisé Procera Nobel Biocare AB	32 Ncm	Hexagone Externe	Zr : 17 Céramique ACC et 1 MCC Ti : 10 Céramo- métal MCC	16/2 10/0	Zr : 2 Canines 11 prémolaires 5 molaires Ti : 2 Canines 8 prémolaires Maxillaire 11 / Mandibule 17
Hosseini et al. 2013(128)	AstraTech	Zr : 52 Ti : 21 Au : 25	Zr Monobloc et Ti : Préfabriqué/standard Astra Tech Au : UCLA	25 Ncm	Interne	Zr : 52 ACC Métal : 12 ACC + 34 MCC	Scellé	Zr : antérieur 41 / Postérieur 11 Au : antérieur 16 / Postérieur 9 Ti : antérieur 11 / postérieur 10
Lops et al. 2013(129)	AstraTech Osseospeed 4,0 et 4,5 mm <i>2 stage protocol</i>	Zr : 37 Ti : 44	Zr Monobloc : ST Zir-design Ti : Profile bi-abutment Préfabriqué Astra Tech	25 Ncm	Interne <i>Platform- switching</i>	Zr : ACC avec chape Zr Ti : MCC Céramo-métal	Scellé	Zr : maxillaire 20 / Mandibule 17 Ti : maxillaire 21 / Mandibule 23 Tous en postérieur : 46 prémolaires et 35 molaires
Zembic et al. 2013(130)	Branemark RP Nobel Biocare AB 3,75 mm <i>2 stage protocol</i>	Zr : 18 Ti : 10	Zr Monobloc et Ti : CAD/CAM Personnalisé Procera Nobel Biocare AB	32 Ncm	Hexagone Externe	Zr : 17 Céramique ACC et 1 MCC Ti : 10 Céramo- métal MCC	16 / 2 10 / 0	Zr : 2 Canines 11 prémolaires 5 molaires maxillaire 7 / mandibule 11 Ti : 2 Canines 8 prémolaires maxillaire 4 / mandibule 6
Lops et al. 2014(131)	AstraTech AB Osseospeed 3,5 4 4,5 mm <i>2 stage protocol</i>	Zr : 33 Ti : 39	Zr Monobloc et Ti : ZirDesign standard Atlantis CAD/CAM TiDesign standard Atlantis CAD/CAM Astra Tech	25 Ncm	Interne	Zr : ACC avec chape Zr Ti : MCC Céramo-métal	Scellé	Zr : maxillaire 26 mandibule 7 Ti : maxillaire 33 mandibule 6 antérieur 23 (15 Zr et 8 Ti) / 49 prémolaires (18 Zr et 31 Ti)
Payer et al. 2015(132)	Zit VarioZ : 16 Zit VarioT : 15 Ziterion GmbH 4 mm <i>2 stage protocol</i>	Zr : 16 Ti : 15	Zr Monobloc et Ti préfabriqués : Ziterion Collé sous digue pour les piliers Zr	Implant >35 Ncm	Interne	All-Céramique Disilicate de lithium e.max	Scellé	Max Inc (3 Zr / 2 Ti) Max Mol (0/2) Mand Prém (1/1) Mand Mol (12/10)

Ferrari et al. 2016(133)	Osseospeed Astra Tech Dentsply <i>2 stage protocol</i>	Zr : 28 Ti : 31 TiN : 30	Zr Monobloc, Ti et TiN : Personnalisé Atlantis Astra Tech Dentsply		Hexagone Interne	Chape Zr ou métal en fonction de la localisation puis stratification céramique feldspathique	Scellé	NS
Lops et al. 2017(134)	AstraTech Osseospeed <i>2 stage protocol</i>	Zr : 33 Ti : 39	Zr Monobloc et Ti : ZirDesign standard Atlantis CAD/CAM TiDesign standard Atlantis CAD/CAM Astra Tech	25 Ncm	Interne	Zr : ACC avec chape Zr Ti : MCC Céramo-métal	Scellé	Zr :maxillaire 26 mandibule 7 Ti : maxillaire 33 Mandibule 6 antérieur 23 (15 Zr et 8 Ti) / 49 prémolaires (18 Zr et 31 Ti)
de Oliveira Silva et al. 2020(135)	Ankylos C/X, Dentsply 3,5 <i>2 stage protocol</i>	Zr : 7 Ti : 7	Zr Monobloc et Ti préfabriqués : Ankylos Cercon Balance C/ Ankylos Regular Abutment C/X Dentsply		Cône morse interne	Zr : ACC Ti : MCC	Scellé	Zr en antérieur maxillaire Ti en postérieur maxillaire et mandibule
Koller et al. 2020(136)	Zit VarioZ : 16 Zit VarioT : 15 Ziterion GmbH 4 mm <i>2 stage protocol</i>	Zr : 16 Ti : 15	Zr Monobloc et Ti préfabriqués : Ziterion Collé sous digue pour les piliers Zr	Implant >35 Ncm	Interne	All-Céramique Disilicate de lithium e.max	Scellé	Max Inc (3 Zr / 2 Ti) Max Mol (0/2) Mand Prém (1/1) Mand Mol (12/10)
Bittencourt et al. 2021(137)	NS <i>2 stage protocol</i>	Zr : 9 Ti : 17	Préfabriqué		Hexagone Externe	Zr : ACC Ti : MCC	Scellé	Zr : maxillaire 7 Mandibule 2 Ti : maxillaire 11 Mandibule 6 antérieur 11 (4 Zr et 7 Ti) / 15 prémolaires (5 Zr et 10 Ti)
De Freitas et al. 2021(138)	Ankylos CX Dentsply 3,5 <i>2 stage protocol</i>	Zr : 7 Ti : 7	Zr Monobloc et Ti préfabriqués : Ankylos Cercon Balance C/ Ankylos Regular Abutment C/X Dentsply		Cône morse interne	Zr : ACC Ti : MCC	Scellé	Zr en antérieur maxillaire Ti en postérieur maxillaire et mandibule
Hosseini et al. 2022(139)	Astra Tech Dentsply 3,5 4 4,5 5	Zr : 31 Ti : 32	Zr Monobloc : ZirDesign Ti : TiDesign Au : Cast-to Préfabriqué Astra Tech	25 Ncm	Interne	Zr : ACC Ti : MCC	Scellé	33 prémolaires maxillaires 32 prémolaires mandibulaires

Tableau 5 : Tableau décrivant les complexes implanto-prothétiques inclus dans les études

Zr : Zircon, Ti : Titane, ACC : *All-Ceramic Crown* : couronne céramique, MCC : *Metal-Ceramic Crown* : couronne céramo-métal.

Localisation : Secteur antérieur : incisives et canines ; Secteur postérieur : prémolaires et molaires

CAD/CAM : Conception assistée par ordinateur/Fabrication assistée par ordinateur

NS : Non spécifié

Etude	Profondeur de sondage	Saignement au sondage	Récession gingivale	Plaque	Niveau osseux / Perte osseuse en mm
Zembic et al. 2009(127)	Zr : moyennePPD = 3,2 ± 1 Ti : mPPD = 3,4 ± 0,5	Zr : mBOP = 0,4 ± 0,4 Ti : mBOP = 0,2 ± 0,3		Zr : PCR = 0,1(0,2) Ti : PCR = 0,1(0,2) Pas de différence significative	au départ ; à 3ans Zr : mBL =1,5(0,7) =1,7(1) dBL =1,5(0,9) =1,6(1) Ti : mBL =2,0(0,7) =2,0(1) dBL =2,0(0,7) =2,1(1)
Hosseini et al. 2013(128)		Pour Zr, Ti et Au mBI médian de 0 (Valeurs retrouvées de 0 à 2)		Pour Zr, Ti et Au mPI médian de 0 (Valeurs retrouvées de 0 à 2)	Zr : BL =0,6(0,7) Perte osseuse à 3ans = 0,15(0,25) Ti : BL =0,36(0,35) Perte osseuse à 3ans = 0,18(0,29)
Lops et al. 2013(129)	Zr : mPPD = 2,6(0,5) Ti : mPDD = 2,7(0,4) Pas de différence entre les matériaux et avec les dents naturelles controlatérales	Zr : mBI = 0,5±0,3 Ti : mBI = 0,4±0,2 Pas de différence significative		Zr : PI = 0,2(0,2) Ti : PI = 0,5(0,1) Pas de différence entre les reconstitutions sur implant et les dents naturelles	Perte osseuse : Au départ ; à 5ans Zr : MBL =0,1((0,1) =0,4(0,2) Ti : MBL =0,2(0,1) =0,5(0,3)
Zembic et al. 2013(130)	Zr : mPPD = 3,3(0,6) Ti : mPPD = 3,6(1,1) Pas de différence significative	Zr : mBOP = 0,5(0,3) Ti : mBOP = 0,6(0,3) Pas de différence significative		Zr : PCR = 0,1(0,3) Ti : PCR = 0,3(0,2) Pas de différence significative	au départ ; à 5ans Zr : mBL =1,5(0,7) =1,8(0,5) dBL =1,5(0,9) =2,0(0,8) Ti : mBL =2,0(0,7) =2,0(0,8) dBL =2,0(0,7) =1,9(0,8)
Lops et al. 2014(131)			REC Zr CAD/CAM 0,1(0,3) Ti CAD/CAM -0,3(0,4) valeur négative = gain en hauteur de tissu mou Zr standard 0,3(0,3) Ti standrad 0,3(0,4)		
Payer et al. 2015(132)		BOP à 2ans Zr : 9,1%(4,34) Ti : 7,4%(3,39) Pas de différence significative		PI à 2ans Zr : 19,38%(0,88) Ti : 16,05%(8,29)	Perte osseuse à 2ans : Zr 1,48(1,05) Ti 1,43(0,67) Pas de différence significative
Ferrari et al. 2016(133)	Pas de résultats biologiques				
Lops et al. 2017(134)	Seulement hauteur de papille				
de Oliveira Silva et al. 2020(135)	PPD à 3ans Zr : 2,16(0,81) Ti : 2,66(1,25)	BOP à 3ans : Zr : 33,3% Ti : 23,8%	Récession à 3ans : Zr : 0,34(0,85) Ti : 0,42(0,79)		Perte osseuse à 3ans : Zr : 0,76(0,21) Ti : 0,99(0,41) Pas de différence significative
Koller et al. 2020(136)		BOP à 6,5ans Zr : 16,43%(6,16) Ti : 12,60%(7,66) Pas de différence significative		PI à 6,5ans Zr : 11,07%(8,11) Ti : 15,20%(15,58)	Perte osseuse à 6,5ans : Zr 1,38(0,81) Ti 1,17(0,73) Pas de différence significative
Bittencourt et al. 2021(137)	PPD à 5mois Zr : 5,22(1,71) Ti : 3,65(0,93)	PPD à 7ans Zr : 4,25(1,28) Ti : 4,47(1,32)	Score mBI de 0 (à 7ans) Zr : 100% Ti : 65% Pas de différence significative	Score mPII de 0 (à 7ans) Zr : 100% Ti : 88% Pas de différence significative	

De Freitas et al. 2021(138)	PPD à 3ans Zr : 2,16(0,81) Ti : 2,66(1,25)	BOP à 3ans : Zr : 33,3% Ti : 23,8%		Perte osseuse à 3ans : Zr : 0,76(0,21) Ti : 0,99(0,41) Pas de différence significative
Hosseini et al. 2022(139)	PPD à 5ans Zr : 2,8(0,9) Ti : 2,7(0,6)	Score mBI de 0 (à 5ans) Zr : 51,7% Ti : 25,8% Pas de différence significative	Score mPII de 0 (à 5ans) Zr : 56,7% Ti : 58,1% Pas de différence significative	MBL à 5ans Zr : 0,3(1,1) Ti : -0,1(0,4) Pas de différence significative

Tableau 6 : Tableau des résultats biologiques : profondeur de sondage moyen, indice de saignement, récession, indice de plaque, niveau osseux marginal M et D au départ et à la fin de l'étude

mBL : Niveau osseux mésial ; dBL : Niveau osseux distal

Les données extraites des articles sont des moyennes accompagnées de leur écart-type noté entre parenthèses.

Etude	Indices esthétiques (PES, WES, CIS)	Décoloration gingivale (ΔE par spectrophotométrie)	Hauteur de Papille	Satisfaction du patient
Zembic et al. 2009(127)		ΔE par rapport aux dents naturelles Zr :9,3±3,8 Ti :6,8±3,8 Pas de différence significative	Zr : Mésial 2,4(0,9) Distal 1,6(1,2) Ti : Mésial 2,0(1,1) Distal 1,5(1)	
Hosseini et al. 2013(128)	CIS : Zr AC-C= 8,0 (1,8) AC-M =8,1(2,2) MC-M =8,2(1,8)	Pas de différence significative au niveau du score de décoloration gingivale compris dans le CIS	Pas de différence significative entre les différentes restaurations	Pas de différence significative selon le type de matériau sur les résultats esthétiques dans les questionnaires OHIP remplis par les patients
Lops et al. 2013(129) Zembic et al. 2013(130)	Ne parle pas d'esthétique		Zr : Mésial 2,3(0,6) Distal 2,1(0,8) Ti : Mésial 2,2(0,8) Distal 1,9(0,9)	
Lops et al. 2014(131) Payer et al. 2015(132)	Ne parle pas d'esthétique PES à 2ans Zr : 11,22(1,56) Ti : 10,75(0,71)			
Ferrari et al. 2016(133) Lops et al. 2017(134)	Ne parle pas d'esthétique		REC papille Zr CAD/CAM -0,46(0,54) Ti CAD/CAM -0,56(0,68) valeur négative = gain en hauteur Zr standard 0,52(0,60) Ti standard 0,53(0,42)	
de Oliveira Silva et al. 2020(135) Koller et al. 2020(136)	Ne parle pas d'esthétique PES à 6,5ans Zr : 11,11(1,27) Ti : 11,56(1,01)			
Bittencourt et al. 2021(137)	PES à 7ans Zr 8,25(1,03) Ti 7,44(1,81)	WES à 7ans Zr 8,28(0,74) Ti 8,35(1,27)		
De Freitas et al. 2021(138) Hosseini et al. 2022(139)	Ne parle pas d'esthétique CIS : à 5ans Pas de différence significative entre ACC et MCC	Pas de différence significative au niveau du score de décoloration gingivale compris dans le CIS		Pas de différence significative selon le type de matériau Amélioration des résultats à 5ans dans les questionnaires OHIP remplis par les patients par rapport au départ de l'étude

Tableau 7 : Tableau des résultats esthétiques : indices esthétiques, décoloration gingivale, hauteur de papille, satisfaction du patient

PES : Pink Esthetic Score ; CIS : Copenhagen Index Score

AC-C : couronne céramique sur pilier Zr ; AC-M : couronne céramique sur pilier métal ; MC-C : couronne céramo-métallique sur pilier métal.

Etude	Echec par Fracture du pilier	Vis du pilier	Couronne	Mauvais ajustage
Zembic et al. 2009(127)	0	0	2 <i>chipping</i> mineurs sur MCC (piliers Ti)	0
Hosseini et al. 2013(128)	0	0	3 pertes de rétention de couronne sur pilier Ti (2 prémolaires et 1 canine) 1 <i>chipping</i> mineur sur pilier Zr 1 <i>chipping</i> majeur sur pilier Zr (refait)	1 mauvais ajustage sur pilier Zr (refait) 1 mauvais ajustage sur pilier Métal (refait)
Lops et al. 2013(129)	0	2 desserrages de la vis (1 Zr et 1 Ti)	4 <i>chipping</i> mineurs sur pilier Zr 3 <i>chipping</i> mineurs sur pilier Ti	NS
Zembic et al. 2013(130)	0	0	3 <i>chipping</i> sur MCC (piliers Ti)	0
Lops et al. 2014(131)	1 pilier Zr CAD/CAM à 1an de fonction sur incisive (refait)	2 desserrages de vis sur pilier standard (1 Zr et 1 Ti)	0	NS
Payer et al. 2015(132)	0	0	0	NS
Ferrari et al. 2016(133)	5 fractures de la connexion de piliers Zr dont 4 postérieurs et 1 à la pose du pilier	0	0	NS
Lops et al. 2017(134)	1 pilier Zr CAD/CAM à 1an de fonction sur incisive (refait)	2 desserrages de vis sur pilier standard (1 Zr et 1 Ti)	0	NS
de Oliveira Silva et al. 2020(135)	0	0	0	NS
Koller et al. 2020(136)	0	0	0	NS
Bittencourt et al. 2021(137)	1 pilier Zr	0	0	NS
De Freitas et al. 2021(138)	0	0	0	NS
Hosseini et al. 2022(139)	0	0	2 pertes de rétention de MCC 1 <i>chipping</i> de MCC (écaillage : fracture cohésive) 1 <i>chipping</i> de ACC (délamination : fracture adhésive)	Meilleur ajustage avec les MCC sur piliers Ti

Tableau 8 : Tableau des différentes complications techniques retrouvées dans les études

Chipping : écaillage
NS : Non spécifié

Etude	Complications techniques	Complications biologiques	Complications esthétiques	Taux de survie / succès
Zembic et al. 2009(127)	2 <i>chipping</i> mineurs sur MCC supportées par des piliers Ti	Aucune	Aucune Pas de différence significative selon les critères esthétiques	Survie de 100% pour les piliers, les implants et les couronnes (avec 2 <i>chipping</i> mineurs)
Hosseini et al. 2013(128)	Pas de complication au niveau des piliers Ajustage marginal des ACC moins bon que les MCC La perte de rétention, retrouvée seulement sur les MCC, est la complication la plus souvent retrouvée	5 fistules sur ACC (3 Zr et 2 Au) = Plus fréquente avec les ACC 1 Perte osseuse de 2,5 mm sur pilier Au Significativement plus de perte osseuse avec Au comparé à Zr 1 suppuration et saignement avec un pilier Au	Aucune Meilleure esthétique avec les ACC comparé aux MCC selon l'avis des praticiens seulement, sinon pas de différence selon les autres critères esthétiques	Survie de 100% pour les implants 97% pour les piliers et couronnes (3 couronnes ont été refaites)
Lops et al. 2013(129)	2 desserrages de la vis 7 <i>chipping</i> mineurs	1 mucosite autour d'un pilier Ti traitée avec succès		Survie de 100% pour les implants, les piliers et les couronnes
Zembic et al. 2013(130)	3 <i>chipping</i> mineurs sur MCC supportées par des piliers Ti	2 implants retirés chez un même patient avec péri-implantite (1 Zr et 1 Ti) 1 implant perdu par un patient avec un excès de ciment le long du pilier Zr		Survie de 100% des piliers et couronnes 88,9% des implants supportant un pilier Zr 90% des implants supportant un pilier Ti
Lops et al. 2014(131)	1 fracture d'un pilier Zr CAD/CAM 2 desserrages de vis sur pilier standard (1 Zr et 1 Ti)	Aucune		Survie de 100% des implants 95% des piliers Zr CAD/CAM 100% des autres piliers
Payer et al. 2015(132)	Aucune	1 implant Zr perdu à 8mois (molaire mand)	Aucune	Succès de 93,3% des implants Zr 100% des implants Ti 100% des piliers
Ferrari et al. 2016(133)	5 fractures de la connexion de piliers Zr	Aucune		Succès de 82,2% pour Zr 100% pour Ti et TiN
Lops et al. 2017(134)	1 fracture d'un pilier Zr CAD/CAM 2 desserrages de vis sur pilier standard (1 Zr et 1 Ti)	Aucune		Survie de 100% des implants 95% des piliers Zr CAD/CAM 100% des autres piliers
de Oliveira Silva et al. 2020(135)	Aucune	1 implant avec pilier Zr perdu à 1mois PPD autour des piliers Ti a augmenté de manière significative au cours de la première année de mise en charge	Aucune	Survie de 90% des implants avec pilier Zr et 100% des implants avec pilier Ti 100% des piliers
Koller et al. 2020(136)	Aucune	3 implants perdus (2 Zr à 8 et 25 mois et 1 Ti à 80 mois suite à une peri-implantite) en région mandibulaire	Aucune	Survie de 85,7% des implants Zr 93,3% des implants Ti 100% des piliers
Bittencourt et al. 2021(137)	1 fracture pilier Zr	2 échecs d'ostéointégration de l'implant avant la mise en place des piliers	Les piliers Ti sur phénotype fin ont obtenu des score PES < 6, sachant que 6 équivalait au cliniquement acceptable	Succès de 96,7% des implants
De Freitas et al. 2021(138)	Aucune			
Hosseini et al. 2022(139)	Aucune au niveau du pilier 2 pertes de rétention de MCC 2 <i>chipping</i> (1 MCC et 1 ACC) Meilleur ajustage avec les MCC sur piliers Ti	1 péri-implantite sur pilier Zr Perte osseuse >2 mm la 1ère année et >0,2 mm chaque année suivante est plus souvent retrouvé avec les ACC (7) qu'avec les MCC (2)	Pas différence significative La muqueuse marginale recouvrant l'implant/pilier est devenue plus sombre autour de 8 ACC et de 4 MCC	Survie de 100% des implants 100% des ACC et piliers Zr 97% des MCC et piliers Ti

=> Succès biologique de 77,4% pour
ACC contre 93,8% pour MCC
Mucosite péri-implantaire sur 34,4%
des ACC (dont 1 fistule) et 22,6% des
MCC

Tableau 9 : Tableau des complications techniques, biologiques, esthétiques et du taux de survie/succès

La complication est définie comme une déviation par rapport au résultat attendu du traitement.

Complications mécaniques et techniques : Fracture ou perte de vis, fracture du pilier, fracture couronne, *chipping* pilier, *chipping* couronne, mauvais ajustage de la couronne, desserrage de la vis du pilier, micromouvement du pilier ou de la couronne, descellement de la couronne.

Complications biologiques : Perte d'implant, péri-implantite, mucosite péri-implantaire, résorption / perte osseuse, perte d'attache, saignements, accumulation de plaque, suppuration, fistule.

Complication esthétique : liseré grisâtre visible au niveau de la gencive marginale, diminution en volume des papilles, PES inférieur à 6.

Le "succès" a été défini par le pourcentage de restaurations qui sont restées in situ sans aucune modification.

La "survie" a été définie par le pourcentage de restaurations qui sont restées in situ avec des modifications mais toujours acceptables cliniquement.

L'"échec" a été défini par le pourcentage de restaurations qui ont dû être remplacées.

Etude	Résultats	Conclusion	Limites de l'étude
Zembic et al. 2009(127)	Pas de différence significative dans PPD, PCR, BOP, BL, ΔE, hauteur de papille et épaisseur des tissus mous. Les deux matériaux ont montré une stabilité biologique. Le degré de décoloration gingivale dans les deux piliers était similaire à celui de la gencive des dents naturelles.	Les piliers en Zr et en Ti présentaient le même taux de survie et performances mécaniques, biologiques et esthétiques au cours de la période de suivi de 3 ans.	8 patients fumeurs au départ. Comparaison avec les dents naturelles mais pas directement entre les deux matériaux : test (pilier Zr ou Ti) vs contrôle (dent). 6 patients ont reçu une greffe de gencive pour augmenter le volume des tissus mous. 4 patients perdus de vue. Petit échantillon (28).
Hosseini et al. 2013(128)	Pas de différence significative dans mBI, mPII, CIS, hauteur de papille, décoloration gingivale. Les résultats rapportés par les patients n'ont révélé aucune différence majeure entre les implants restaurés avec des couronnes et des piliers en Zr ou en métal.	Les résultats biologiques au niveau des piliers en Zr et en métal étaient semblables.	Patients présentant une agénésie. Etude qui compare aussi ACC et MCC. Pas de randomisation pour le choix du matériau. Compare AC-C et MC-M mais pas toujours de distinction de Ti et Au dans le groupe MC-M.
Lops et al. 2013(129)	Pas de différence significative dans PPD, mBI, PI et MBL.	Les piliers Zr peuvent être utilisés en région postérieure avec un taux de survie similaire aux piliers Ti à 5 ans.	Aucune randomisation n'a été effectuée pour le choix du pilier : Zr ou Ti selon le profil d'émergence et de la hauteur des tissus mous. 4 patients perdus de vue.
Zembic et al. 2013(130)	Pas de différence significative dans les PD, PCR, BOP, BL et la hauteur des papilles. Un peu moins de plaque sur Zr par rapport à Ti.	Aucune différence statistiquement ou cliniquement significative dans le taux de survie à 5 ans.	4 patients perdus de vue. 3 fumeurs. Petit échantillon (28).
Lops et al. 2014(131)	Significativement moins de récession avec les piliers Ti CAD/CAM comparé aux piliers Ti standards.	Dans la zone antérieure, l'utilisation de piliers cad-cam est liée à une meilleure stabilité des tissus mous dans le cas des piliers Ti.	Pas de randomisation : le choix s'est fait en fonction de l'inclinaison de l'implant (pilier CAD/CAM si >15°) et de l'épaisseur des tissus mous (Zr si <2 mm). Pour les piliers CAD/CAM, l'épaisseur moyenne des tissus mous = 1,75 mm avec Zr contre 2,75 mm avec Ti.
Payer et al. 2015(132)	Aucune différence significative dans les résultats cliniques entre les implants en Zr et en Ti.	Les taux de réussite des implants en Zr en deux parties n'ont pas montré de différence significative par rapport aux implants témoins en Ti en deux parties.	Les deux groupes n'utilisent pas le même matériau pour l'implant : Implant et pilier Zr VS Implant et pilier Ti. Pilier Zr collé directement sous digue à l'implant. Petit échantillon (31).
Ferrari et al. 2016(133)	Taux de survie à 3 ans significativement meilleur avec les piliers Ti et TiN comparé au Zr.	Les piliers Ti ont montré des résultats cliniques optimaux. Les piliers Atlantis Zr à connexion interne sont à éviter pour restaurer les dents postérieures.	Résultats moindres pour Zr sûrement lié au type de connexion interne fragile des piliers Atlantis.
Lops et al. 2017(134)	Les valeurs REC étaient significativement plus basses avec les piliers Zr et Ti CAD/CAM par rapport aux piliers standards. Pas de différence significative entre les deux matériaux.	L'utilisation de piliers personnalisés permet une meilleure stabilité des papilles interproximales.	Pas de randomisation, le choix s'est fait en fonction de l'inclinaison de l'implant (pilier CAD/CAM si >15°) et de l'épaisseur des tissus mous (Zr si <2 mm) péri-implantaires.
de Oliveira Silva et al. 2020(135)	Pas de différence significative sur la perte osseuse, PPD, la récession gingivale et le saignement. Des différences ont été constatées dans le nombre de génomes et le profil microbien des deux matériaux. Le profil microbien des piliers Zr et Ti est semblable à celui des dents naturelles respectivement.	Les résultats cliniques sont similaires et satisfaisant pour les deux matériaux. Le profil microbien diffère entre les piliers Zr et Ti mais n'impacte pas sur les résultats cliniques à 3 ans.	Pas de Randomisation : Zr en antérieur et Ti en postérieur. 85% sont des femmes. 5 patients perdus de vue et 1 échec. Suivi à 3 ans de seulement 14 piliers.

Koller et al. 2020(136)	Pas de différence significative sur les résultats biologiques (BOP, PI, MBL) et esthétiques (PES) entre les implants en Zr ou en Ti.	A 80 mois de suivi, pas de différence significative dans les résultats cliniques et radiologiques entre les deux matériaux.	Les deux groupes n'utilisent pas le même matériau pour l'implant : Implant et pilier Zr VS Implant et pilier Ti. Pilier Zr collé directement sous digue à l'implant. Petit échantillon (31).
Bittencourt et al. 2021(137)	Augmentation de la profondeur de sondage avec le Ti et diminution avec la Zr au cours du temps. PPD au niveau mediovestibulaire significativement moindre avec la Zr comparé au Ti. Pas de différence significative sur mBI, mPII. Les phénotypes épais ont de meilleurs résultats esthétiques (PES). Significativement de moins bons résultats esthétiques sur phénotype fin avec le Ti (PES).	Sur phénotype fin, les résultats esthétiques sont meilleurs avec les piliers Zr. La Zr permet d'obtenir de meilleurs résultats au niveau des tissus mous péri-implantaires.	21 patients perdus de vue : -1 avec 2 implants qui ont échoués, -15 n'ont pas répondu aux convocations, -4 n'ont pas respecté les visites de suivi, -1 est décédé.
De Freitas et al. 2021(138)	Pas de différence significative entre Ti et Zr sur les résultats cliniques. Zr et Ti présentent une diversité du microbiome significativement différente. Le biofilm sous-muqueux présentait des corrélations importantes avec les résultats cliniques.	Le microbiome a été significativement influencé par le type de matériau utilisé comme pilier. Le temps de fonction n'impacte pas sur la diversité du microbiome. Les corrélations trouvées pourraient suggérer une relation causale sous-jacente entre les résultats microbiens et les résultats cliniques.	Pas de Randomisation : Zr en antérieur et Ti en postérieur. 85% sont des femmes.
Hosseini et al. 2022(139)	Pas de différence significative sur les résultats esthétiques et biologiques (mPII, mBI, PPD, MBL) mais généralement de moins bonnes conditions biologiques favorables avec les ACC. Perte osseuse >2 mm la 1ère année et >0,2 mm chaque année suivante est plus souvent retrouvée avec les ACC. Moins bonne adaptation marginale des ACC.	Taux de survie et de succès élevés des restaurations implanto-portées à base de Zr et de métal dans la région prémolaire. Adaptation marginale meilleure avec les MCC. Pas d'autre différence significative entre les deux matériaux au niveau des résultats biologiques, techniques et esthétiques.	Patients présentant une agénésie. Etude qui compare aussi ACC et MCC. Compare AC-C et MC-M mais pas toujours de distinction de Ti et Au dans le groupe MC-M. 6 patients perdus de vue : -4 n'ont pas répondu aux convocations, -1 a déménagé, -1 ne souhaitait plus participer à l'étude.

Tableau 10 : Tableau récapitulatif des résultats, conclusions et limites de chaque étude

C. SYNTHÈSE DES RÉSULTATS

1 Résultats biologiques (Tableau 6)

a Profondeur de sondage

Sept articles ont rapporté des valeurs de profondeur de sondage.

Tous les articles inclus ont conclu sur l'absence de différence significative entre les piliers Zr et Ti, à l'exception de l'étude de Bittencourt et al. (137) qui relève une profondeur de sondage au niveau mediovestibulaire significativement moindre avec la Zr comparé au Ti.

De plus cette même étude a obtenu une augmentation de la profondeur de sondage avec les piliers Ti et une diminution avec les piliers Zr au cours du temps.

b Saignement au sondage

Six articles ont utilisé BOP et quatre autres ont utilisé mBI.

A première vue, les données relevées dans une majorité d'études (127,132,135,136,138) semblent montrer des valeurs de saignement plus élevées autour des piliers Zr comparé au Ti, alors que d'autres études semblent montrer l'inverse (137,139).

Cependant l'ensemble des études n'ont relevé aucune différence significative entre les matériaux pour ce qui est de l'indice de saignement.

c Récession

Les études réalisées par Lops et al. (131) et de Oliveira Silva et al. (135) n'ont pas montré de différence significative dans la mesure des récessions entre la Zr et le Ti.

d Accumulation de plaque

Certains résultats montrent peu d'accumulation de plaque avec les piliers Zr (Zembic et al. (130)) comparé aux piliers Ti, mais aucune différence significative n'a été trouvée sur l'ensemble des huit articles traitant de l'accumulation de plaque.

L'étude commune aux articles de Payer et al. (132) et Koller et al. (136) a relevé une nette diminution de l'indice de plaque retrouvé autour des piliers Zr avec un indice de plaque $PI=19,38\%(0,88)$ à 2 ans contre un indice de plaque $PI=11,07\%(8,11)$ à 6,5 ans. Avec le Ti et sur les mêmes temps de suivi, l'indice de plaque est passé de $16,05\%(8,29)$ à $15,20\%(15,58)$.

e Niveau osseux et Perte osseuse

Sur l'ensemble des neuf articles ayant relevé les niveaux osseux et ayant déduit la perte osseuse au cours du temps, aucun n'a pu mettre en évidence une différence significative entre les piliers Zr et Ti.

2 Résultats esthétiques (Tableau 7)

a Indices esthétiques

Les études de Hosseini et al. (128,139) ont utilisé le CIS pour décrire les résultats esthétiques et n'ont pas montré de différence significative.

Trois articles ont relevé les résultats esthétiques avec le PES, dont ceux de Payer et al. (132) et Koller et al. (136) qui n'ont relevé aucune différence significative entre les matériaux à 2 ans et 6,5 ans de suivi.

Seule l'étude de Bittencourt et al. (137) a montré une différence significative sur l'esthétique entre les deux matériaux avec de meilleurs résultats obtenus autour des piliers Zr sur phénotype fin comparé aux piliers Ti. Les piliers sur phénotypes épais ont obtenu des résultats sans différence significative.

Cette étude a également mesuré le WES et n'a obtenu aucune différence significative entre les matériaux prothétiques.

b Décoloration gingivale

Aucune différence significative entre les matériaux n'a pu être mise en avant selon les trois études ayant mesuré le niveau de décoloration gingivale (127,128,139).

c Hauteur de papille

La hauteur de papille est un paramètre primordial pour éviter les triangles noirs entre les couronnes, synonymes d'échec esthétique. Les quatre études ayant mesuré ce paramètre n'ont trouvé aucune différence significative entre la Zr et le Ti (127,128,130,134).

d Satisfaction du patient

Les études de Hosseini et al. (128,139) ont fait remplir des questionnaires de satisfaction aux patients au départ de l'étude puis aux rendez-vous de suivi. Les résultats montrent une amélioration de la satisfaction du patient sur le plan esthétique entre le début du traitement et le dernier suivi, mais aucune différence significative n'a été retrouvée en fonction des matériaux utilisés.

3 Complications et taux de survie (Tableau 8 et Tableau 9)

a Complications techniques :

Les complications retrouvées au niveau du pilier implantaire ayant découlé sur un échec sont les fractures de piliers. Ces fractures interviennent exclusivement au niveau des piliers Zr avec au total sept fractures retrouvées dans quatre articles (131,133,134,137). Aucune fracture n'a été retrouvée sur les piliers Ti et les neuf autres articles n'ont relevé aucune fracture de pilier.

La seule étude ayant conclu une différence significative entre les matériaux est celle de Ferrari et al. (133) avec un taux de fracture plus élevé pour les piliers Atlantis en Zr.

Les études de Lops et al. (129,131,134) ont rapporté 4 cas de desserrage de la vis du pilier avec autant de piliers Zr que de piliers Ti concernés. Les autres études n'ont relevé aucune complication sur ce plan-là.

Au niveau des couronnes, dans l'étude de Hosseini et al. (139), l'ajustage marginal était significativement meilleur avec les MCC sur pilier Ti comparé aux ACC sur pilier Zr.

b Complications biologiques :

Hosseini et al. (128) ont rapporté trois cas de fistules sur des restaurations ACC sur piliers en Zr, soit un taux de complication de 5,8 % (3/52), tandis que tous les piliers en Ti ne présentaient aucune complication après un suivi de 3 ans.

Lops et al. (129) ont enregistré un cas de mucosite autour d'un pilier Ti qui a été traité avec succès par des mesures anti-inflammatoires.

Dans l'étude de Zembic et al. (130), deux implants ont été perdus avec des piliers en Zr et un implant perdu avait un pilier en Ti, soit 11,1% et 10% d'échec implantaire respectivement.

Payer et al. (132) ont signalé la perte d'un implant en Zr 8 mois après la pose (1/15), tandis qu'aucune complication biologique n'a été enregistrée dans le groupe Ti. Dans la suite de l'étude, Koller et al. (136) ont rapporté une perte d'un implant Zr à 25 mois et une perte d'un implant Ti à 80 mois suite à une péri-implantite.

Un implant supportant un pilier Zr a été perdu dans l'étude de de Oliveira Silva et al. (135).

Hosseini et al. (139) ont rapporté un cas de péri-implantite autour d'un implant avec un pilier Zr. Selon les auteurs, le succès biologique a été obtenu pour 77,4% des couronnes

céramiques sur piliers Zr (24/31) et pour 93,8% des couronnes céramo-métalliques sur piliers Ti (30/32).

Au total, 15 piliers Zr sur 231 et 5 piliers Ti sur 216 ont rencontré des complications biologiques. Aucune différence significative n'a pu être posée entre les piliers Zr et Ti concernant ces complications.

c Complications esthétiques :

Les études n'ont rencontré aucun échec esthétique majeur.

Seule l'étude de Bittencourt et al. (137) a obtenu des score PES < 6 avec les piliers Ti sur phénotype fin, sachant que 6 équivaut au cliniquement acceptable.

d Taux de survie/succès :

L'ensemble des études ont rapporté des taux de survie et des taux de succès élevés.

Ferrari et al. (133) ont rapporté un taux de survie des piliers Atlantis en Zr significativement moindre que ceux des piliers Atlantis en Ti et TiN.

Les autres études n'ont relevé aucun lien significatif entre le type de matériau et le taux de survie.

D. ÉTUDE DES RISQUES DE BIAIS

-Évaluation de la qualité et du risque de biais des ECR inclus avec l'outil RoB 2 :

RoB 2 (Risk of bias for randomized controlled trials 2.0) est un outil de référence qui permet d'évaluer le risque de biais de tous les types d'essais cliniques randomisés (116).

Un modèle est à suivre pour évaluer les domaines dans lesquels un biais peut s'introduire dans les essais cliniques randomisés. L'outil guide les utilisateurs dans une série de questions filtres pour chacun des cinq domaines dans lesquels des biais pourraient s'introduire :

- le biais qui émerge du processus de randomisation (biais de sélection),
- le biais dû à des déviations par rapport aux interventions prévues,
- le biais dû à des données finales manquantes (biais d'attrition),
- le biais dans la mesure du résultat,
- le biais dans la sélection des résultats rapportés.

À la fin de chaque section, un algorithme permet de porter un jugement définitif quant au risque de biais. Chaque élément est pondéré de façon égale afin de porter un jugement global sur le risque de biais.

Auteur et année	Processus de randomisation	Déviations dans les interventions	Manque de données finales	Mesure du résultat	Sélection des résultats rapportés	Risque de biais global
Zembic et al. 2009(127)	+	+	?	+	+	!
Zembic et al. 2013(130)	+	+	?	+	+	!
Payer et al. 2015(132)	+	+	+	+	+	+
Ferrari et al. 2016(133)	+	+	+	+	+	+
Koller et al. 2020(136)	+	+	+	+	+	+
Bittencourt et al. 2021(137)	+	+	?	+	+	!
Hosseini et al. 2022(139)	+	+	+	+	+	+

■ Risque faible

■ Risque incertain / Manque de clarté

■ Risque élevé


Tableau 11 : Tableau décrivant le jugement de l'auteur sur les éléments de risque de biais pour chaque essai clinique randomisé inclus, en suivant l'outil RoB 2 (116)

-Évaluation du risque de biais des ECNR inclus avec l'outil ROBINS-I

Tout comme l'outil RoB 2 vu précédemment, ROBINS-I est un guide avec une série de questions à suivre sur chaque domaine de biais qui vont nous permettre de préciser la qualité des essais cliniques non randomisés (118).

Auteur et année	Pré-intervention		Intervention	Après l'intervention				Risque de biais global
	Biais de confusion	Biais de sélection	Biais de classification	Déviations dans les interventions	Manque de données finales	Mesure du résultat	Sélection des résultats rapportés	Faible/Modéré/Élevé
Hosseini et al. 2013(128)	?	+	+	+	+	+	+	!
Lops et al. 2013(129)	?	+	+	+	?	+	+	!
Lops et al. 2014(131)	?	+	+	+	+	+	?	!
Lops et al. 2017(134)	?	+	+	+	+	+	?	!
De Oliveira Silva et al. 2020(135)	+	?	+	+	?	+	+	!
De Freitas et al. 2021(138)	+	?	+	+	?	+	+	!

 Risque faible

 Risque incertain / Manque de clarté

 Risque élevé

Tableau 12 : Tableau décrivant le jugement de l'auteur sur les éléments de risque de biais pour chaque essai clinique non randomisé inclus, en suivant l'outil ROBINS-I (118)

V. DISCUSSION

L'objectif de cette revue était d'analyser et de comparer les performances cliniques obtenues avec des piliers Zr et Ti à moyen et long terme.

Les deux matériaux ont montré des taux de survie élevés en tant que pilier implantaire, ainsi que des résultats biologiques et esthétiques très proches.

A. ANALYSE DES RÉSULTATS SUR LE PLAN BIOLOGIQUE

De nombreuses données biologiques ont pu être extraites de l'ensemble des études avec notamment des résultats sur l'influence des matériaux sur les tissus mous péri-implantaires.

Saignement au sondage : Les résultats sur l'indice de saignement au sondage étaient hétérogènes entre les études et n'ont pas permis d'aboutir à une différence significative lors de la comparaison des matériaux. Une revue de la littérature a rapporté que l'inflammation des muqueuses était plus importante à proximité des piliers en Ti qu'en Zr (141).

Il s'avère que ces résultats dépendent en grande partie de l'accumulation de plaque et donc de l'état de surface du matériau (59). La Zr a pour propriété d'avoir un état de surface poli et traité pour obtenir moins d'énergie de surface et donc moins d'accumulation de plaque. Les piliers en céramique sont plus faciles à polir que les piliers métalliques, ce qui peut grandement réduire la colonisation et l'adhésion bactérienne. D'après une étude de Linkevicius et al. (142), une rugosité de surface de 0,054 μm peut être obtenue avec la Zr en suivant un protocole composé de trois polissoirs à grains dégressifs et d'une pâte diamantée à polir. En comparaison, le Ti des piliers implantaires a une rugosité de surface située autour de 0,2 μm (51). Cette rugosité moindre de la Zr traitée et polie réduit l'adhésion bactérienne par rapport à une surface plus rugueuse, tout en permettant l'adhésion des fibroblastes et l'établissement d'une étanchéité durable des tissus mous épithéliaux (143).

Profondeur de sondage : Il a été démontré que les fibroblastes prolifèrent plus et que les cellules épithéliales ont une meilleure adhésion en présence de Zr polie que de Ti (53). Les cellules épithéliales sont connues pour préférer les surfaces lisses. La Zr est alors le matériau idéal pour ces cellules avec sa rugosité de surface très faible quand elle est polie. De plus, sa faible énergie de surface inhibe la fixation des bactéries, ce qui génère une diminution de l'inflammation et une bonne adaptation tissulaire. Une revue systématique de la littérature avec méta-analyse a rapporté une réponse inflammatoire plus importante avec une profondeur de sondage augmentée autour des restaurations sur piliers Ti comparé à celles sur piliers Zr (144).

Cependant, ces résultats ne se traduisent pas par des différences dans les résultats biologiques sur le moyen terme, d'après les études expérimentales sélectionnées dans cette revue.

Plaque : Les propriétés physico-chimiques et l'état de surface des matériaux transgingivaux des piliers implantaires influent sur la formation du biofilm. La colonisation bactérienne des surfaces de Zr s'est avérée inférieure à celle des surfaces en Ti dans plusieurs études (56,57,145).

La Zr semble provoquer moins d'inflammation que le Ti, avec moins d'accumulation de plaque sur les surfaces en Zr (51,56). Cela signifie que la Zr serait capable de réduire l'étendue de la zone de plaque.

Récession : Seule l'étude de Lops et al. (131) a montré des valeurs légèrement différentes en ce qui concerne les récessions avec de meilleures valeurs sur les piliers Ti CAD/CAM comparé aux piliers Zr CAD/CAM et aux piliers standards. Cependant il est possible que ce résultat soit lié au fait que les piliers Ti ont été installés sur des phénotypes parodontaux épais alors que ceux en Zr ont été installés sur des phénotypes fins (épaisseur gingivale marginale moyenne sur piliers Ti CAD/CAM de 2,75 mm contre seulement 1,75 mm autour des piliers Zr CAD/CAM). C'est pour cela que les valeurs ont été comparées en tenant compte du même type de matériau de pilier, afin d'éviter les comparaisons entre différentes épaisseurs de muqueuse gingivale (comparaison CAD/CAM vs standard pour chaque matériau).

Niveau osseux : Le niveau osseux ainsi que la perte osseuse au cours des études n'ont pas semblé être influencés par le type de matériau. L'étude de Hosseini et al. (139) a montré une perte osseuse cliniquement non acceptable (perte osseuse >2 mm la 1ère année et >0,2 mm chaque année suivante) plus souvent retrouvée avec les couronnes céramiques sur piliers Zr comparé aux couronnes céramo-métalliques sur piliers Ti. Cette donnée est probablement liée à la moins bonne adaptation marginale retrouvée dans l'étude avec les couronnes céramiques sur piliers Zr.

Il n'y a pas encore de preuves cliniques établissant que l'utilisation d'un matériau puisse mieux maintenir la stabilité de la crête osseuse qu'un autre. Des nombreux facteurs entrent en compte et il est donc difficile de prouver qu'une perte osseuse soit provoquée par l'utilisation d'un matériau. Les revues de la littérature récentes n'ont pas trouvé de différence en terme de perte osseuse entre les piliers en Zr et en Ti (38,144).

Une étude réalisée en *split-mouth* avec un pilier Zr et un pilier Ti sur chaque patient a relevé une diminution plus importante du niveau osseux autour des piliers Ti pendant les 12 mois de suivi (32). Cependant des études avec un suivi à plus long terme sont nécessaires pour pouvoir tirer des conclusions définitives sur l'effet des différents matériaux.

Complications biologiques : La Zr et le Ti sont des matériaux connus pour être biocompatibles, mais cela n'a pas empêché l'apparition de complications biologiques dans plusieurs études. Nous n'avons relevé aucune différence entre les matériaux sur le taux d'apparition des complications biologiques, même si ces complications ont été rencontrées légèrement plus souvent sur les piliers Zr (128,139).

Il existe une grande variété de facteurs qui jouent également un rôle dans la santé des tissus mous et durs péri-implantaires :

-L'état de surface et le traitement de surface : les surfaces les plus lisses permettent aux cellules de s'étaler à plat et d'adhérer fermement sur la Zr. Tandis que sur des surfaces rugueuses traitées par sablage, les cellules ne sont pas complètement étendues dans la morphologie de la Zr. Le processus de polissage et de traitement thermique à 1250 °C élimine la phase monoclinique accumulée en surface et expose la phase tétragonale.

Le traitement au plasma et à la lumière UV de la Zr améliore la propriété hydrophile du matériau. Une étude a montré une amélioration des propriétés de surface avec une augmentation de l'oxygène et une diminution significative du carbone après le traitement par lumière UV ou plasma (146). Le traitement par plasma non thermique offre le meilleur effet sur l'adhésion et la prolifération des cellules, et surtout sur la synthèse du collagène selon Yang et al. (147).

Le processus d'usinage de la Zr et son polissage entraîne une contamination du pilier pouvant induire une réponse inflammatoire des tissus péri-implantaires. C'est pour cela qu'une étape de nettoyage des piliers doit être réalisée pour décontaminer la surface en Zr. Le procédé de nettoyage à la vapeur ne permet pas un nettoyage complet de leur surface. Une étape de nettoyage supplémentaire doit être envisagée. Un protocole de nettoyage simple à mettre en œuvre et efficace a été proposé (148). Il est conseillé, en plus du nettoyage vapeur, d'utiliser un bain à ultrasons avec une solution détergente pendant 10 minutes pour le nettoyage des piliers en Zr avant la livraison.

-La quasi-totalité des restaurations était scellées sur le pilier implantaire, or ce type de restauration rencontre des complications biologiques plus importantes comparé aux restaurations transvissées selon une revue de la littérature (11). La présence de ciment résiduel

peut provoquer des complications biologiques voire un échec, en particulier si l'agent de scellement est résineux (101). La solution scellée reste viable seulement sous réserve de pouvoir éliminer totalement les excès de ciment.

-Lors de la conception du pilier, la position de la limite où va reposer la couronne est également primordiale pour éviter les résidus de ciment. Même avec des piliers personnalisés, une limite située 1 mm sous-gingival ou plus empêche l'élimination complète du ciment, en dépit d'un nettoyage soigneux (105). Les tissus péri-implantaires entretiendraient un contact avec l'agent de scellement au lieu d'être en contact avec le matériau du pilier et pourraient être endommagés. La profondeur de sondage et l'accumulation de plaque pourraient aussi être influencées par ce paramètre. Pour éviter toute complication liée à des résidus du ciment, il est recommandé de choisir des limites supra ou juxta-gingivales pour retirer entièrement les excès (102).

-D'autres complications ont pu être causées par un défaut d'ajustage de la couronne, notamment pour l'étude de Hosseini et al. (139) dans laquelle les couronnes céramiques sur pilier Zr étaient moins bien ajustées. Ce défaut d'adaptation marginale peut être dû à l'utilisation de chapes en Zr préfrittées.

-Un micro-gap entre le pilier et l'implant peut aussi créer une infiltration bactérienne et une réaction inflammatoire autour de la connexion implant-pilier (149).

-Le type de pilier (personnalisé ou standard) semble avoir une influence sur la stabilité des tissus mous. Lops et al. (131) ont rapporté de meilleurs résultats biologiques avec les piliers personnalisés. Il faut cependant être prudent avec ce type de pilier qui a montré des faiblesses mécaniques dans l'étude de Ferrari et al. (133) avec les piliers Atlantis. Une étude récente comparant les performances cliniques des restaurations sur piliers Zr standards et personnalisés en secteur antérieur n'a pas relevé de différence significative entre les deux types de piliers sur le plan biologique et mécanique (150).

Ces complications dépendent plus du design, de la conception du pilier et de la couronne plutôt que du matériau du pilier lui-même. Des facteurs tels que la position de l'implant peuvent aussi influencer les paramètres de santé péri-implantaire (26).

B. ANALYSE DES RÉSULTATS SUR LE PLAN ESTHÉTIQUE

Quelques études sélectionnées ont pu rapporter les résultats esthétiques obtenus avec les différents piliers pour en déduire l'impact sur la restauration implanto-portée finale. C'est uniquement sur un phénotype parodontal fin que des différences ont été rapportées avec un score PES meilleur au niveau des piliers Zr (137).

En terme de couleur, les piliers en Zr ont un avantage esthétique certain sur les piliers en Ti (3). Une revue de la littérature avec méta-analyse a conclu qu'une épaisseur suffisante de tissu gingival semble être plus importante que la décision entre les piliers en Zr ou en Ti pour obtenir un bon résultat esthétique (151). D'autres revues systématiques ont conclu que le matériau du pilier influençait l'esthétique et que les piliers en céramique (152) et notamment en Zr (39,40) permettaient d'obtenir de meilleurs résultats esthétiques qu'avec les piliers Ti.

On considère que l'épaisseur du tissu influence l'effet du pilier sur la teinte finale de la muqueuse péri-implantaire (62). Dans les cas où les tissus péri-implantaires sont épais, aucune différence entre les matériaux n'a été rapportée. Une épaisseur suffisante de tissus mous péri-implantaires est importante pour obtenir un bon résultat esthétique.

Une revue systématique, ayant pour objectif d'analyser les effets du matériau du pilier et de l'épaisseur gingivale sur la couleur des tissus mous péri-implantaires, a conclu que des changements de couleur minimes étaient retrouvés au niveau des tissus péri-implantaires épais supérieur à 3 mm d'épaisseur (152). Par conséquent, l'utilisation de piliers en Zr ne peut être esthétiquement appréciée que dans le cas d'un phénotype tissulaire fin inférieur à 3 mm.

Indices esthétiques : Selon Linkevicius et al. (38), l'indice PES doit être utilisé pour évaluer les résultats esthétiques car il reflète mieux l'état des tissus mous. Leur revue systématique a rapporté que le score PES autour des piliers en Zr était significativement plus élevé que celui des piliers en Ti lors d'un suivi de 2 ans. Dans notre étude avec des suivi supérieur à 2 ans, l'indice PES n'a montré aucune différence entre la Zr et le Ti.

Il est intéressant de noter que dans l'étude de Payer et al. (132), les résultats de PES ont été meilleurs avec la Zr à la pose et au suivi de 1 an, puis les valeurs se sont équilibrées au fil du temps à 2 ans de suivi. Les valeurs de PES sont devenues très proches à 6,5 ans de suivi selon Koller et al. (136).

Décoloration gingivale : L'étude de Zembic et al. (127) qui compare les résultats obtenus autour des piliers implantaires à ceux obtenus sur les dents controlatérales du même patient, ne rapporte aucune différence significative entre les deux matériaux. Cependant, la Zr

et le Ti ont tous les deux induit un changement visible de la couleur des tissus mous comparé aux dents naturelles. C'est un résultat également retrouvé dans la littérature avec les piliers en Zr qui induisent le moins de différence de couleur avec les dents naturelles mais pour autant ne donnent pas une valeur strictement identique au cours de l'analyse spectrophotométrique (23).

Bien qu'il puisse sembler évident que les piliers en Zr soient plus esthétiques, en raison de la couleur blanche de ces piliers, ils provoquent quand même une décoloration des tissus mous, surtout si on les compare à la muqueuse des dents naturelles (127). Pour une meilleure intégration esthétique, des techniques modifiant cette couleur de la Zr ont été proposées (65), soit en la stratifiant avec de la céramique colorée, soit en utilisant de la Zr fluorescente.

Hauteur des papilles : Il n'y a pas de différence non plus entre les matériaux concernant la hauteur des papilles interproximales. De meilleurs résultats sont retrouvés avec les piliers personnalisés comparé aux piliers standards, avec notamment un gain en hauteur avec autour des piliers personnalisés (134).

Satisfaction des patients : Des études récentes ont rapporté de meilleurs résultats esthétiques des restaurations sur piliers Zr comparé aux piliers Ti ou Ti anodisés en région antérieur (121,153). Il est intéressant de noter que, dans ces études, il n'y avait pas de différence significative dans la satisfaction des patients entre les piliers en Zr et les piliers en Ti.

Complications esthétiques : L'effet grisâtre des piliers Ti visible en transparence, en particulier dans le cas de tissus péri-implantaires fins, peut compromettre les résultats esthétiques. Ceci a été retrouvé dans notre étude avec des scores PES inférieurs à 6 des piliers Ti sur phénotype fin (137).

Pour résumer, les critères esthétiques influençant le choix du matériau de pilier sont :

- la position sur l'arcade : dans les secteurs antérieurs et prémolaires, les piliers Zr sont préférés.
- l'épaisseur des muqueuses : les piliers Zr sont recommandés si l'épaisseur de gencive est inférieure à 2 mm. Au-dessus de 2 mm, l'influence du matériau sur l'esthétique est non visible à l'œil nu.
- la ligne du sourire du patient.

C. ANALYSE DES RÉSULTATS SUR LE PLAN MÉCANIQUE

L'échec du pilier, dû à une fracture, était associé aux piliers en Zr avec un taux de fracture calculé à 3% (7/231). Les fractures des piliers Zr ont été le plus souvent retrouvées dans les piliers à connexion interne. L'avantage de la connexion interne est de minimiser les desserrages de vis du pilier (154). Mais cette connexion peut donner au pilier une fragilité dans la zone du col du pilier, où les forces sont concentrées.

La localisation postérieure de la restauration semble aussi être un facteur qui contribue à l'augmentation des fractures. Une revue systématique comparant les complications des piliers implantaires en fonction de leur localisation antérieure ou postérieure a rapporté une incidence de complications mécaniques et techniques significativement plus élevée en postérieur avec les piliers Zr (155). Parmi les 5 cas de fracture dans l'étude de Ferrari et al. (133), 4 se situaient en postérieur. Le cinquième cas de fracture est intervenu au moment de la pose. Cela pourrait être dû aux contraintes subies lors de la préparation en laboratoire, avec parfois des parois de pilier très fines qui ne résistent pas aux forces de torsion lors du serrage.

Aucune fracture n'a été retrouvée sur les piliers Ti, indiquant la plus grande résistance de ces piliers en accord avec la littérature (156). Les propriétés mécaniques de ce matériau permettent un léger degré de flexion qui absorbe les contraintes. En comparaison, bien que la Zr soit relativement résistante mécaniquement, elle reste un matériau cassant.

Les piliers métalliques constituent un matériau de choix dans les situations nécessitant une stabilité mécanique importante. De nombreuses études menées en laboratoire ont montré que les piliers en Zr monobloc n'étaient pas aussi stables que les piliers en Ti (156–158).

D'excellents résultats cliniques poussent à penser que les piliers en Zr et en Ti ont des performances équivalentes en secteur antérieur et en postérieur (130). Mais il est nécessaire de confirmer ce concept par d'autres études cliniques à long terme. En conséquence, et au vu des études in vitro, les piliers en Ti devraient toujours être préférés dans les situations nécessitant une importante stabilité mécanique.

Les complications de *chipping* ont été principalement retrouvées sur les MCC dans notre étude. Ce résultat n'est pas en accord avec la littérature qui reporte un taux plus important de ces complications au niveau des ACC selon une revue systématique (159).

Une nouvelle céramique composée de Zr stabilisée par l'oxide de cérium et d'Alumine (Ce-TZP/Al₂O₃) a récemment vu le jour. Elle a une résistance mécanique et une résistance au

vieillesse supérieure à celle de la Zr partiellement stabilisée à l'oxyde d'yttrium (Y-TZP) (160).

Dans une étude *in vitro*, l'état de surface du matériau Ce-TZP/Al₂O₃ poli a permis d'obtenir un "effet miroir" et une meilleure adhésion cellulaire, pour créer une barrière dans la zone sous-gingivale, comparé au Ti poli (161).

D. ANALYSE DES TAUX DE SURVIE

Les études ont obtenu des taux de survie très bon, souvent proches des 100% pour ce qui est des implants et des piliers. Mise à part l'étude de Ferrari et al. (133), tous les autres articles n'ont rapporté aucune différence significative sur les taux de survie entre la Zr et le Ti. Ces résultats avec de haut taux de survie sont en accord avec la littérature (17).

De récentes études avec des suivis sur le long terme attestent de la fiabilité de ces matériaux en tant que matériau des piliers implantaires. Une étude prospective a rapporté un taux de survie de 96,3 % pour les piliers en Zr, supportant des couronnes céramiques au niveau des incisives et prémolaires, après un suivi moyen de 11,3 ans (113).

Une étude rétrospective de 10 ans, publiée en 2022, sur les piliers en Ti standards, a rapporté un taux de survie de 98.3% des piliers en région postérieure (162).

E. LIMITES DE L'ÉTUDE

-De nombreux indices de mesure différents ont été utilisés dans les études sélectionnées. Ce qui donne une hétérogénéité dans les données. Les différentes études utilisent également des méthodes différentes pour mesurer les paramètres, ce qui peut affecter les résultats globaux.

Les résultats rapportés par les patients basés sur les perceptions subjectives du patient lui-même ont été utilisés comme méthodes d'évaluation esthétique, tout comme l'indice CIS ou le PES. Cependant, l'hétérogénéité entre tous ces indices et méthodes rend les comparaisons entre les études difficiles.

Un même paramètre, même s'il est pris en compte dans différents indices, peut être pondéré différemment en fonction de la notation respective de l'indice. Idéalement, toutes les études devraient adopter la même méthode d'évaluation ou le même indice universel.

-Les piliers en Zr des études incluses étaient principalement en Zr monobloc, or nous avons vu que ce type de pilier est plus fragile que les piliers Zr hybrides sur embase Ti.

-On retrouve souvent des matériaux de couronnes qui ne sont pas les mêmes en fonction du matériau du pilier utilisé. Ce sont la plupart du temps des ACC avec les piliers Zr et des MCC avec les piliers Ti, ce qui peut aussi influencer les résultats car le type de restauration peut avoir été un facteur de la distribution des contraintes sur le pilier.

-Les restaurations implantaire étaient presque exclusivement des couronnes scellées. Nous avons vu cependant que ce type de rétention pouvait influencer les résultats biologiques en cas de présence d'excès de ciment.

-La principale difficulté a été la recherche bibliographique. Elle a été longue car il y avait beaucoup d'articles mais peu avaient un recul de 2 ans ou plus. Un biais de sélection des articles pour la revue systématique peut être évoqué car la recherche n'a été effectuée que par un seul investigateur et seules les études cliniques prospectives ont été relevées. La consultation de plusieurs bases de données, ainsi qu'une équation de recherche assez « ouverte » ont permis de fournir tout de même une couverture large des études publiées sur le sujet.

-Il y a peu de RCT sur le sujet pour des questions d'éthique. Un essai contrôlé randomisé n'est éthiquement acceptable que si les meilleures connaissances actuelles ne permettent pas de dire avec suffisamment de certitude quelle stratégie thérapeutique est a priori la meilleure (on parle alors d'équipoise clinique).

Plusieurs études expérimentales sélectionnées n'ont pas pu réaliser de randomisation car les cliniciens ont dû suivre les indications des fabricants et n'ont pas pu utiliser de piliers Ti en antérieur sur phénotype parodontal fin par exemple. Pour diminuer l'effet de cette limitation dans les études non randomisées, les dents controlatérales ont parfois été utilisées comme contrôle (étude *split-mouth*).

-Le recul sur le sujet est encore faible et nous n'avons pas encore d'étude avec un suivi très long. Le choix a été fait dans cette étude de sélectionner les études cliniques comparant directement les deux matériaux entre eux. Ceci avait pour but de minimiser les biais et d'obtenir une meilleure comparaison.

Des études méthodologiquement rigoureuses et à plus long terme restent nécessaires pour recommander l'utilisation des piliers Zr.

VI. CONCLUSION DE LA REVUE

Les recherches actuelles à moyen terme comparant directement les piliers Zr aux piliers Ti ne donnent pas de préférence claire sur l'utilisation d'un matériau ou l'autre en tant que pilier de prothèse unitaire sur implant.

La plupart des études ne trouvent aucune différence significative entre ces deux matériaux, autant sur le plan biologique qu'au niveau des taux de survie, ce qui prouve la fiabilité de la Zr comparé au gold standard qu'est le Ti.

Les résultats présentés permettent de conclure que :

- Les taux de survie obtenus étaient élevés et sans différence significative entre les matériaux.
- Les complications biologiques, la perte osseuse et la profondeur de sondage parodontal n'ont pas été influencées de manière significative par le matériau du pilier.
- Bien que la différence dans l'incidence des complications techniques et mécaniques ne soit pas significative dans la majorité des études, les piliers Ti semblent être mécaniquement supérieurs aux piliers Zr. Dans la zone postérieure et lorsque les contraintes occlusales sont plus fortes, un pilier implantaire en Ti est la meilleure option.
- En ce qui concerne les résultats esthétiques, les deux matériaux peuvent être utilisés lorsque l'épaisseur des tissus mous est suffisante (plus de 3 mm). Dans les cas où l'épaisseur des tissus mous est limitée, en particulier dans la zone esthétique, les piliers Zr donnent de meilleurs résultats esthétiques.

CHOIX DU PILIER ZR : QUAND L'UTILISER POUR LES RESTAURATIONS UNITAIRES ? ARBRE DÉCISIONNEL

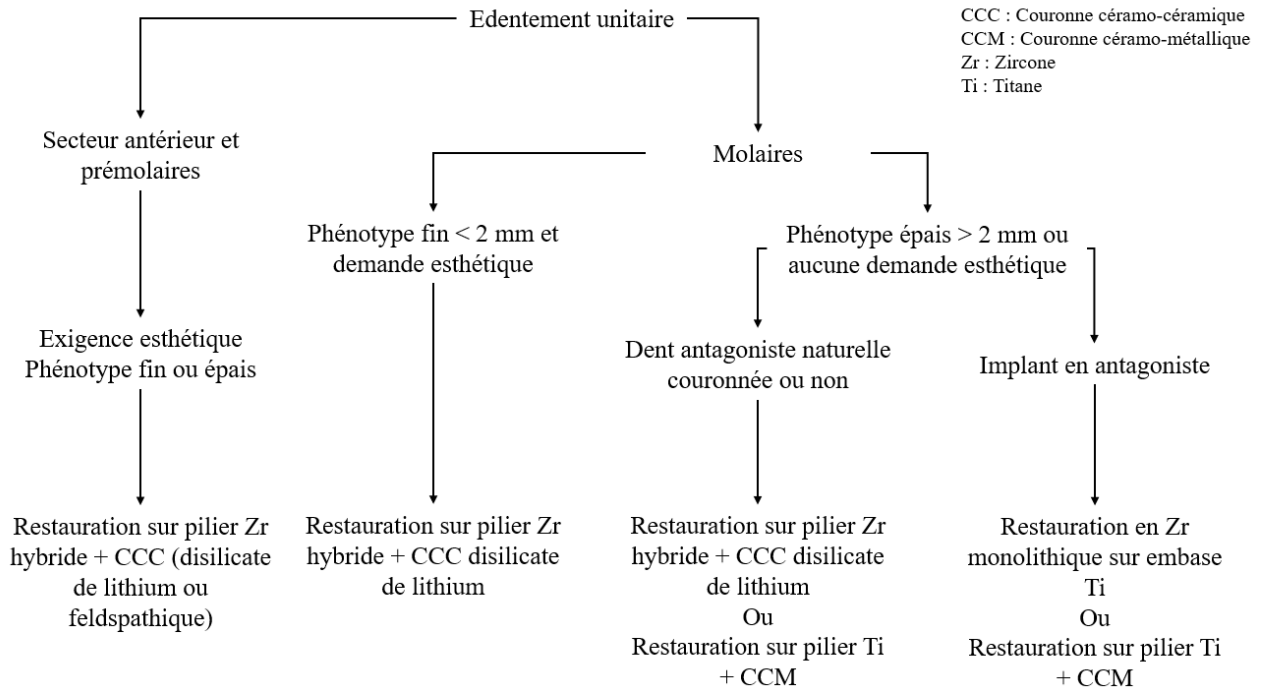


Figure 12 : Arbre décisionnel du choix du pilier en Zr

	Pilier Zr	Pilier Ti
Localisation Antérieure Incisives/Prémolaires	+++	+++
Localisation Postérieure Molaires	++	+++
Epaisseur gingivale > 2 mm et demande esthétique	+++	++
Epaisseur gingivale < 2 mm et demande esthétique	+++	+
Contraintes occlusales élevées Sport de contact, bruxisme	++	+++

Tableau 13 : Tableau des indications des piliers Zr et Ti selon les situations cliniques

Il faut garder à l'esprit que l'aspect esthétique est déterminant dans les secteurs antérieurs où les contraintes sont plus faibles, alors que dans les secteurs postérieurs, les forces occlusales sont plus importantes. Comme les piliers en Zr sont esthétiques, biocompatibles et stables à long terme, ils doivent être utilisés pour les restaurations en zone esthétique.

Malgré les arguments d'esthétique et de biocompatibilité mis en avant avec les piliers Zr, la fonction en postérieur nous oriente vers l'utilisation de piliers Ti.

CONCLUSION

Bien que des recherches sur les matériaux des piliers implantaires et leurs modifications aient été publiées depuis de nombreuses années, de nombreux cliniciens ont encore du mal à choisir le matériau et la conception du pilier. Cette zone de jonction implant-prothèse est le théâtre de nombreux enjeux déterminants dans l'intégration biologique et esthétique de la restauration implantaire. Tous les paramètres qui régissent cette zone doivent être étudiés avec attention en fonction de la situation clinique.

Les variables possibles dans le choix du pilier de l'implant semblent être illimitées, y compris le matériau, la conception macroscopique, la topographie de surface, le traitement de surface et même la modification de la couleur par stratification pour les piliers en Zr et par anodisation pour ceux en Ti.

Par mesure de précaution, il semble préférable de privilégier l'utilisation des piliers Zr dans les zones à faibles contraintes occlusales. Les piliers Ti sont à éviter dans les reconstitutions en secteur antérieur avec une épaisseur de muqueuse inférieure à 2 mm, car contrairement aux piliers en Zr, ils peuvent provoquer une décoloration de la muqueuse péri-implantaire. Par conséquent, la mesure de l'épaisseur de la muqueuse péri-implantaire peut aider les cliniciens à décider quel matériau de pilier est indiqué dans une situation clinique donnée (62).

La réalisation d'une restauration à base de Zr sur un implant *tissue level* avec un col lisse usiné en contact avec les tissus mous n'est cliniquement pas logique. La Zr est un matériau adapté à la portion sous-gingivale et utilisée principalement pour son impact sur les tissus mous. Les piliers Zr doivent donc être utilisés sur des implants *bone level* pour pouvoir être enfouis et permettre de développer une adhésion aux tissus péri-implantaires.

Il est également important de prendre en compte les facteurs prothétiques dans leur ensemble. Le choix du matériau du pilier est primordial pour la stabilité de la reconstitution implantaire, tout comme le sont le choix du type de rétention de la prothèse sur l'implant (scellé/transvissé), le profil d'émergence de la restauration et le matériau de la couronne. Aucun facteur prothétique n'est plus important qu'un autre. Une prothèse sur pilier en Zr biocompatible peut voir ses résultats détériorés par la persistance d'excès de ciment de scellement.

Il est nécessaire de connaître et de prendre en compte tous ces facteurs prothétiques en vue d'optimiser les résultats cliniques sur le long terme. Chaque pilier doit être choisi avec

autant de soin que le type de restauration et dépendra à la fois de cette restauration et des conditions cliniques.

Le traitement implantaire dépend de plusieurs intervenants, dont le clinicien en chirurgie, le clinicien en prothèse et le prothésiste, ayant chacun un rôle dans la réussite du traitement. Le prothésiste, de par son travail sur le design et l'état de surface du pilier en Zr, a une importance capitale dans l'intégration biologique des structures prothétiques. Cet état de fait implique une communication importante entre la clinique et le laboratoire.

Un bon choix de matériau du pilier implantaire doit permettre d'obtenir un résultat positif à long terme grâce à une stabilité des tissus péri-implantaires. Nous avons vu que la Zr est un matériau biocompatible idéal pour contribuer à l'obtention de cet objectif. Ses performances esthétiques en font un matériau de choix pour le secteur antérieur. Cependant, nous avons vu que les piliers Zr présentaient certaines limites concernant leur stabilité mécanique.

Des études à plus grande échelle et des suivis des patients à plus long terme semblent nécessaires afin d'étoffer les données, et que l'utilisation de pilier en Zr puisse un jour être inscrite en tant que véritable *gold standard* au même titre que le Ti.

C'est le développement de la demande qui conduira les industriels à innover et proposer des solutions techniques fiables en Zr, à l'identique du Ti.

BIBLIOGRAPHIE

1. Pjetursson BE, Heimisdottir K. Dental implants - are they better than natural teeth? *Eur J Oral Sci.* oct 2018;126 Suppl 1:81- 7.
2. Pjetursson BE, Brägger U, Lang NP, Zwahlen M. Comparison of survival and complication rates of tooth-supported fixed dental prostheses (FDPs) and implant-supported FDPs and single crowns (SCs). *Clin Oral Implants Res.* juin 2007;18 Suppl 3:97- 113.
3. Sailer I, Zembic A, Jung RE, Hämmerle CHF, Mattiola A. Single-Tooth Implant Reconstructions: Esthetics Factors Influencing the Decision Between Titanium and Zirconia Abutments in Anterior Regions. *Eur J Esthet Dent.* sept 2007;2(3):296- 310.
4. Sailer I, Philipp A, Zembic A, Pjetursson BE, Hämmerle CHF, Zwahlen M. A systematic review of the performance of ceramic and metal implant abutments supporting fixed implant reconstructions. *Clin Oral Implants Res.* 2009;20(SUPPL. 4):4- 31.
5. Andersson B, Taylor A, Lang BR, Scheller H, Schärer P, Sorensen JA, et al. Alumina ceramic implant abutments used for single-tooth replacement: a prospective 1- to 3-year multicenter study. *Int J Prosthodont.* 2001;14(5):432- 8.
6. Manicone PF, Rossi Iommetti P, Raffaelli L. An overview of zirconia ceramics: basic properties and clinical applications. *J Dent.* nov 2007;35(11):819- 26.
7. Linkevičius T. Objectif zéro perte osseuse en implantologie. Quintessence Publishing; 2020. 281 p.
8. Holst S, Blatz MB, Hegenbarth E, Wichmann M, Eitner S. Prosthodontic considerations for predictable single-implant esthetics in the anterior maxilla. *J Oral Maxillofac Surg.* 2005;63(9 SUPPL.):89- 96.
9. Zarauz C, Pitta J, Pradies G, Sailer I. Clinical Recommendations for Implant Abutment Selection for Single-Implant Reconstructions: Customized vs Standardized Ceramic and Metallic Solutions. *Int J Periodontics Restorative Dent.* 2020;40(1):31- 7.
10. Bouchard P. Parodontologie & dentisterie implantaire, Volume 1, médecine parodontale, Lavoisier. Vol. 1. 2014. 682 p.
11. Sailer I, Mühlemann S, Zwahlen M, Hämmerle CHF, Schneider D. Cemented and screw-retained implant reconstructions: a systematic review of the survival and complication rates. *Clin Oral Implants Res.* oct 2012;23 Suppl 6:163- 201.
12. Baixe S, Dominique W, Etienne O. Céramiques en prothèse supra-implantaire : quelles options en 2020 ? *Réal Clin.* 6 oct 2020;31(3):230- 9.
13. Gallo S, Pascadopoli M, Pellegrini M, Pulicari F, Manfredini M, Zampetti P, et al. CAD/CAM Abutments versus Stock Abutments: An Update Review. *Prosthesis.* 2022;4(3):468- 79.
14. Josset Cyril. Pilier titane et couronnes en zircone [Internet]. *Implantologie numérique.* 2014. Disponible sur: <https://www.idweblogs.com/implantologie-numerique/pilier-titane-et-couronnes-en-zircone/>

15. Audran Maurice, Guillaume Bernard, Chappard Daniel. *Tissu osseux et biomatériaux en chirurgie dentaire*. Quintessence International. 2014. 379 p.
16. de Holanda Cavalcanti Pereira AK, de Oliveira Limirio JPJ, Cavalcanti do Egito Vasconcelos B, Pellizzer EP, Dantas de Moraes SL. Mechanical behavior of titanium and zirconia abutments at the implant-abutment interface: A systematic review. *J Prosthet Dent*. 12 mars 2022;S0022-3913(22)00050-6.
17. Zembic A, Kim S, Zwahlen M, Kelly JR. Systematic review of the survival rate and incidence of biologic, technical, and esthetic complications of single implant abutments supporting fixed prostheses. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2014;29 Suppl:99- 116.
18. Hu M, Chen J, Pei X, Han J, Wang J. Network meta-analysis of survival rate and complications in implant-supported single crowns with different abutment materials. *J Dent*. sept 2019;88:103115.
19. Lops D, Stellini E, Sbricoli L, Cea N, Romeo E, Bressan E. Influence of abutment material on peri-implant soft tissues in anterior areas with thin gingival biotype: a multicentric prospective study. *Clin Oral Implants Res*. oct 2017;28(10):1263- 8.
20. Kniha K, Bock A, Peters F, Heitzer M, Modabber A, Kniha H, et al. Aesthetic aspects of adjacent maxillary single-crown implants-influence of zirconia and titanium as implant materials. *Int J Oral Maxillofac Surg*. nov 2020;49(11):1489- 96.
21. Siddiqi A, Payne AGT, De Silva RK, Duncan WJ. Titanium allergy: could it affect dental implant integration? *Clin Oral Implants Res*. juill 2011;22(7):673- 80.
22. Noubissi S, Scarano A, Gupta S. A Literature Review Study on Atomic Ions Dissolution of Titanium and Its Alloys in Implant Dentistry. *Mater Basel Switz*. 24 janv 2019;12(3):368.
23. Martínez-Rus F, Prieto M, Salido MP, Madrigal C, Özcan M, Pradíes G. A Clinical Study Assessing the Influence of Anodized Titanium and Zirconium Dioxide Abutments and Peri-implant Soft Tissue Thickness on the Optical Outcome of Implant-Supported Lithium Disilicate Single Crowns. *Int J Oral Maxillofac Implants*. févr 2017;32(1):156- 63.
24. Wang T, Wang L, Lu Q, Fan Z. Changes in the esthetic, physical, and biological properties of a titanium alloy abutment treated by anodic oxidation. *J Prosthet Dent*. janv 2019;121(1):156- 65.
25. Wang T, Wang L, Lu Q, Fan Z. Influence of anodized titanium abutments on the esthetics of the peri-implant soft tissue: A clinical study. *J Prosthet Dent*. mars 2021;125(3):445- 52.
26. Wolfart S. *La prothèse en implantologie: le patient au centre du traitement*. Quintessence Publishing; 2017. 710 p.
27. Abrahamsson I, Berglundh T, Glantz PO, Lindhe J. The mucosal attachment at different abutments. An experimental study in dogs. *J Clin Periodontol*. sept 1998;25(9):721- 7.
28. Türksayar AAD, Atsü SS. Fracture Resistance of Zirconia, Polyetheretherketone, and Polyetherketoneketone Implant Abutments After Aging. *Int J Oral Maxillofac Implants*. avr 2021;36(2):332- 40.

29. Atsü SS, Aksan ME, Bulut AC. Fracture Resistance of Titanium, Zirconia, and Ceramic-Reinforced Polyetheretherketone Implant Abutments Supporting CAD/CAM Monolithic Lithium Disilicate Ceramic Crowns After Aging. *Int J Oral Maxillofac Implants.* juin 2019;34(3):622- 30.
30. Cantarella J, Pitta J, Mojon P, Hicklin SP, Fehmer V, Sailer I. Mechanical Stability of Restorations Supported by Titanium Base, Zirconia, and Polyetheretherketone Abutments on One- and Two-Piece Zirconia Implants. *Int J Oral Maxillofac Implants.* avr 2021;36(2):313- 21.
31. Kanao M, Nakamoto T, Kajiwara N, Kondo Y, Masaki C, Hosokawa R. Comparison of plaque accumulation and soft-tissue blood flow with the use of full-arch implant-supported fixed prostheses with mucosal surfaces of different materials: a randomized clinical study. *Clin Oral Implants Res.* oct 2013;24(10):1137- 43.
32. Bharate V, Kumar Y, Koli D, Pruthi G, Jain V. Effect of different abutment materials (zirconia or titanium) on the crestal bone height in 1 year. *J Oral Biol Craniofacial Res.* mars 2020;10(1):372- 4.
33. Beuer F, Schweiger J, Eichberger M, Kappert HF, Gernet W, Edelhoff D. High-strength CAD/CAM-fabricated veneering material sintered to zirconia copings--a new fabrication mode for all-ceramic restorations. *Dent Mater Off Publ Acad Dent Mater.* janv 2009;25(1):121- 8.
34. Brackett MG, Lockwood PE, Messer RLW, Lewis JB, Bouillaguet S, Wataha JC. In vitro cytotoxic response to lithium disilicate dental ceramics. *Dent Mater Off Publ Acad Dent Mater.* avr 2008;24(4):450- 6.
35. Mehl C, Kern M, Schütte AM, Kadem LF, Selhuber-Unkel C. Adhesion of living cells to abutment materials, dentin, and adhesive luting cement with different surface qualities. *Dent Mater Off Publ Acad Dent Mater.* déc 2016;32(12):1524- 35.
36. Stimmelmayer M, Edelhoff D, Güth JF, Erdelt K, Happe A, Beuer F. Wear at the titanium-titanium and the titanium-zirconia implant-abutment interface: a comparative in vitro study. *Dent Mater Off Publ Acad Dent Mater.* déc 2012;28(12):1215- 20.
37. Gehrke P, Johannson D, Fischer C, Stawarczyk B, Beuer F. In vitro fatigue and fracture resistance of one- and two-piece CAD/CAM zirconia implant abutments. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2015;30(3):546- 54.
38. Linkevicius T, Vaitelis J. The effect of zirconia or titanium as abutment material on soft peri-implant tissues: a systematic review and meta-analysis. *Clin Oral Implants Res.* sept 2015;26 Suppl 11:139- 47.
39. Cai H, Chen J, Li C, Wang J, Wan Q, Liang X. Quantitative discoloration assessment of peri-implant soft tissue around zirconia and other abutments with different colours: A systematic review and meta-analysis. *J Dent.* mars 2018;70:110- 7.
40. Naveau A, Rignon-Bret C, Wulfman C. Zirconia abutments in the anterior region: A systematic review of mechanical and esthetic outcomes. *J Prosthet Dent.* mai 2019;121(5):775-781.e1.

41. Rozeik AS, Chaar MS, Sindt S, Wille S, Selhuber-Unkel C, Kern M, et al. Cellular properties of human gingival fibroblasts on novel and conventional implant-abutment materials. *Dent Mater Off Publ Acad Dent Mater.* mars 2022;38(3):540- 8.
42. Gupta TK, Bechtold JH, Kuznicki RC, Cadoff LH, Rossing BR. Stabilization of tetragonal phase in polycrystalline zirconia. *J Mater Sci.* 1 déc 1977;12(12):2421- 6.
43. Fischer J, Schott A, Martin S. Surface micro-structuring of zirconia dental implants. *Clin Oral Implants Res.* févr 2016;27(2):162- 6.
44. Christel P, Meunier A, Heller M, Torre JP, Peille CN. Mechanical properties and short-term in-vivo evaluation of yttrium-oxide-partially-stabilized zirconia. *J Biomed Mater Res.* janv 1989;23(1):45- 61.
45. Piconi C, Maccauro G. Zirconia as a ceramic biomaterial. *Biomaterials.* janv 1999;20(1):1- 25.
46. Kim YS, Shin SY, Moon SK, Yang SM. Surface properties correlated with the human gingival fibroblasts attachment on various materials for implant abutments: a multiple regression analysis. *Acta Odontol Scand.* janv 2015;73(1):38- 47.
47. Kim SH, Ha HJ, Ko YK, Yoon SJ, Rhee JM, Kim MS, et al. Correlation of proliferation, morphology and biological responses of fibroblasts on LDPE with different surface wettability. *J Biomater Sci Polym Ed.* 2007;18(5):609- 22.
48. Rohr N, Zeller B, Matthisson L, Fischer J. Surface structuring of zirconia to increase fibroblast viability. *Dent Mater.* 2020;36(6):779- 86.
49. Dapieve KS, Guilardi LSF, Silvestri T, Rippe MP, Pereira GKR, Valandro LF. Mechanical performance of Y-TZP monolithic ceramic after grinding and aging: Survival estimates and fatigue strength. *J Mech Behav Biomed Mater.* nov 2018;87:288- 95.
50. Razali M, Ngeow WC, Omar RA, Chai WL. An In-Vitro Analysis of Peri-Implant Mucosal Seal Following Photofunctionalization of Zirconia Abutment Materials. *Biomedicines.* 15 janv 2021;9(1):78.
51. van Brakel R, Cune MS, van Winkelhoff AJ, de Putter C, Verhoeven JW, van der Reijden W. Early bacterial colonization and soft tissue health around zirconia and titanium abutments: an in vivo study in man. *Clin Oral Implants Res.* juin 2011;22(6):571- 7.
52. Lindhe J, Berglundh T. The interface between the mucosa and the implant. *Periodontol* 2000. juin 1998;17:47- 54.
53. Nothdurft FP, Fontana D, Ruppenthal S, May A, Aktas C, Mehraein Y, et al. Differential Behavior of Fibroblasts and Epithelial Cells on Structured Implant Abutment Materials: A Comparison of Materials and Surface Topographies. *Clin Implant Dent Relat Res.* déc 2015;17(6):1237- 49.
54. Kim YS, Ko Y, Kye SB, Yang SM. Human gingival fibroblast (HGF-1) attachment and proliferation on several abutment materials with various colors. *Int J Oral Maxillofac Implants.* août 2014;29(4):969- 75.

55. Yamano S, Ma AKY, Shanti RM, Kim SW, Wada K, Sukotjo C. The influence of different implant materials on human gingival fibroblast morphology, proliferation, and gene expression. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2011;26(6):1247- 55.
56. Scarano A, Piattelli M, Caputi S, Favero GA, Piattelli A. Bacterial adhesion on commercially pure titanium and zirconium oxide disks: an in vivo human study. *J Periodontol.* févr 2004;75(2):292- 6.
57. Rimondini L, Cerroni L, Carrassi A, Torricelli P. Bacterial colonization of zirconia ceramic surfaces: an in vitro and in vivo study. *Int J Oral Maxillofac Implants.* déc 2002;17(6):793- 8.
58. Ozer F, Anadioti E, Mack YY, Sen D, DiRienzo J, Blatz MB. Influence of Surface Modifications on Bacterial Adherence to Implant Abutment Materials. *Int J Periodontics Restorative Dent.* oct 2022;42(5):657- 63.
59. Maminskas J, Zaleckyte M, Pilipavicius J, Venskutonis T, Cicciu M, Juodzbaly G. Influence of surface characteristics of different implant abutment materials on growth of porphyromonas gingivalis. *Medziagotyra.* 2021;27(2):244- 51.
60. Mombelli A, van Oosten MA, Schurch E, Land NP. The microbiota associated with successful or failing osseointegrated titanium implants. *Oral Microbiol Immunol.* déc 1987;2(4):145- 51.
61. Albrektsson T, Zarb G, Worthington P, Eriksson AR. The long-term efficacy of currently used dental implants: a review and proposed criteria of success. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 1986;1(1):11- 25.
62. Jung RE, Sailer I, Hämmerle CHF, Attin T, Schmidlin P. In vitro color changes of soft tissues caused by restorative materials. *Int J Periodontics Restorative Dent.* juin 2007;27(3):251- 7.
63. van Brakel R, Noordmans HJ, Frenken J, de Roode R, de Wit GC, Cune MS. The effect of zirconia and titanium implant abutments on light reflection of the supporting soft tissues. *Clin Oral Implants Res.* oct 2011;22(10):1172- 8.
64. Ferrari M, Carrabba M, Vichi A, Goracci C, Cagidiaco MC. Influence of Abutment Color and Mucosal Thickness on Soft Tissue Color. *Int J Oral Maxillofac Implants.* avr 2017;32(2):393- 9.
65. Happe A, Schulte-Mattler V, Fickl S, Naumann M, Zöller JE, Rothamel D. Spectrophotometric assessment of peri-implant mucosa after restoration with zirconia abutments veneered with fluorescent ceramic: a controlled, retrospective clinical study. *Clin Oral Implants Res.* août 2013;24 Suppl A100:28- 33.
66. Jemt T. Regeneration of gingival papillae after single-implant treatment. *Int J Periodontics Restorative Dent.* août 1997;17(4):326- 33.
67. Dueled E, Gotfredsen K, Trab Damsgaard M, Hede B. Professional and patient-based evaluation of oral rehabilitation in patients with tooth agenesis. *Clin Oral Implants Res.* juill 2009;20(7):729- 36.

68. Hosseini M, Gottfredsen K. A feasible, aesthetic quality evaluation of implant-supported single crowns: an analysis of validity and reliability. *Clin Oral Implants Res.* avr 2012;23(4):453- 8.
69. Fürhauser R, Florescu D, Benesch T, Haas R, Mailath G, Watzek G. Evaluation of soft tissue around single-tooth implant crowns: the pink esthetic score. *Clin Oral Implants Res.* déc 2005;16(6):639- 44.
70. Belser UC, Grütter L, Vailati F, Bornstein MM, Weber HP, Buser D. Outcome evaluation of early placed maxillary anterior single-tooth implants using objective esthetic criteria: a cross-sectional, retrospective study in 45 patients with a 2- to 4-year follow-up using pink and white esthetic scores. *J Periodontol.* janv 2009;80(1):140- 51.
71. Zembic A, Fehmer V, Kern M. Vollkeramik auf Implantaten – geht das? *ZWR Dtsch Zahnärztebl.* 30 oct 2018;127(10):495- 501.
72. Preis V, Letsch C, Handel G, Behr M, Schneider-Feyrer S, Rosentritt M. Influence of substructure design, veneer application technique, and firing regime on the in vitro performance of molar zirconia crowns. *Dent Mater Off Publ Acad Dent Mater.* juill 2013;29(7):e113-121.
73. Sailer I, Makarov NA, Thoma DS, Zwahlen M, Pjetursson BE. All-ceramic or metal-ceramic tooth-supported fixed dental prostheses (FDPs)? A systematic review of the survival and complication rates. Part I: Single crowns (SCs). *Dent Mater Off Publ Acad Dent Mater.* juin 2015;31(6):603- 23.
74. Le M, Papia E, Larsson C. The clinical success of tooth- and implant-supported zirconia-based fixed dental prostheses. A systematic review. *J Oral Rehabil.* juin 2015;42(6):467- 80.
75. Moilanen P, Hjerpe J, Lassila LVJ, Närhi TO. Fracture Strength and Precision of Fit of Implant-Retained Monolithic Zirconia Crowns. *J Oral Implantol.* oct 2018;44(5):330- 4.
76. Guncu MB, Aktas G, Guncu GN, Anil D, Turkyilmaz I, Antonoff LR. Clinical, Technical, and Radiologic Outcomes of 182 Implant-Supported Zirconia Single Crowns Using Titanium-Base Abutments: A Retrospective Study. *Int J Prosthodont.* 24 mars 2022;
77. Belser UC, Buser D, Hess D, Schmid B, Bernard JP, Lang NP. Aesthetic implant restorations in partially edentulous patients--a critical appraisal. *Periodontol 2000.* juin 1998;17:132- 50.
78. Benejam D. Intérêt de l'utilisation d'un pilier personnalisé zircone embase titane. *Inf Dent.* 16 sept 2015;(31).
79. Shabanpour R, Mousavi N, Ghodsi S, Alikhasi M. Comparative Evaluation of Fracture Resistance and Mode of Failure of Zirconia and Titanium Abutments with Different Diameters. *J Contemp Dent Pract.* 1 août 2015;16(8):613- 8.
80. Bankoglu Gungor M, Karakoca Nemli S, Yilmaz H, Aydin C. Fracture resistance of different implant supported ceramic abutment/crown systems. *Eur Oral Res.* mai 2019;53(2):80- 7.

81. Elsayed A, Wille S, Al-Akhali M, Kern M. Effect of fatigue loading on the fracture strength and failure mode of lithium disilicate and zirconia implant abutments. *Clin Oral Implants Res.* janv 2018;29(1):20- 7.
82. Chang YT, Wu YL, Chen HS, Tsai MH, Chang CC, Wu AYJ. Comparing the Fracture Resistance and Modes of Failure in Different Types of CAD/CAM Zirconia Abutments with Internal Hexagonal Implants: An In Vitro Study. *Mater Basel Switz.* 4 avr 2022;15(7):2656.
83. Lin YT, Shen YF, Wei PC, Hsu KW. Clinical evaluation of two-piece zirconia abutments with bonded titanium inserts for implant-supported restorations. *J Prosthet Dent.* mars 2020;123(3):449- 54.
84. Sailer I, Asgeirsson AG, Thoma DS, Fehmer V, Aspelund T, Özcan M, et al. Fracture strength of zirconia implant abutments on narrow diameter implants with internal and external implant abutment connections: A study on the titanium resin base concept. *Clin Oral Implants Res.* avr 2018;29(4):411- 23.
85. Stimmelmayer M, Heiß P, Erdelt K, Schweiger J, Beuer F. Fracture resistance of different implant abutments supporting all-ceramic single crowns after aging. *Int J Comput Dent.* 2017;20(1):53- 64.
86. Piliers en zircone sur bases en titane [Internet]. Disponible sur: <https://zirkozahn.com/fr/faq/tuyau-prothesistes-dentaires/piliers-en-zircone>
87. Sailer I, Sailer T, Stawarczyk B, Jung RE, Hämmerle CHF. In vitro study of the influence of the type of connection on the fracture load of zirconia abutments with internal and external implant-abutment connections. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2009;24(5):850- 8.
88. Nakamura K, Kanno T, Milleding P, Ortengren U. Zirconia as a dental implant abutment material: a systematic review. *Int J Prosthodont.* août 2010;23(4):299- 309.
89. Park CJ, Phark JH, Chee WW. Evaluation of Fracture Resistance of Varying Thicknesses of Zirconia Around Implant Abutment Cylinders. *J Oral Implantol.* oct 2017;43(5):328- 32.
90. Nilsson A, Johansson LÅ, Lindh C, Ekfeldt A. One-piece internal zirconia abutments for single-tooth restorations on narrow and regular diameter implants: A 5-year prospective follow-up study. *Clin Implant Dent Relat Res.* oct 2017;19(5):916- 25.
91. Zenthöfer A, Rues S, Krisam J, Rustemeyer R, Rammelsberg P, Schmitter M. Debonding Forces for Two-Piece Zirconia Abutments with Implant Platforms of Different Diameter and Use of Different Luting Strategies. *Int J Oral Maxillofac Implants.* oct 2018;33(5):1041- 6.
92. Santos-Neto OS, Gonçalves LM, Maia-Filho EM, Malheiros AS, Firoozmand LM, Villis PC, et al. Retention of cemented zirconia copings on TiBase abutments. *Acta Odontol Latinoam AOL.* 31 déc 2021;34(3):214- 20.
93. Mehl C, Zhang Q, Lehmann F, Kern M. Retention of zirconia on titanium in two-piece abutments with self-adhesive resin cements. *J Prosthet Dent.* août 2018;120(2):214- 9.

94. Carvalho PCK, Almeida CCMS, Souza ROA, Tango RN. The Effect of a 10-MDP-Based Dentin Adhesive as Alternative for Bonding to Implant Abutment Materials. *Mater Basel Switz.* 8 août 2022;15(15):5449.
95. Güler U, Budak Y, Queiroz JRC, Özcan M. Dislodgement Resistance of Zirconia Copings Cemented onto Zirconia and Titanium Abutments. *Implant Dent.* août 2017;26(4):510- 5.
96. Kapoor S, Rodrigues S, Mahesh M, Shetty T, Pai U, Saldanha S, et al. Evaluation of Stress Generated with Different Abutment Materials and Angulations under Axial and Oblique Loading in the Anterior Maxilla: Three-Dimensional Finite Element Analysis. *Int J Dent.* 2021;2021:9205930.
97. Salama AA, Katamesh HA, El Mahallawi O, Halim CH. The Effect of Platform-Switching Implants and Different Abutment Materials on the Stress Distribution of Implant-Supported Restorations. *Int J Periodontics Restorative Dent.* avr 2020;40(2):285- 91.
98. Pereira GKR, Venturini AB, Silvestri T, Dapieve KS, Montagner AF, Soares FZM, et al. Low-temperature degradation of Y-TZP ceramics: A systematic review and meta-analysis. *J Mech Behav Biomed Mater.* mars 2015;55:151- 63.
99. Koenig V, Bekaert S, Dupont N, Vanheusden A, Le Goff S, Douillard T, et al. Intraoral low-temperature degradation of monolithic zirconia dental prostheses: Results of a prospective clinical study with ex vivo monitoring. *Dent Mater Off Publ Acad Dent Mater.* juill 2021;37(7):1134- 49.
100. Sikora CL, Alfaro MF, Yuan JCC, Barao VA, Sukotjo C, Mathew MT. Wear and Corrosion Interactions at the Titanium/Zirconia Interface: Dental Implant Application. *J Prosthodont Off J Am Coll Prosthodont.* déc 2018;27(9):842- 52.
101. Quaranta A, Lim ZW, Tang J, Perrotti V, Leichter J. The Impact of Residual Subgingival Cement on Biological Complications Around Dental Implants: A Systematic Review. *Implant Dent.* juin 2017;26(3):465- 74.
102. Staubli N, Walter C, Schmidt JC, Weiger R, Zitzmann NU. Excess cement and the risk of peri-implant disease - a systematic review. *Clin Oral Implants Res.* oct 2017;28(10):1278- 90.
103. Vindasiute E, Puisys A, Maslova N, Linkeviciene L, Peciuliene V, Linkevicius T. Clinical Factors Influencing Removal of the Cement Excess in Implant-Supported Restorations. *Clin Implant Dent Relat Res.* août 2015;17(4):771- 8.
104. Linkevicius T, Vindasiute E, Puisys A, Peciuliene V. The influence of margin location on the amount of undetected cement excess after delivery of cement-retained implant restorations. *Clin Oral Implants Res.* déc 2011;22(12):1379- 84.
105. Linkevicius T, Vindasiute E, Puisys A, Linkeviciene L, Maslova N, Puriene A. The influence of the cementation margin position on the amount of undetected cement. A prospective clinical study. *Clin Oral Implants Res.* janv 2013;24(1):71- 6.
106. Yanikoğlu N, Yeşil Duymuş Z. Evaluation of the solubility of dental cements in artificial saliva of different pH values. *Dent Mater J.* janv 2007;26(1):62- 7.

107. Roos-Jansåker AM, Renvert H, Lindahl C, Renvert S. Nine- to fourteen-year follow-up of implant treatment. Part III: factors associated with peri-implant lesions. *J Clin Periodontol.* avr 2006;33(4):296- 301.
108. Hultin M, Gustafsson A, Hallström H, Johansson LA, Ekfeldt A, Klinge B. Microbiological findings and host response in patients with peri-implantitis. *Clin Oral Implants Res.* août 2002;13(4):349- 58.
109. Oh TJ, Yoon J, Misch CE, Wang HL. The causes of early implant bone loss: myth or science? *J Periodontol.* mars 2002;73(3):322- 33.
110. Taylor TD, Klotz MW, Lawton RA. Titanium tattooing associated with zirconia implant abutments: a clinical report of two cases. *Int J Oral Maxillofac Implants.* août 2014;29(4):958- 60.
111. Nothdurft FP. All-Ceramic Zirconium Dioxide Implant Abutments for Single-Tooth Replacement in the Posterior Region: A 5-Year Outcome Report. *Int J Prosthodont.* avr 2019;32(2):177- 81.
112. Vanlioglu BA, Özkan Y, Evren B, Özkan YK. Experimental custom-made zirconia abutments for narrow implants in esthetically demanding regions: a 5-year follow-up. *Int J Oral Maxillofac Implants.* oct 2012;27(5):1239- 42.
113. Zembic A, Philipp AOH, Hämmerle CHF, Wohlwend A, Sailer I. Eleven-Year Follow-Up of a Prospective Study of Zirconia Implant Abutments Supporting Single All-Ceramic Crowns in Anterior and Premolar Regions. *Clin Implant Dent Relat Res.* oct 2015;17 Suppl 2:e417-426.
114. Studart AR, Filser F, Kocher P, Gauckler LJ. Fatigue of zirconia under cyclic loading in water and its implications for the design of dental bridges. *Dent Mater Off Publ Acad Dent Mater.* janv 2007;23(1):106- 14.
115. Moher D, Liberati A, Tetzlaff J, Altman DG, PRISMA Group. Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. *Int J Surg Lond Engl.* 2010;8(5):336- 41.
116. 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:l4898.
117. 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.
118. 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.
119. Bressan E, Paniz G, Lops D, Corazza B, Romeo E, Favero G. Influence of abutment material on the gingival color of implant-supported all-ceramic restorations: a prospective multicenter study. *Clin Oral Implants Res.* juin 2011;22(6):631- 7.

120. Cosgarea R, Gasparik C, Dudea D, Culic B, Dannewitz B, Sculean A. Peri-implant soft tissue colour around titanium and zirconia abutments: a prospective randomized controlled clinical study. *Clin Oral Implants Res.* 2014;26(5):537- 44.
121. Kim A, Campbell SD, Viana MAG, Knoernschild KL. Abutment Material Effect on Peri-implant Soft Tissue Color and Perceived Esthetics. *J Prosthodont Off J Am Coll Prosthodont.* déc 2016;25(8):634- 40.
122. Peng M, Zhao WJ, Hosseini M, Zhou WJ, Xiao T, Chuan JL. Influence of Restorative Materials on Color of Implant-Supported Single Crowns in Esthetic Zone: A Spectrophotometric Evaluation. *BioMed Res Int.* 2017;2017:5034358.
123. Nascimento C do, Pita MS, Santos E de S, Monesi N, Pedrazzi V, Albuquerque Junior RF de, et al. Microbiome of titanium and zirconia dental implants abutments. *Dent Mater Off Publ Acad Dent Mater.* janv 2016;32(1):93- 101.
124. Parpaiola A, Toia M, Norton M, Cecchinato D, Bressan E, Lops D. CAD/CAM Implant Abutments: Peri-implant Hard and Soft Tissue Response with Up to 4 Years of Follow-up- A Retrospective Cohort Study Evaluation. *Int J Periodontics Restorative Dent.* avr 2020;40(2):193- 201.
125. Olander J, Wennerberg A, Stenport VF. Implant-Supported Single Crowns with Titanium or Zirconia Abutments: A Retrospective Up-to-5-year Follow-up Study. *Int J Prosthodont.* août 2022;35(4):387- 95.
126. Ferrari M, Cagidiaco MC, Garcia-Godoy F, Goracci C, Cairo F. Effect of different prosthetic abutments on peri-implant soft tissue. A randomized controlled clinical trial. *Am J Dent.* avr 2015;28(2):85- 9.
127. Zembic A, Sailer I, Jung RE, Hämmerle CHF. Randomized-controlled clinical trial of customized zirconia and titanium implant abutments for single-tooth implants in canine and posterior regions: 3-year results. *Clin Oral Implants Res.* août 2009;20(8):802- 8.
128. Hosseini M, Worsaae N, Schiødt M, Gotfredsen K. A 3-year prospective study of implant-supported, single-tooth restorations of all-ceramic and metal-ceramic materials in patients with tooth agenesis. *Clin Oral Implants Res.* oct 2013;24(10):1078- 87.
129. Lops D, Bressan E, Chiapasco M, Rossi A, Romeo E. Zirconia and titanium implant abutments for single-tooth implant prostheses after 5 years of function in posterior regions. *Int J Oral Maxillofac Implants.* févr 2013;28(1):281- 7.
130. Zembic A, Bösch A, Jung RE, Hämmerle CHF, Sailer I. Five-year results of a randomized controlled clinical trial comparing zirconia and titanium abutments supporting single-implant crowns in canine and posterior regions. *Clin Oral Implants Res.* avr 2013;24(4):384- 90.
131. Lops D, Bressan E, Parpaiola A, Sbricoli L, Cecchinato D, Romeo E. Soft tissues stability of cad-cam and stock abutments in anterior regions: 2-year prospective multicentric cohort study. *Clin Oral Implants Res.* 2014;26(12):1436- 42.

132. Payer M, Heschl A, Koller M, Arnetzl G, Lorenzoni M, Jakse N. All-ceramic restoration of zirconia two-piece implants--a randomized controlled clinical trial. *Clin Oral Implants Res.* avr 2015;26(4):371- 6.
133. Ferrari M, Tricarico MG, Cagidiaco MC, Vichi A, Gherlone EF, Zarone F, et al. 3-Year Randomized Controlled Prospective Clinical Trial on Different CAD-CAM Implant Abutments. *Clin Implant Dent Relat Res.* déc 2016;18(6):1134- 41.
134. Lops D, Parpaiola A, Paniz G, Sbricoli L, Magaz VR, Venezzes AC, et al. Interproximal Papilla Stability Around CAD/CAM and Stock Abutments in Anterior Regions: A 2-Year Prospective Multicenter Cohort Study. *Int J Periodontics Restorative Dent.* oct 2017;37(5):657- 65.
135. de Oliveira Silva TS, de Freitas AR, de Albuquerque RF, Pedrazzi V, Ribeiro RF, do Nascimento C. A 3-year longitudinal prospective study assessing microbial profile and clinical outcomes of single-unit cement-retained implant restorations: Zirconia versus titanium abutments. *Clin Implant Dent Relat Res.* juin 2020;22(3):301- 10.
136. Koller M, Steyer E, Theisen K, Stagnell S, Jakse N, Payer M. Two-piece zirconia versus titanium implants after 80 months: Clinical outcomes from a prospective randomized pilot trial. *Clin Oral Implants Res.* avr 2020;31(4):388- 96.
137. Bittencourt TC, Souza Picorelli Assis NM, Ribeiro CG, Ferreira CF, Sotto-Maior BS. Evaluation of the peri-implant tissues in the esthetic zone with prefabricated titanium or zirconia abutments: A randomized controlled clinical trial with a minimum follow-up of 7 years. *J Prosthet Dent.* 29 juill 2021;S0022-3913(21)00337-1.
138. de Freitas AR, Del Rey YC, de Souza Santos E, Faria Ribeiro R, de Albuquerque Junior RF, do Nascimento C. Microbial communities of titanium versus zirconia abutments on implant-supported restorations: Biodiversity composition and its impact on clinical parameters over a 3-year longitudinal prospective study. *Clin Implant Dent Relat Res.* avr 2021;23(2):197- 207.
139. Hosseini M, Worsaae N, Gotfredsen K. A 5-year randomized controlled trial comparing zirconia-based versus metal-based implant-supported single-tooth restorations in the premolar region. *Clin Oral Implants Res.* 28 mai 2022;
140. HAS. Niveau de preuve et gradation des recommandations de bonne pratique : Etat des lieux. 2013.
141. de Medeiros RA, Vechiato-Filho AJ, Pellizzer EP, Mazaro JVQ, dos Santos DM, Goiato MC. Analysis of the peri-implant soft tissues in contact with zirconia abutments: an evidence-based literature review. *J Contemp Dent Pract.* 1 mai 2013;14(3):567- 72.
142. Linkevicius T, Valantiejiene V, Alkimavicius J, Gineviciute E, Andrijauskas R, Linkeviciene L. The Effect of a Polishing Protocol on the Surface Roughness of Zirconium Oxide. *Int J Prosthodont.* 2020;33(2):217- 23.
143. Wen C, Muhetaer HJ, Gao Z, Wu J. Dual response of fibroblasts viability and *Porphyromonas gingivalis* adhesion on nanostructured zirconia abutment surfaces. *J Biomed Mater Res - Part A.* 2022;110(10):1645- 54.

144. Sanz-Sánchez I, Sanz-Martín I, Carrillo de Albornoz A, Figuero E, Sanz M. Biological effect of the abutment material on the stability of peri-implant marginal bone levels: A systematic review and meta-analysis. *Clin Oral Implants Res.* oct 2018;29 Suppl 18:124- 44.
145. Nascimento C do, Pita MS, Fernandes FHNC, Pedrazzi V, de Albuquerque Junior RF, Ribeiro RF. Bacterial adhesion on the titanium and zirconia abutment surfaces. *Clin Oral Implants Res.* mars 2014;25(3):337- 43.
146. Henningsen A, Smeets R, Heuberger R, Jung OT, Hanken H, Heiland M, et al. Changes in surface characteristics of titanium and zirconia after surface treatment with ultraviolet light or non-thermal plasma. *Eur J Oral Sci.* avr 2018;126(2):126- 34.
147. Yang Y, Zheng M, Liao Y, Zhou J, Li H, Tan J. Different behavior of human gingival fibroblasts on surface modified zirconia: A comparison between ultraviolet (UV) light and plasma. *Dent Mater J.* 2 oct 2019;38(5):756- 63.
148. Linkevicius T, Gineviciute E, Alkimavicius J, Andrijauskas R, Sakalauskas D, Linkeviciene L. Comparison of different cleaning procedures to decontaminate zirconium oxide surface after polishing. *Int J Prosthodont.* 26 févr 2021;
149. Broggini N, McManus LM, Hermann JS, Medina R, Schenk RK, Buser D, et al. Peri-implant inflammation defined by the implant-abutment interface. *J Dent Res.* mai 2006;85(5):473- 8.
150. Wittneben JG, Gavric J, Sailer I, Buser D, Wismeijer D. Clinical and esthetic outcomes of two different prosthetic workflows for implant-supported all-ceramic single crowns- 3 year results of a randomized multicenter clinical trial. *Clin Oral Implants Res.* mai 2020;31(5):495- 505.
151. de Moura Costa PV, Ferreira MS, Veríssimo C, de Torres ÉM, Valladares-Neto J, Garcia Silva MA. Is Zirconia Better Than Titanium Abutments for Soft Tissue Color? A Systematic Review and Meta-analysis of Spectrophotometric Evaluation. *Int J Oral Maxillofac Implants.* oct 2021;36(5):875- 84.
152. Pitta J, Zarauz C, Pjetursson B, Sailer I, Liu X, Pradies G. A Systematic Review and Meta-Analysis of the Influence of Abutment Material on Peri-implant Soft Tissue Color Measured Using Spectrophotometry. *Int J Prosthodont.* févr 2020;33(1):39- 47.
153. Vazouras K, Gholami H, Margvelashvili-Malament M, Kim YJ, Finkelman M, Weber HP. An Esthetic Evaluation of Different Abutment Materials in the Anterior Maxilla: A Randomized Controlled Clinical Trial Using a Crossover Design. *J Prosthodont Off J Am Coll Prosthodont.* 11 avr 2022;
154. Gracis S, Michalakis K, Vigolo P, Vult von Steyern P, Zwahlen M, Sailer I. Internal vs. external connections for abutments/reconstructions: a systematic review. *Clin Oral Implants Res.* oct 2012;23 Suppl 6:202- 16.
155. ElHoussiney AG, Zhang H, Song J, Ji P, Wang L, Yang S. Influence of implant location on the clinical outcomes of implant abutments: a systematic review and meta-analysis. *Clin Cosmet Investig Dent.* 2018;10:19- 35.

156. Truninger TC, Stawarczyk B, Leutert CR, Sailer TR, Hämmerle CHF, Sailer I. Bending moments of zirconia and titanium abutments with internal and external implant-abutment connections after aging and chewing simulation. *Clin Oral Implants Res.* janv 2012;23(1):12- 8.
157. Leutert CR, Stawarczyk B, Truninger TC, Hämmerle CHF, Sailer I. Bending moments and types of failure of zirconia and titanium abutments with internal implant-abutment connections: a laboratory study. *Int J Oral Maxillofac Implants.* juin 2012;27(3):505- 12.
158. Foong JKW, Judge RB, Palamara JE, Swain MV. Fracture resistance of titanium and zirconia abutments: an in vitro study. *J Prosthet Dent.* mai 2013;109(5):304- 12.
159. Jung RE, Pjetursson BE, Glauser R, Zembic A, Zwahlen M, Lang NP. A systematic review of the 5-year survival and complication rates of implant-supported single crowns. *Clin Oral Implants Res.* févr 2008;19(2):119- 30.
160. López-Píriz R, Goyos-Ball L, Cabal B, Martínez S, Moya JS, Bartolomé JF, et al. New Ceramic Multi-Unit Dental Abutments with an Antimicrobial Glassy Coating. *Mater Basel Switz.* 6 août 2022;15(15):5422.
161. Akiyama Y, Iwasa F, Hotta Y, Matsumoto T, Oshima Y, Baba K. Effects of surface roughness of ceria-stabilized zirconia/alumina nanocomposite on the morphology and function of human gingival fibroblasts. *Dent Mater J.* 31 mars 2021;40(2):472- 80.
162. Di Francesco F, De Marco G, Cristache CM, Vernal R, Cafferata EA, Lanza A. Survival and Mechanical Complications of Posterior Single Implant-Supported Restorations Using Prefabricated Titanium Abutments: A Medium- and Long-Term Retrospective Analysis with up to 10 Years Follow-up. *Int J Prosthodont.* 2022;35(3):278- 86.

Collège des Sciences de la Santé

UFR des Sciences Odontologiques

Serment

En présence de mes Maîtres et de mes condisciples, je promets et je jure d'être fidèle aux lois de l'honneur et de la probité dans l'exercice de l'art dentaire.

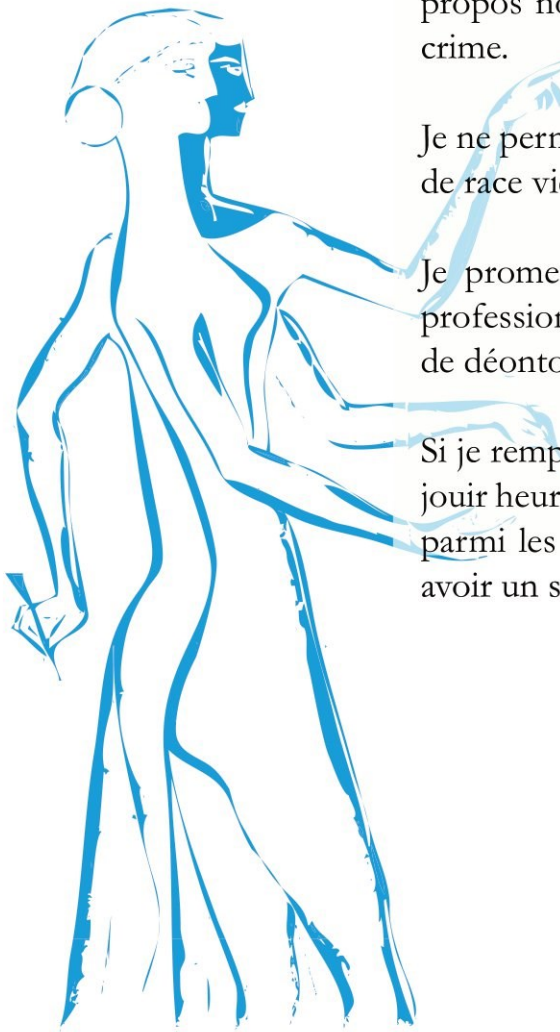
Je donnerai mes soins gratuits à l'indigent et n'exigerai jamais un honoraire au-dessus de mon travail. Ma langue taira les secrets qui me seront confiés. Admis à l'intérieur des maisons, mes yeux ne verront pas ce qui s'y passe.

Mes connaissances et mon état ne serviront ni à diffuser des propos non avérés, ni à corrompre les mœurs, ni à favoriser le crime.

Je ne permettrai pas que des conditions de croyance, de nation et de race viennent s'interposer entre mon devoir et mon patient.

Je promets et je jure de conformer strictement ma conduite professionnelle aux principes et aux règles prescrites par le code de déontologie.

Si je remplis ce serment sans l'enfreindre, qu'il me soit donné de jouir heureusement de la vie et de ma profession, honoré à jamais parmi les hommes. Si je le viole et que je me parjure, puissé-je avoir un sort contraire.



Vu, Le Président du Jury,

Date, Signature :

Vu, la Directrice de l'UFR des Sciences Odontologiques,

Date, Signature :

Vu, le Président de l'Université de Bordeaux,

Date, Signature :

Titre : Choix de la Zirconie comme matériau sous-gingival des restaurations prothétiques unitaires sur implant : revue systématique de la littérature

Résumé : **Contexte :** Le choix du matériau du pilier implantaire approprié est une étape cruciale pour la réussite du traitement à long terme. Situé en sous-gingival, le matériau du pilier va influencer l'esthétique et la stabilité des tissus péri-implantaires. Avec sa couleur et sa biocompatibilité élevée, la zirconie est devenue une alternative au titane. **Objectif :** L'étude visait à évaluer les performances cliniques, en termes de résultats biologiques, esthétiques et mécaniques des piliers zirconie comparé aux piliers titane sur le moyen/long terme. Les taux de survie et de complication avec les deux types de matériaux ont également été comparés. **Matériel et méthode :** Une revue systématique de la littérature a été réalisée selon les recommandations PRISMA. Les bases de données Pubmed, DOSS et Scopus ont été interrogées. Les études cliniques avec au moins 2 ans de suivi et répondant aux critères d'inclusion et d'exclusion ont été sélectionnées. **Résultats :** 13 articles ont été sélectionnés dans cette revue. Les deux matériaux ont obtenu des résultats biologiques semblables. Les restaurations sur pilier zirconie ont obtenu des résultats esthétiques meilleurs uniquement sur phénotype fin. Le taux de fracture des piliers zirconie a été supérieur aux piliers titane. **Conclusion :** Les piliers en zirconie offrent des performances cliniques très proches des piliers en titane avec des taux de survie élevés à moyen terme. La zirconie permet d'obtenir de meilleurs résultats esthétiques sur phénotype fin mais possède des limites de résistance mécanique dans les zones à forte contrainte occlusale.

Mots clés : Pilier implantaire, zirconie, implant dentaire, taux de survie, titane

Title : Selection of Zirconia as a subgingival material for single-tooth implant restorations : a systematic review of the literature

Abstract : **Background :** The selection of the appropriate implant abutment material is a crucial step for long-term treatment success. Located subgingivally, the abutment material will influence the esthetics and stability of the peri-implant tissue. With its color and high biocompatibility, zirconia has become an alternative to titanium. **Aim :** The purpose of the study was to evaluate the clinical performance in terms of biological, esthetic and mechanical results of zirconia abutments compared to titanium abutments in the medium/long term. The survival and complication rates with the two types of materials were also compared. **Materials and methods :** A systematic review of the literature was performed according to PRISMA recommendations. Pubmed, DOSS and Scopus databases were searched. Clinical studies with at least 2 years of follow-up and meeting the inclusion and exclusion criteria were selected. **Results :** 13 articles were selected in this review. Both materials showed similar biological results. Restorations on zirconia abutments had better esthetic results only on thin phenotype. The fracture rate of zirconia abutments was higher than titanium abutments. **Conclusion :** Zirconia abutments offer clinical performance very similar to titanium abutments with high medium-term survival rates. Zirconia provides better esthetic results on thin phenotype but has mechanical strength limitations in areas of high occlusal stress.

Keywords : Dental abutment, zirconia, dental implant, survival rate, titanium