

Implantologie dans le plan de traitement parodontal

H. Kruk, J. Dray, Y. Zaouch, B. Attuil, X. Bensaïd, M. Danan

Résumé : Si les implants sont souvent la solution de choix pour le remplacement des dents absentes, nous sommes aujourd'hui de plus en plus confrontés à des complications péri-implantaires. Face à un patient atteint de maladie parodontale, il est indispensable de prendre en compte l'ensemble de ses facteurs de risques avant d'envisager une thérapeutique implantaire. Le dilemme reste parfois entier entre la conservation d'une dent au parodonte réduit et son extraction permettant une réhabilitation implantoportée. Il s'agit avant tout de mettre les patients dans les conditions optimales pour une stabilité à long terme des thérapeutiques implantaires : contrôler l'inflammation, maîtriser la maladie parodontale et suivre nos patients régulièrement sont aujourd'hui un prérequis indispensable à tout plan de traitement. Face à une insuffisance de volume osseux, différents protocoles permettent la reconstruction osseuse préimplantaire, tels que la greffe osseuse autogène d'apposition, la régénération osseuse guidée et l'élévation du plancher du sinus. Le succès du plan de traitement parodontal et implantaire est indissociable d'un suivi parodontal strict à intervalles réguliers, instauré dès la fin du traitement actif.

© 2026 Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés, y compris ceux relatifs à la fouille de textes et de données, à l'entraînement de l'intelligence artificielle et aux technologies similaires.

Note de l'éditeur : Elsevier adopte une position neutre en ce qui concerne les conflits territoriaux ou les revendications juridictionnelles dans les contenus qu'il publie, y compris dans les cartes et les affiliations institutionnelles.

Mots-clés : Parodontite ; Implant ; Chirurgie orale ; Greffe osseuse ; Régénération osseuse guidée ; Implants courts ; Élévation de sinus ; Suivi parodontal

Plan

| | |
|--|----|
| ■ Introduction | 1 |
| ■ Études évaluant le risque | 3 |
| ■ Prévalence des péri-implantites | 3 |
| Association avec d'autres facteurs de risque | 4 |
| ■ Flore bactérienne péri-implantaire | 6 |
| Corrélation avec la flore parodontale | 6 |
| Influence de la surface implantaire | 7 |
| ■ Autres facteurs de risque entraînés par la maladie parodontale | 7 |
| Risque mécanique | 7 |
| Risque esthétique | 8 |
| ■ Plan de traitement | 8 |
| Stabiliser la maladie parodontale | 8 |
| Étude préimplantaire | 9 |
| Chirurgie guidée | 10 |
| Préservation de la crête alvéolaire | 12 |
| Extraction-implantation immédiate | 13 |
| ■ Reconstruction osseuse préimplantaire | 13 |
| Introduction | 13 |
| Greffes osseuses d'apposition | 14 |
| Régénération osseuse guidée | 17 |
| Greffes sinusiennes | 19 |
| Implants courts | 22 |

| | | |
|---|----|----|
| ■ Suivi des maladies parodontales et péri-implantaires | 22 | 46 |
| Prévention des maladies parodontales et péri-implantaires | 22 | 47 |
| Traitement de la mucosite et de la péri-implantite | 22 | 48 |
| ■ Conclusion | 24 | 49 |
| | | 50 |

■ Introduction

En 2019, il y avait 1,1 milliard de cas de parodontite sévère dans le monde. Entre 1990 et 2019, le taux de prévalence global standardisé selon l'âge a augmenté de 8,44 %^[1]. La thérapeutique parodontale a pour principal objectif de préserver les dents naturelles sur le long terme. Toutefois, dans les situations cliniques les plus sévères, les avulsions dentaires sont parfois inévitables au cours du traitement et la thérapeutique implantaire est souvent la solution de choix. En effet, d'après la littérature, le taux de survie implantaire atteint 96 % à 10 ans^[2]. Cependant, le nombre d'implants posés ayant considérablement augmenté, nous sommes aujourd'hui de plus en plus confrontés à des complications.

La dernière classification des maladies parodontales et péri-implantaires, en 2018, a introduit les conditions de santé parodontale et redéfini les états pathologiques en parodontologie et en implantologie^[3, 4]. La bonne santé est un état d'équilibre clinique, histologique et bactérien par la présence peu importante de bactéries parodontopathogènes. Elle peut exister avant que la



Figure 1. Parodontite stade III grade C.
A. Réévaluation à 8 semaines.
B. La thérapeutique étiologique non chirurgicale a été réalisée. On note une diminution de l’inflammation, la rétraction gingivale laissant apparaître les triangles noirs correspondant à la sévérité de l’alvéolyse verticale.
C. Bilan rétroalvéolaire : on note une alvéolyse horizontale généralisée atteignant plus de moitié de la hauteur radiculaire sur certains secteurs, associée à des foyers d’alvéolyse verticale.

maladie ne commence (parodonte intact), mais peut aussi être restaurée sur un parodonte réduit. Lorsque l’équilibre est rompu, on parle de dysbiose bactérienne basculant vers la maladie.

Les maladies péri-implantaires sont des affections inflammatoires induites par le biofilm : la mucosite est caractérisée par une inflammation des tissus mous autour des implants, sans atteinte osseuse, tandis que pour la péri-implantite l’atteinte se poursuit jusqu’à l’os sous-jacent [4, 5]. La dernière recommandation, en 2023 [6], évoque un problème de santé publique croissant, associé à des coûts financiers importants et à des dommages tissulaires. En effet, selon les études actuelles, la mucosite atteint près de 45 % des patients implantés, et la prévalence est de 20 % pour les péri-implantites [7, 8].

Pour ces raisons, la conservation de la dent naturelle reste une priorité à ce jour. Le spécialiste doit s’employer à utiliser tout l’arsenal thérapeutique dont il dispose pour tenter de maintenir les dents les plus atteintes, à condition qu’elles aient un pronostic favorable [9]. Cela semble plus contraignant à première vue, en raison de la nécessité d’un suivi régulier tous les 3 à 4 mois, ainsi que des problèmes esthétiques liés aux récessions parodontales, comme l’apparition de trous noirs disgracieux (Fig. 1). De plus, les thérapeutiques parodontales sont peu prédictibles en cas de lésion interradiculaire de classe III (de part en part). En effet, d’après Nibali et al. [10], la présence d’une atteinte de la furcation (classe I, II ou III) double le risque de perte dentaire. Cependant, le taux de survie, impliquant une atteinte de la furcation de classe III,

est d’environ 70 % à 10 ans [10]. En résumé, les données analysées dans cette revue confirment que l’atteinte des furcations représente un risque de perte dentaire. Chez les patients ayant bénéficié d’une thérapeutique étiologique, voire chirurgicale, ainsi que d’un suivi parodontal, le risque de perte dentaire se situe entre 1,5 et 2,2 sur une période allant jusqu’à 15 ans de maintenance. Ce risque semble augmenter fortement après 15 ans. Cependant, la majorité des molaires affectées par une atteinte de furcation répond bien au traitement parodontal. Même en présence de furcations de classe III, seules 30 % des molaires ont été perdues sur une période de suivi de 5 à 15 ans.

Dans ce contexte, faut-il être conservateur en cas de lésion interradiculaire, et risquer de perdre le capital osseux résiduel, ou faut-il extraire et remplacer la dent par un implant avant que le volume osseux ne soit insuffisant ? La solution implantaire n’offre pas une garantie de succès à 100 %, elle doit donc être utilisée en cas d’échec d’un traitement parodontal conservateur, et non en remplacement de celui-ci. Par ailleurs, comme la maladie parodontale entraîne la perte de l’os de soutien des dents, il faut se demander si ces patients n’ont pas un risque élevé de perte osseuse autour des implants [11]. À long terme, le pronostic implantaire est-il aussi favorable chez ces patients atteints de parodontite traitée et stabilisée que dans le reste de la population ?

Le but de cet article est donc de répondre à ces questions et de définir la place de l’implantologie dans le plan de traitement parodontal.

Tableau 1.
Études évaluant le risque parodontal.

| Études | Participants | Suivi | Tabac | Maintenance | Implants posés | Implants perdus | Perte osseuse | Taux de survie (%) |
|---|---------------------------------|-------|------------------------|--|----------------|-----------------|----------------|-------------------------------|
| Degidi et al. 2016 [12] Étude prospective | Parodonte sain : n = 82 | 10 | 34 (tous confondus) | Tous les 6 mois | 203 | 5 | 1,79 mm | Parodonte sain : 96,3 |
| | Parodontite : n = 32 | | | | 81 | 3 | 2,01 mm | Parodontite : 97,6 |
| Tan et al. 2017 [13] Étude rétrospective | Parodonte sain : n = 56 | 6 | 0 | Tous les 6 mois | 56 | 1 | Non renseignée | Parodonte sain : 98,3 |
| | Parodontite : n = 60 | | | | 60 | 3 | | Parodontite : 96,4 |
| Graetz et al. 2018 [14] Étude rétrospective | Parodonte sain : n = 29 | 10 | 0 | Régulière, mais fréquence non précisée | 76 | 7 | Non renseignée | Parodonte sain : 91,5 |
| | Parodontite : n = 29 | | 1 | | 69 | 8 | | Parodontite : 92,5 |
| Roccuzzo et al. 2022 [15] Étude prospective | Parodonte sain : n = 22 | 20 | 4 | Régulière, mais fréquence non précisée | 39 | 2 | Non renseignée | Parodonte sain : 94,9 |
| | Parodontite modérée : n = 29 | | 4 | | 61 | 5 | | Parodontite modérée : 91,8 |
| | Parodontite sévère : n = 33 | | 6 | | 72 | 5 | | Parodontite sévère : 93,1 |

■ Études évaluant le risque

Dans les études cliniques permettant d'évaluer le risque, il est important de différencier le taux de survie et le taux de succès implantaire. Le taux de survie correspond à la présence de l'implant dans la cavité buccale à un instant donné, avec ou sans complications. Le taux de succès, quant à lui, correspond à la présence de l'implant sans complication [11]. Dans la grande majorité des études, c'est le taux de survie qui est évalué.

Pour permettre d'apprécier correctement le risque de maladie péri-implantaire, une étude devrait être prospective :

- comparer les résultats obtenus sur une population atteinte de parodontite, mais stabilisée, à ceux obtenus sur une population au parodonte sain ;
- avoir une période d'observation d'au moins 5 ans ;
- préciser si les patients sont régulièrement suivis en maintenance parodontale et si les sujets sont fumeurs ou non.

Nous n'avons pu répertorier que peu d'études prospectives récentes qui répondent à ces critères. Le **Tableau 1** résume les principaux résultats des études sélectionnées parmi les plus récentes et les plus fiables [12-15].

Concernant le tabac, une méta-analyse montre que le risque d'échec implantaire chez les patients fumeurs est 2,5 fois plus important par comparaison avec les patients non-fumeurs [16]. Dans les études sélectionnées, le tabac est un facteur difficilement objectivable, car les patients fumeurs et non-fumeurs sont mélangés au sein des populations évaluées. Les éventuels changements comportementaux au cours du suivi parodontal sont difficilement traçables [15]. Ils peuvent être aussi source de biais.

Concernant l'impact d'un antécédent de maladie parodontale sur le taux de survie implantaire, Roccuzzo et al. [15] ont posé 172 implants sur 149 patients. Les patients ont été divisés en trois groupes : un groupe en bonne santé parodontale (PHP), un groupe atteint de parodontite modérée (mPCP) et un groupe atteint de parodontite sévère (sPCP). Les patients atteints de parodontite ont été traités, puis les trois groupes ont suivi une thérapeutique parodontale de soutien sur 20 ans. Le taux de survie implantaire à 20 ans était respectivement de 94,9 % (PHP), 91,8 % (mPCP) et 93,1 % (sPCP). De plus, à 20 ans, les patients compliant à leur rendez-vous de maintenance, dont la parodontite a été traitée, n'ont pas montré de différence significative avec le groupe PHP en termes d'échec implantaire. Par opposition, les patients avec une parodontite traitée et non compliant ont eu un risque plus accru de complications implantaires.

Ces résultats sont également retrouvés dans les études rapportées dans le **Tableau 1**. Graetz et al. [14] montrent une plus grande

profondeur de poche et plus de saignement au sondage autour des implants chez les patients avec antécédent de parodontite stabilisée comparés aux patients sains, mais ce risque est maîtrisé en cas de maintenance régulière.

La pose d'implants chez les patients avec un antécédent de maladie parodontale est donc possible, mais nécessite une vigilance plus importante pour prévenir le risque de complications péri-implantaires.

Concernant l'importance de la maintenance parodontale dans le plan de traitement implantaire, Thöne-Mühling et al. [17] ont montré sur 20 ans que le taux de survie des implants était de 92,1 % chez les patients atteints de parodontite chronique (ancienne classification) et de 90,1 % chez les patients atteints de parodontite agressive (ancienne classification) avec une maintenance tous les 3 mois. Gabay et al. [18] retrouvent le même taux de survie chez des patients suivis en maintenance sur 8 ans. D'après une étude prospective récente sur 11 ans [19], un minimum de deux visites par an chez le dentiste serait bénéfique pour prévenir les maladies péri-implantaires. De plus, l'étude prospective de Carra et al. [11], en 2022, montre une corrélation entre la perte d'implants et la présence d'un parodonte affaibli pour les patients avec un historique de parodontite. Une maintenance tous les 5 à 6 mois est recommandée pour limiter le risque de péri-implantite [20].

■ Prévalence des péri-implantites

Le récent consensus de Herrera, en 2023 [6], rappelle les définitions des péri-implantites. La mucosite est une inflammation des tissus mous péri-implantaires sans perte osseuse. Elle est caractérisée cliniquement par un œdème, une rougeur, une suppuration et/ou un saignement de la muqueuse péri-implantaire au sondage. Elle est entraînée par la présence d'un biofilm bactérien à l'origine d'une dysbiose entre le microbiote et les défenses de l'hôte. Cette situation est réversible, mais, en cas de persistance, la maladie peut évoluer vers la péri-implantite. Cette dernière est définie par une inflammation à laquelle s'ajoute une destruction de l'os sous-jacent (**Fig. 2**). Jusqu'à ce jour, il n'y avait pas de consensus sur le degré d'atteinte osseuse. Herrera, en 2023, ajoute dans ses critères diagnostiques un seuil à partir duquel la perte osseuse est considérée comme pathologique : en l'absence de données antérieures, on considère qu'il y a péri-implantite à partir d'une perte osseuse supérieure ou égale à 3 mm du rebord crestal de l'implant (en plus d'une profondeur de sondage ≥ 6 mm et d'un saignement/suppuration au sondage).

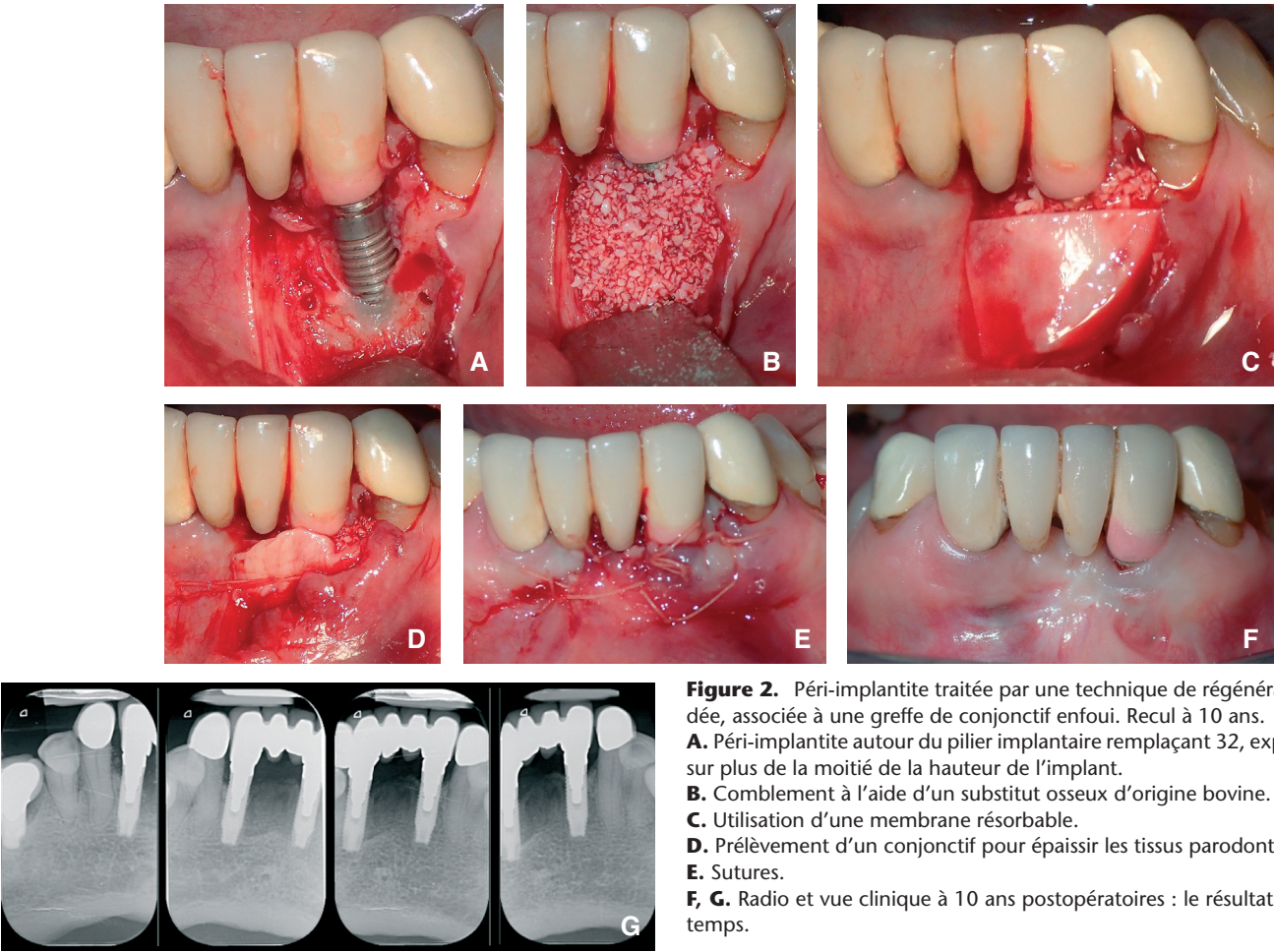


Figure 2. Péri-implantite traitée par une technique de régénération osseuse guidée, associée à une greffe de conjonctif enfoui. Recul à 10 ans.
A. Péri-implantite autour du pilier implantaire remplaçant 32, exposition des spires sur plus de la moitié de la hauteur de l'implant.
B. Comblement à l'aide d'un substitut osseux d'origine bovine.
C. Utilisation d'une membrane résorbable.
D. Prélèvement d'un conjonctif pour épaissir les tissus parodontaux.
E. Sutures.
F, G. Radio et vue clinique à 10 ans postopératoires : le résultat est stable dans le temps.

Une revue systématique et méta-analyse a été réalisée en 2015 pour estimer la prévalence des maladies péri-implantaires. Onze études ont été sélectionnées et les résultats ont montré une prévalence de 43 % pour la mucosite et de 22 % pour la péri-implantite [7]. Puis, en 2017, une seconde revue systématique comparant 47 études a rapporté une prévalence moyenne de 46 % pour la mucosite et de 20 % pour la péri-implantite [8]. À ce jour, aucune nouvelle étude plus récente n'a permis de mettre à jour ces données.

Plusieurs travaux ont depuis des années démontré la corrélation qui existe entre un antécédent de maladie parodontale et l'apparition de maladies péri-implantaires [21, 22]. Une récente étude cherchant à évaluer les facteurs/indicateurs de risque des maladies péri-implantaires a confirmé cette association sur environ 240 patients. En présence d'une parodontite modérée à sévère (stade III ou IV), le risque de développer une péri-implantite est presque trois fois plus important (odds ratio [OR] = 2,77) [23].

À l'inverse, dans une étude transversale menée sur 134 patients, les auteurs n'ont pas réussi à démontrer un risque plus élevé de péri-implantite (perte osseuse) chez les patients avec un antécédent de parodontite. Ce désaccord peut s'expliquer par des différences de définition dans les études, tant au niveau des antécédents de parodontite que de la péri-implantite [24].

Cependant, le risque de maladie péri-implantaire est maîtrisé à condition que le patient soit suivi régulièrement en maintenance parodontale [15]. Les auteurs concluent que la pose d'implants chez des patients atteints de parodontite est possible, sous réserve de maintenances parodontales régulières, tous les 3 mois [25]. On peut donc penser que, au-delà de la composition de la flore autour des implants et des dents, les patients atteints de parodontite et n'ayant pas de maintenance parodontale présentent un risque plus élevé de développer une péri-implantite.

Association avec d'autres facteurs de risque

On retrouve dans la maladie péri-implantaire des facteurs de risque communs à la maladie parodontale, tels que l'accumulation de biofilm et de plaque autour des implants, un antécédent de parodontite de stade III-IV grade C et l'absence de thérapeutique de soutien régulière. Il existe également des facteurs de risque propres aux maladies péri-implantaires, mais ceux-ci sont moins bien compris que ceux retrouvés dans la parodontite. Le tabagisme, le diabète, le positionnement des implants qui limite le contrôle de plaque individuel et professionnel ont été évoqués, mais des études prospectives sont nécessaires pour qu'ils soient identifiés comme facteurs de risque avérés. D'autres paramètres, tels que l'absence de muqueuse kératinisée péri-implantaire, la présence de ciment sous-muqueux, la surcharge occlusale, la présence de particules de titane dans les tissus péri-implantaires, la nécrose par compression osseuse, l'élévation de température au forage, ont été proposés comme facteurs de risque d'apparition et/ou de progression de maladies péri-implantaires, mais nécessitent également des recherches supplémentaires pour clarifier leurs rôles véritables [4, 26] (Fig. 3).

Plusieurs études ont observé une association entre tabagisme et péri-implantite. Karoussis et al. [27], dans une étude de cohorte sur 10 ans, ont constaté que 18 % des implants développaient une péri-implantite chez les fumeurs, contre 6 % chez les non-fumeurs, soit un risque trois fois supérieur. Toutefois, la majorité des études n'arrivent pas à établir un consensus, puisqu'une étude récente d'Aguirre-Zorzano et al. [28], qui ont évalué 239 patients en maintenance péri-implantaire, montre une prévalence globale des péri-implantites de 15 % sans différence significative entre fumeurs et non-fumeurs. Les raisons des résultats contradictoires et de la faible association apparente entre le tabagisme et les

péri-implantites peuvent être liées aux différences de catégorisation des fumeurs et des non-fumeurs. Ainsi, les critères du facteur « tabagisme » variaient considérablement d'une étude à l'autre. De plus, toutes les études identifiées s'appuyaient uniquement sur les informations déclarées par les patients pour évaluer leur statut tabagique.

Certaines études ont indiqué que les patients diabétiques ont un risque plus élevé de développer une péri-implantite. Dans une étude portant sur 225 implants chez 96 patients, Daubert et al. [29] ont enregistré un risque de péri-implantite multiplié par trois lors d'un suivi de 11 ans, chez les sujets diabétiques. Une revue systématique récente analyse le rôle du diabète comme facteur de risque de la péri-implantite. Une méta-analyse sur la base de cinq études transversales sur le sujet a été réalisée. Il en résulte un risque deux fois plus élevé de péri-implantite chez les sujets diabétiques

(OR = 2,5 ; intervalle de confiance [IC] à 95 % [1,4,5]). Cependant, ces études ne font pas la distinction entre les niveaux de contrôle du diabète et les critères diagnostiques du diabète ne sont pas rapportés [30]. Ainsi, dans les nouvelles recommandations de 2023, Carra et al. recommandent le contrôle de la glycémie (considéré comme bon lorsque le taux d'hémoglobine glyquée [HbA1c] est compris entre 6 et 8 % selon les études) pour prévenir le risque d'apparition d'une péri-implantite et de perte osseuse marginale. Sept études rapportées comparent des patients atteints du diabète de type II avec un bon ou un mauvais contrôle glycémique, parmi lesquels ont été placés un ou plusieurs implants. L'analyse des données montre un risque significativement plus faible de développer une péri-implantite (OR = 0,16 ; IC à 95 % [0,03–0,96]) et une perte osseuse crestale (différence moyenne de 0,36 mm) chez les sujets ayant un bon contrôle glycémique. Dans l'ensemble, les

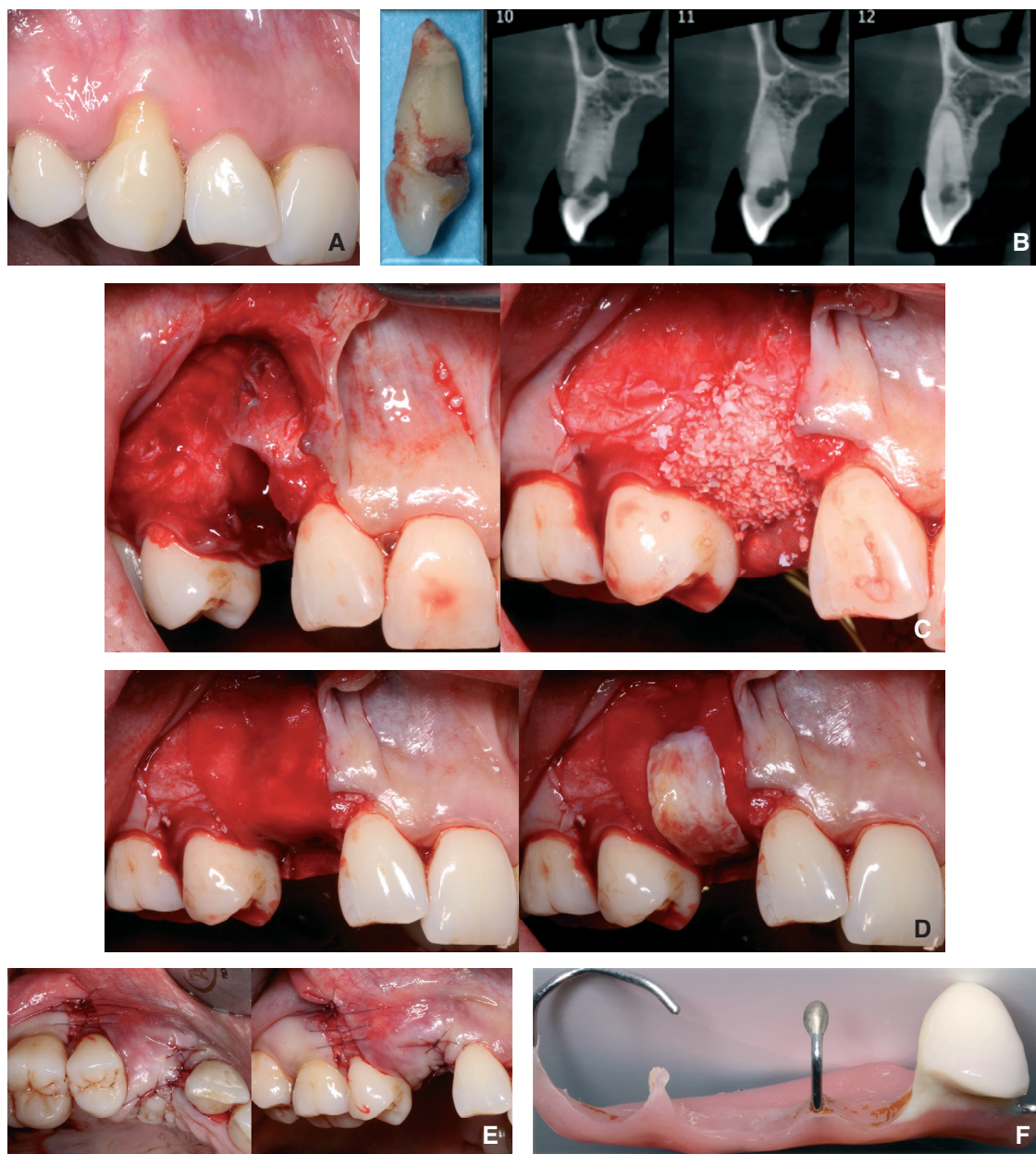


Figure 3. Extraction de 13 avec gestion osseuse et muqueuse à l'aide d'un lambeau mixte déplacé latéralement associé à une préservation alvéolaire et à un conjonctif enfoui.

A. Situation initiale : résorption externe de 13 associée à une récession parodontale.

B. Cone beam computed tomography pour visualiser l'ampleur de la résorption : après l'avis d'un endodontiste, qui a posé l'indication d'extraction de la dent, la dent a été extraite de façon atraumatique.

C, D. Perte de substance : préservation alvéolaire avec xénogreffe et allogreffe (50/50) associée à une membrane résorbable et à un greffon conjonctif. Un lambeau déplacé latéralement a été réalisé afin de créer du tissu kératinisé et de limiter le risque de récession parodontale péri-implantaire par la suite.

E. Sutures.

F. Gestion de la prothèse provisoire : conception de la prothèse provisoire sans fausse gencive vestibulaire, avec un crochet de type boule et un taquet occlusal sur la 12, évitant ainsi l'enfoncement de la prothèse dans la muqueuse (prothèse réalisée par le Docteur Renaut).



Figure 3. (suite) Extraction de 13 avec gestion osseuse et muqueuse à l'aide d'un lambeau mixte déplacé latéralement associé à une préservation alvéolaire et à un conjonctif enfoui.

G. Couronne céramométallique transviscée : on note le bombé vestibulaire et l'absence de récession parodontale par comparaison avec la situation de départ.
H. Vue radiologique.

preuves cohérentes, mais limitées, entre les études rapportent des taux de survie implantaire moyens (sur une période allant jusqu'à 7 ans) de 95,6 % chez les patients mal contrôlés à 99 % chez ceux avec un bon contrôle glycémique [31].

Concernant les niveaux de tissu kératinisé, une méta-analyse regroupant 17 études compare des sites implantaires avec un déficit de tissu kératinisé (≤ 3 mm selon les études), pour lesquels certains vont bénéficier d'une greffe épithélioconjonctive, tandis que d'autres n'auront aucune intervention. Aucune différence en termes de profondeur de poches n'est constatée entre les deux groupes, mais l'indice de saignement et la perte osseuse marginale sont significativement plus faibles sur les sites implantaires ayant bénéficié d'une augmentation du volume de tissu kératinisé (différences moyennes de $-1,18$ et $-0,25$ respectivement). Le taux de survie n'est rapporté que dans trois études, ce qui empêche de formuler une conclusion manifeste. Malgré la nécessité de futures études, l'analyse des résultats actuels suggère qu'une augmentation du volume de tissu kératinisé contribue à la santé péri-implantaire en assurant une meilleure étanchéité associée à une plus faible accumulation de biofilm et de plaque dentaire ainsi qu'une inflammation, une récession péri-implantaire et une perte osseuse marginale diminuée [31].

La relation entre surcharge occlusale et perte osseuse péri-implantaire a été étudiée dans une revue systématique qui inclut sept études (4 cohortes, 2 transversales et 1 étude cas-témoins). Une seule étude a utilisé un appareil numérique pour évaluer les forces occlusales excessives. Une corrélation positive entre surcharge occlusale et perte osseuse crestale a été rapportée dans quatre études. Seules deux études transversales ont mis en évidence un lien entre surcharge occlusale et péri-implantite [32]. Parmi ces études, celle effectuée en 2017 par Dalago et al. porte sur 938 implants avec une durée de suivi moyenne de 5,64 ans. Un risque 2,4 fois supérieur de développer une péri-implantite est rapporté en présence de facettes d'usure sur la restauration implantoportée [22]. Cependant, en raison du risque de biais dans l'ensemble des études rapportées, la corrélation doit être approfondie à l'aide de nouveaux outils numériques permettant de standardiser la méthodologie [32].

■ Flore bactérienne péri-implantaire

Corrélation avec la flore parodontale

Lors de la mise en place de l'implant, une pellicule salivaire s'adsorbe rapidement sur les surfaces exposées au milieu buccal et favorise l'adhésion des premiers colonisateurs microbiens [33].

Trente minutes après insertion de l'implant, on observe une prolifération de micro-organismes dans le sillon péri-implantaire qui évolue vers l'établissement d'une structure de biofilms [34]. On retrouve des espèces telles que *Actinomyces*, qui sont des composantes principales de la flore endogène. À ce stade, la microflore sur le site implanté ne présente que quelques différences dans la composition taxonomique et un équilibre symbiotique compatible avec la santé péri-implantaire peut être atteint [35].

L'évolution des méthodes d'analyse du microbiote oral a permis de prouver que l'écosystème présent dans la cavité buccale détermine celui nouvellement établi sur les implants, ce qui implique que les patients avec un antécédent de parodontite sont plus à risque de développer une péri-implantite par translocation d'agents pathogènes [36]. En 2015, Zheng et al. [37] ont caractérisé par étapes le microbiote des sites implantaires sains, ceux atteints de mucosite, puis de péri-implantite, et observent un microbiote moins diversifié que dans les sites parodontaux sains et malades. Ils constatent une augmentation progressive de la diversité microbienne avec une évolution de la complexité à mesure que l'infection évolue vers une mucosite, puis une péri-implantite. La mucosite est associée à une prolifération d'agents pathogènes communs aux parodontites, notamment *Porphyromonas gingivalis*, *Tannerella forsythia* et *Prevotella intermedia*, dans des quantités nettement inférieures. Le microbiote de la péri-implantite abrite les communautés bactériennes citées précédemment, mais présente également une forte prédominance d'espèces telles que *Eubacterium* et *Treponema denticola*. Malgré une hétérogénéité entre les études rapportées dans les revues systématiques, on distingue un consensus suggérant des écosystèmes distincts entre sites parodontaux et péri-implantaires qui façonnent différemment la composition quantitative et qualitative de leur microbiote. Pourtant, ces différences microbiennes ne peuvent être attribuées à la présence ou à l'absence de taxons spécifiques, ce qui supposerait une relation causale, mais plutôt de la prolifération de certaines lignées bactériennes. Le microbiote péri-implantaire évolue progressivement en complexité à mesure que l'infection progresse vers une mucite péri-implantaire et une péri-implantite. Alors que les conditions systémiques ou la susceptibilité génétique du patient peuvent également augmenter les risques de développement d'infections péri-implantaires, le microbiote péri-implantaire constitue le facteur étiologique qui pourrait être ciblé de manière plus réalisable et prévisible par une intervention thérapeutique [38]. Cibler et inhiber les voies métaboliques ou fonctionnelles primordiales pour les taxons identifiés comme différenciellement en excès dans la péri-implantite ou même au stade précoce de la mucite péri-implantaire pourrait être une voie de traitement. Des données préliminaires récentes, in vitro et chez le singe, indiquent que la croissance, la motilité et la résistance au système du complément chez plusieurs espèces orales de tréponèmes (spirochètes) peuvent être altérées par

l'administration d'un inhibiteur spécifique de l'oxydoréductase ou par l'administration d'un inhibiteur C3 de la voie alternative du système du complément [39, 40].

Le traitement de la maladie parodontale est donc indispensable avant la pose d'implants : il permet une diminution de la charge bactérienne et la réduction significative des pathogènes parodontaux. Il comprend également une thérapeutique de soutien régulière afin de réduire le risque d'infection des tissus péri-implantaires [39].

Influence de la surface implantaire

Le principe d'ostéo-intégration des implants a été décrit par Brånemark il y a près d'une cinquantaine d'années [40, 41]. Depuis, une multitude de formes d'implants, de matériaux, de dimensions, de topographies de surface, de connexions implants/piliers et de méthodes de modification des surfaces implantaires ont été développées et étudiées [42]. Ces dernières décennies, la recherche en implantologie s'est focalisée sur les surfaces implantaires dans le but de favoriser la cicatrisation des tissus péri-implantaires et d'accélérer le processus d'ostéo-intégration. Les différentes caractéristiques de surface implantaire exercent une influence directe sur leur environnement, qui inclut la colonisation microbienne et la composition du biofilm à l'interface implant/pilier, et ces facteurs peuvent être à l'origine des infections péri-implantaires.

Les études ont établi que les surfaces implantaires microrugueuses optimisent l'adhésion des fibroblastes et influencent la différenciation et l'adhésion des ostéoblastes. Toutefois, une résorption osseuse péri-implantaire minime peut apparaître dans les premières semaines suivant la mise en place de l'implant et peut conduire à une exposition de la surface de l'implant à la cavité buccale, et donc à une accumulation de biofilm qui favoriserait la survenue d'une péri-implantite. Des résultats récemment publiés ont indiqué que l'hydrophilie de la surface implantaire aurait une incidence sur la formation précoce de biofilm [43]. Une étude *in vivo* a été réalisée par Herrmann et al., en 2020, pour évaluer la charge bactérienne et la composition microbienne de biofilms sur divers matériaux d'implants et de piliers, avec différents niveaux de rugosité, 3 jours après leur pose, puis au 31^e jour. Des disques expérimentaux (5 mm de diamètre et 2 mm d'épaisseur) ont été spécialement conçus pour évaluer quatre matériaux que l'on retrouve sur la surface active de l'implant (titane pur, sablé et mordancé à l'acide Ti-p), le col usiné (titane usiné Ti-m) et le pilier implantaire (titane Ti-6Al-4V ou céramique ZrO₂). Des attelles comprenant les quatre disques étaient placées sur la face linguale des incisives mandibulaires de 14 patients, afin de garantir une exposition maximale aux composants salivaires. Les résultats confirment qu'il existe un nombre de bactéries significativement plus élevé sur les disques en céramique (ZrO₂, avec une rugosité de surface de 0,74 µm) par rapport aux disques en titane (Ti-6Al-4V, avec une rugosité de 0,16 µm) et en titane usiné (Ti-m, avec une rugosité de 0,18 µm). Ces résultats confirment la thèse exposée dans plusieurs études qui montrent une corrélation entre la rugosité de surface et l'adhésion bactérienne. Cependant, il semble exister un seuil de rugosité de surface de 0,2 µm en dessous duquel aucun effet sur la rétention bactérienne ne pourrait être attendu [44].

Les revues systématiques et méta-analyses qui étudient l'effet de la rugosité de la surface implantaire sur le taux de survie de l'implant et le risque de développer une péri-implantite ne mettent pas en évidence de différences significatives entre les implants usinés et ceux à surface rugueuse. En 2019, Dank et al. publient une méta-analyse sur le taux de survie des implants et la perte osseuse marginale moyenne chez les patients ayant un antécédent de maladie parodontale [45]. Les six études incluses comprenaient cinq surfaces implantaires différentes (implants usinés et implants à surfaces rugueuses) : surfaces de titane pulvérisées au plasma, oxydées, sablées au dioxyde de titane et surfaces TiUnite™, avec des caractéristiques différentes. Malgré leur taux d'échec relativement plus élevé, les implants usinés présentent des avantages potentiels à long terme, car ils attirent moins de plaque une fois exposés après quelques années. L'hétérogénéité des méthodes d'étude, la durée d'observation maximale de 5 ans

ainsi que le fait que la plupart des études antérieures n'ont pas fait état de facteurs de confusion (fumeur ou non, site d'édentement, édenté partiel ou complet, prescription d'antibiotiques) rendent difficile la conclusion définitive. De même, Stavropoulos et al. (2021), ont analysé les données cliniques et/ou radiographiques de 7605 patients portant 26 188 implants, rapportées dans 31 publications, dont 12 avec un suivi supérieur ou égal à 10 ans. Ils n'ont globalement pas montré de différences significatives dans l'incidence de la péri-implantite, parmi les différentes surfaces d'implant. En général, des taux de survie élevés (90–100 %) jusqu'à 30 ans étaient rapportés, et aucune différence cliniquement significative dans la perte osseuse marginale n'a été retrouvée pour les différents types d'implants. Ainsi, le biofilm se forme sur toutes les surfaces implantaires et la rugosité pourrait augmenter la croissance du biofilm. Cependant, il n'est pas établi de preuves scientifiques suffisantes pour corréler l'augmentation de la rugosité des surfaces implantaires au développement des péri-implantites [46].

■ Autres facteurs de risque entraînés par la maladie parodontale

Risque mécanique

Le taux de succès des implants est fortement influencé par l'environnement biomécanique auquel ils sont exposés. Les contraintes physiologiques de cisaillement et de compression sur l'implant génèrent des réactions au niveau des tissus osseux en fonction de la nature de la charge appliquée (amplitude, direction, fréquence), des caractéristiques physiques et géométriques de l'implant, de l'interface os-implant et de l'environnement prothétique. Les interactions biomécaniques complexes entre l'os et l'implant rendent particulièrement vulnérable l'interface os-implant. En effet, la charge appliquée sur le système implantoporté est partiellement transférée à l'os, avec une concentration des contraintes dans la région cervicale de l'implant [47]. Un environnement parodontal réduit, mais assaini en raison d'un antécédent de parodontite, est une situation fréquente qui rend complexe le remplacement de dents perdues. En effet, les conséquences anatomiques caractérisées par une réduction du volume des tissus durs et mous conduisent à l'utilisation d'implants courts et de faible diamètre. Pendant longtemps, les implants courts ont été un sujet de controverse dans la littérature. Certains auteurs ont affirmé qu'une faible longueur de l'implant était associée à un taux de survie plus faible que les implants plus longs [48–50]. Cela s'expliquerait par une zone de contact plus faible entre l'os et l'implant qui induirait une répartition inhomogène des charges occlusales et une transmission plus élevée des contraintes sur l'os (Fig. 4). Toutefois, des études récentes montrent que les contraintes générées par les forces de cisaillement sont concentrées sur les sept premiers millimètres et qu'au-delà leur niveau est négligeable. Il apparaît que les contraintes sont toujours localisées au niveau du col de l'implant [51, 52]. Pour expliquer le faible taux de survie des implants courts dans les précédentes études, plusieurs facteurs ont été suggérés : une stabilité primaire de l'implant réduite, liée à une préparation du site chirurgical avec le même protocole que pour les implants standards et indépendamment de la densité osseuse. La surface implantaire et la qualité osseuse doivent être considérées comme les facteurs les plus influents sur la survie implantaire. Un rapport de consensus récent basé sur des revues systématiques a conclu que les implants courts, définis par une longueur inférieure ou égale à 6 mm, présentent un taux de survie allant de 86,7 à 100 %, comparable aux implants standards, qui oscillent entre 95 et 100 % sur une période de 1 à 5 ans. Il est toutefois recommandé d'utiliser un diamètre supérieur ou égal à 4 mm pour les implants courts [52]. Ces résultats sont confirmés par une revue systématique avec méta-analyse qui compare le taux de survie des implants standards associés à une greffe sinusienne versus implants courts dans le maxillaire postérieur. Des taux de survie similaires ont été retrouvés (99,5 contre 95,78 %) au cours d'un suivi de 5 ans [53]. Ainsi, les implants courts sont à

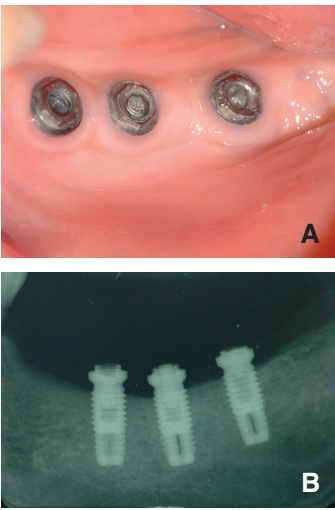


Figure 4. Vues clinique (A) et radiologique (B) d’implants avec des vis fracturées.

ce jour considérés comme un traitement prédictible dans les secteurs postérieurs. En revanche, la mise en place d’implants courts nécessite un protocole chirurgical adapté, afin d’obtenir une stabilité primaire élevée, même en présence d’un os de faible densité. La séquence de forage doit être réalisée en fonction de la qualité osseuse.

Risque esthétique

Au départ, les études évaluaient principalement le taux de survie, la perte osseuse marginale et les complications des implants, qui étaient utilisés pour une réhabilitation de la fonction masticatoire des patients. Les exigences esthétiques des patients augmentant au fil des ans, les études se sont peu à peu concentrées sur le résultat esthétique, et ont évalué l’aspect des tissus mous, ou esthétique dite « rose », et celui de la prothèse, évoquée comme esthétique « blanche ». Les indices principalement appliqués sont le Pink Esthetic Score (PES), proposé par Fürhauser et al. [54], l’indice esthétique de la couronne péri-implantaire [55] et le score esthétique blanc et rose proposé par l’équipe de Belser [56]. Le PES/WES (White Esthetic Score) évalue les tissus mous autour des couronnes sur implants sur la base de sept indices : la dimension des papilles mésiale et distale, le niveau de la gencive marginale ainsi que le feston gingival par rapport à la dent naturelle controlatérale, la texture et la couleur des tissus mous ainsi que la présence ou non d’un défaut du processus alvéolaire [54]. L’esthétique de la prothèse implantoportée est appréciée sur la base de neuf éléments : la forme anatomique (dimension mésio-distale de la couronne, position du bord incisif et convexité de la face vestibulaire qui doivent être en harmonie avec les dents adjacentes et controlatérales), la couleur et la qualité de surface de la couronne, ainsi que les dimensions des tissus mous péri-implantaires (le niveau, la texture, le feston et la couleur de la muqueuse péri-implantaire ainsi que la hauteur des papilles) [55]. Le score esthétique blanc et rose reprend cinq paramètres du PES et associe cinq autres paramètres axés sur la prothèse : dimension des papilles mésiale et distale, niveau de la gencive marginale ainsi que du feston gingival, couleur et texture des tissus mous, forme, volume et qualité de surface de la couronne ainsi que sa couleur et sa translucidité [57]. La perception par les patients du résultat sur le plan esthétique est difficile à quantifier, car subjective. À ce titre, la mise en place d’implants sur un parodonte réduit par la maladie parodontale constitue un défi. En effet, un volume osseux insuffisant influence le positionnement tridimensionnel de l’implant, la stabilité des tissus mous et donc la prédictibilité du résultat. Plusieurs solutions ont été proposées pour corriger les séquelles de la maladie parodontale, telles que les procédures d’augmentation osseuse et les greffes de tissus mous. Cependant, ces thérapeutiques peuvent prendre beaucoup de temps et s’avérer très coûteuses pour les patients, quand d’autres ne souhaitent simplement pas multiplier les interventions chirurgicales. Une

alternative permet de rétablir une harmonie entre la restauration prothétique et le complexe mucogingival et d’éviter le recours à ces procédures complexes : l’addition de céramique rose mimant la gencive, sur la zone cervicale de la prothèse implantoportée. Toutefois, la ligne du sourire ou la zone anatomique de la réhabilitation prothétique conditionnent l’obtention de résultats esthétiques avec ce type de technique [58].

Plan de traitement

Stabiliser la maladie parodontale

La stabilisation d’une maladie parodontale est un préalable indispensable au plan de traitement implantaire. En effet, une parodontite non stabilisée constitue un facteur de risque significatif pour l’échec à court, moyen ou long terme de la survie des implants. La première étape du traitement consiste à informer le patient sur sa pathologie, les facteurs de risques associés et le pronostic des dents atteintes. Papapanou et al. ont souligné l’importance de cette étape dans la gestion globale de la maladie parodontale [59].

La nouvelle classification des parodontites prend en compte la sévérité, l’étendue et la complexité, avec la mise en place de stades (de I à IV), mais également le risque de progression et les facteurs de risque regroupés au sein de grades (A, B et C).

Les patients atteints d’un stade III sont ceux qui ont perdu entre une et quatre dents pour cause parodontale. Les patients atteints d’un stade IV sont ceux qui ont perdu plus de cinq dents pour cause parodontale.

Ce sont donc les patients atteints des formes les plus sévères qui doivent bénéficier d’une prise en charge implantaire. Il est scientifiquement admis que le risque de développer une péri-implantite est six à neuf fois plus élevé chez les patients avec antécédents de maladie parodontale et 14 fois plus si cette parodontite est d’un grade élevé de progression [60].

Il est donc impossible de commencer tout traitement implantaire sans un assainissement préalable éradiquant tout réservoir bactérien parodontal au moyen d’une thérapeutique étiologique dont l’objectif est d’obtenir une flore bactérienne compatible avec la santé parodontale (Fig. 1). Selon Sanz et al., en 2020, les étapes du traitement parodontal doivent suivre un schéma défini [61].

Changements comportementaux, contrôle du biofilm supragingival, de l’inflammation gingivale et des facteurs de risque

Slot et al., en 2020, ont rappelé que l’élimination mécanique rigoureuse de la plaque par le patient est indispensable pour obtenir des résultats. Ce contrôle de plaque s’obtient par l’utilisation d’une brosse à dents manuelle ou électrique, sans différence de résultats entre les deux, associée à une utilisation de brossettes interdentaires [62]. De plus, il a été établi que le contrôle de plaque est l’élément clé de la prévention primaire de l’apparition d’une péri-implantite [63].

Instrumentation supra- et sous-gingivale avec ou sans thérapies adjuvantes

Les surfaces radiculaires sont détoxifiées par détartrage et surfaçage radiculaires (DSR). Aujourd’hui, le détartrage supra- et sous-gingival est indiqué pour les sites peu profonds (< 3 mm), tandis que le surfaçage radiculaire est réservé aux sites plus profonds. Le DSR permet d’obtenir une réduction moyenne de la profondeur de poche de 0,5 à 2 mm. Des réductions plus importantes de profondeur de poche, jusqu’à 3 mm, ont été observées dans des poches plus profondes (> 6 mm). On observe un gain d’attache pouvant aller de 0,5 à 1,2 mm. Ce gain est plus marqué dans les poches initialement plus profondes, atteignant parfois jusqu’à 2 mm ou plus.

Le DSR permet également l’amélioration de différents paramètres cliniques : réduction de la charge bactérienne subgingivale, diminution du saignement au sondage [64]. Ce traitement peut être associé à une antibiothérapie systémique afin d’aider à

corriger la dysbiose installée, notamment due à des bactéries comme *Aggregatibacter actinomycetemcomitans*, *P. gingivalis* et *T. forsythia*. Ces bactéries particulièrement agressives sont retrouvées dans les formes les plus sévères des parodontites.

Il n'y a pas, à la suite de la modification de la classification des maladies parodontales en 2017, de recommandation sur leurs usages, mais, en transposant les recommandations concernant l'ancienne classification d'Armitage, une prescription d'antibiotique est préconisée pour des parodontites de stade III ou IV ou de grade C. De nombreuses études ont montré les bienfaits de l'association en bithérapie d'amoxicilline (500 mg) et de métronidazole (400 mg), administrés trois fois par jour pendant 7 jours en adjonction d'une thérapeutique non chirurgicale [65]. Les conclusions d'une étude récente dirigée par l'European Federation of Periodontology préconisent, pour les patients atteints de parodontite généralisée de stade III et de grade C, l'adjonction de la bithérapie systémique à l'instrumentation sous-gingivale [66].

Une réévaluation est réalisée 6 à 8 semaines après ce traitement actif : elle permet d'évaluer la qualité du contrôle de plaque et la réponse tissulaire, notamment grâce à un sondage des poches parodontales [67].

Les besoins en chirurgie parodontale sont alors évalués : d'une manière générale, elle est indiquée pour des sites dont la profondeur de poche dépasse 6 mm après une thérapeutique étiologique [68].

Cependant, cette valeur doit être relativisée sur les molaires, a fortiori en cas de lésions interradiculaires : le pronostic des pluriradiculées étant moins bon que celui des monoradiculées à sondage égal, la chirurgie parodontale est indiquée pour des valeurs moindres.

L'emploi de lambeaux d'accès d'assainissement a montré une réduction significative de la profondeur de poches dans les sites profonds (≥ 6 mm) à court et long terme par rapport au débridement sous-gingival [69].

Les techniques régénératives dans les situations de lésions intraosseuses profondes (> 3 mm) nécessitant l'emploi de biomatériaux (membranes, dérivés de la matrice amélaire, xénogreffes) ont démontré des résultats cliniques à long terme [70].

Le pronostic des dents est également évalué et les décisions d'extraction sont généralement prises à cette étape. Toutefois, dans certaines situations, la décision définitive peut être prise après la cicatrisation des chirurgies parodontales, en fonction des résultats obtenus.

Il est important que les patients atteints d'une maladie parodontale suivent une thérapeutique parodontale de soutien afin de conserver les résultats obtenus et de minimiser par la suite le risque de péri-implantite.

Étude préimplantaire

Une étude de faisabilité permet d'aboutir à l'indication du remplacement d'une ou de plusieurs dents manquantes par un ou des implants.

L'identification des contre-indications est une étape cruciale pour éviter les complications postopératoires.

La prise de bisphosphonates par intraveineuse est une contre-indication à l'implantologie orale à cause du risque d'ostéonécrose des maxillaires [71]. Néanmoins, le risque d'ostéonécrose des maxillaires augmente avec la dose et la durée de prise de bisphosphonates par intraveineuse.

La prise orale de faibles doses de bisphosphonates pour le traitement de l'ostéoporose ne constitue pas en soi une contre-indication à la pose d'implants, mais il est nécessaire d'obtenir une cicatrisation en première intention (avec des implants enfouis) et d'associer une antibiothérapie et l'utilisation d'antiseptiques. Il n'est pas observé à ce jour de taux d'échec ou de complications chez les patients traités par voie orale.

Le traitement implantaire et/ou les procédures de greffe osseuse ne sont actuellement pas recommandés chez les patients recevant une dose élevée d'antirésorptifs [72].

Les valvulopathies peuvent constituer une contre-indication ; l'avis du cardiologue ou du médecin traitant doit être demandé dans tous les cas. L'usage de plus en plus fréquent de nouveaux

anticoagulants oraux est à prendre en compte. La pose d'implant est considérée comme un acte chirurgical avec un faible risque hémorragique et ne nécessite pas d'arrêt avant l'intervention. En revanche, si la situation nécessite une chirurgie préimplantaire ou une greffe gingivale, il est indispensable de demander l'autorisation préalable du médecin prescripteur, dans la mesure où ce sont des interventions chirurgicales à haut risque hémorragique [73, 74].

Enfin, certaines pathologies lourdes en cours d'évolution, telles qu'un cancer ou une immunodépression sévère, sont une contre-indication à l'implantologie orale.

Pour les patients atteints de diabète insulino-dépendant non contrôlé (HbA1c $> 7\%$), la mise en place d'un implant doit être reportée, si cela est possible, jusqu'à ce que l'équilibre glycémique soit atteint. De plus, une antibioprophylaxie est nécessaire et le patient doit être informé du risque accru d'échec de l'implant. Selon une étude, les patients diabétiques mal contrôlés présentent un taux d'échec des implants plus élevé, avec une probabilité d'échec augmentée de 15 % par rapport aux patients non diabétiques [74].

Les contre-indications intrabuccales sont d'ordre anatomique et fonctionnel : tout d'abord, l'ouverture buccale doit être vérifiée, car sa limitation peut devenir une contre-indication à la pose d'implant ou à l'utilisation de guides chirurgicaux, par exemple dans le cas d'un édentement encastré postérieur. La position des dents antagonistes doit être vérifiée également, une égression importante interdisant parfois la réalisation de la chirurgie implantaire ou de la prothèse dans de bonnes conditions : ces égressions doivent être gérées avant la pose des implants soit par un traitement orthodontique soit par des prothèses, voire par des extractions dans les cas d'égressions les plus sévères. L'évaluation préalable à la pose d'implants dentaires doit systématiquement examiner la qualité des tissus mous, particulièrement le tissu kératinisé, qui joue un rôle crucial dans la prévention des maladies péri-implantaires.

Selon Sanz et al. (2022), une épaisseur insuffisante de tissu kératinisé péri-implantaire (< 2 mm) est un facteur de risque d'apparition et de progression de mucosite et de péri-implantite, soulignant l'importance d'une évaluation complète du site implantaire [75]. Des modifications gingivales peuvent être requises en amont de la pose d'implant, notamment s'il est nécessaire d'avoir recours à des reconstructions osseuses préimplantaires. Cette analyse est d'autant plus critique lorsque des antécédents de maladie parodontale ont conduit à une perte significative de la hauteur osseuse souvent accompagnée d'une perte de tissu kératinisé, ce qui peut compromettre l'émergence esthétique de l'implant dans la muqueuse. Tavelli et al. (2021) indiquent que la modification du phénotype des tissus mous péri-implantaires, en particulier l'augmentation de l'épaisseur du tissu kératinisé, peut considérablement améliorer la santé péri-implantaire. C'est d'autant plus pertinent lorsque des greffes de tissu conjonctif ou des matrices dermiques acellulaires sont utilisées pour augmenter le volume des tissus mous [76]. De plus, une muqueuse péri-implantaire kératinisée adéquate facilite le contrôle de la plaque et améliore l'esthétique. Ce tissu kératinisé péri-implantaire est également crucial en cas de réintervention dans les situations de péri-implantites. La nécessité de disposer d'au moins 2 mm de tissu kératinisé (en hauteur et en épaisseur) pour protéger contre les maladies péri-implantaires est reconnue, avec des interventions chirurgicales préconisées lors du deuxième temps chirurgical pour les augmentations nécessaires. Ces aménagements muqueux péri-implantaires montrent une amélioration de la stabilité de l'os marginal et une réduction du risque de récession muqueuse péri-implantaire. L'examen clinique, complété par une palpation de l'épaisseur de la crête, est essentiel, mais insuffisant seul pour une planification précise des implants dentaires. Le *cone beam* (CBCT) est indiqué en odontostomatologie lorsque les informations fournies par la clinique et la radiologie 2D (rétroalvéolaire ou panoramique dentaire) ne sont pas suffisamment contributives au diagnostic et à la thérapeutique. Une image 3D est indispensable pour un bilan préimplantaire et une estimation du volume osseux au niveau du site implantaire. Cet examen 3D, bien que plus coûteux et irradiant, permet de réduire les risques de lésions des structures avoisinantes et est

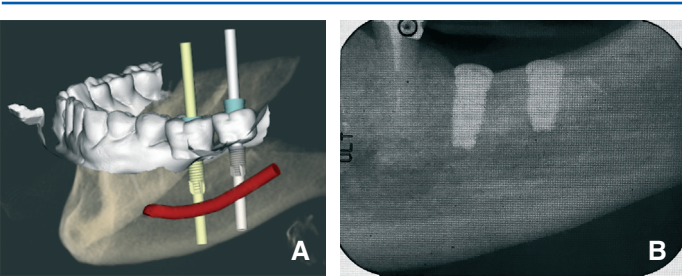


Figure 5.
A. Modélisation par logiciel du traitement implantaire.
B. Pose des implants à l'aide d'un guide chirurgical.

systématiquement recommandé pour assurer une sécurité optimale lors de l'implantation [77]. Les progrès dans l'imagerie par CBCT ont mis en lumière des sous-estimations systématiques des mesures connues sous le terme de *shrinkages*, qui nécessitent des ajustements dans l'interprétation des données. Cette caractéristique peut affecter la précision des guides chirurgicaux dérivés de cette technologie [78]. Une étude a souligné que les valeurs mesurées par CBCT étaient systématiquement plus petites que celles obtenues, avec des variations de 1,8 à 6,9 %, par des scanners de modèles ou intraoraux, ce qui peut influencer les décisions cliniques [76]. L'avènement des technologies numériques dans la planification implantaire et la chirurgie guidée est révolutionnaire. La précision apportée par les scanners intraoraux et de modèles est critique pour la personnalisation des prothèses et des guides chirurgicaux. Ces technologies permettent de réaliser des *wax-up* virtuels et de prévisualiser avec précision la position idéale des implants, et enfin de préparer en amont de l'intervention une prothèse provisoire [79]. Derksen et al., en 2019, mettent en évidence que l'utilisation de CBCT associée à la fabrication de guides chirurgicaux via des technologies CAD/CAM, augmente significativement la précision du positionnement des implants, en particulier dans les cas esthétiquement exigeants ou lorsque les conditions anatomiques sont complexes [80]. Ces guides, qui peuvent être créés à partir des données de CBCT, sont particulièrement utiles pour visualiser le volume osseux disponible, vérifier l'adéquation avec le projet prothétique et prévisualiser la position idéale de l'implant, permettant des chirurgies moins invasives et plus précises (Fig. 5).

Le protocole *flapless*, recommandé pour des situations esthétiques où l'exactitude du placement est critique, nécessite une évaluation préchirurgicale rigoureuse pour prévenir les complications postopératoires. L'importance de cette évaluation est soutenue par des études indiquant que l'implantation immédiate, particulièrement au maxillaire, requiert une considération attentive des dimensions de l'implant et du site d'implantation pour éviter des complications [76]. Ce protocole peut être utile chez des patients âgés ou avec un état de santé générale compliqué. Vercruyssen et al. (2015) ont souligné que l'intégration de la planification numérique et de la chirurgie guidée améliore significativement la précision et la prédictibilité des implants, réduisant ainsi les risques de complications [79].

Chirurgie guidée

La chirurgie guidée, une méthode innovante dans le domaine de l'implantologie, a révolutionné la manière dont les implants dentaires sont planifiés et placés. Cette technique utilise des technologies numériques avancées pour améliorer la précision et la sécurité des procédures chirurgicales, réduisant ainsi les complications et améliorant les résultats pour les patients.

Les principaux types de chirurgie guidée sont :

- la chirurgie guidée statique, qui utilise des guides chirurgicaux créés à partir de la planification préopératoire pour diriger les instruments chirurgicaux pendant l'intervention (Fig. 6) ;
- la chirurgie guidée dynamique (navigation dynamique), qui offre une visualisation en temps réel de l'intervention chirurgicale, permettant une adaptation en cours de procédure grâce à des systèmes informatiques avancés.

Types de guides chirurgicaux

Full guided (guidage total)

Le guide chirurgical contrôle toutes les étapes de l'intervention, y compris la position, l'angle et la profondeur du forage, ainsi que la pose de l'implant. Ce type de guide offre la plus grande précision et est particulièrement utile dans les cas où la marge d'erreur doit être minimisée.

Partially guided (guidage partiel)

Le guide chirurgical contrôle certaines étapes de l'intervention, généralement la position, et l'angle du forage, mais pas nécessairement la profondeur ni la pose de l'implant. Cela permet une certaine flexibilité pendant la chirurgie, tout en fournissant une orientation importante.

Freehand (à main levée)

L'implantation est réalisée sans guide chirurgical, reposant entièrement sur les compétences et l'expérience du chirurgien pour assurer le bon placement de l'implant. Cette méthode offre le plus de flexibilité, mais présente également un risque plus élevé d'erreurs de placement.

Indications de la chirurgie guidée

La chirurgie guidée est indiquée dans les situations suivantes :

- placement précis des implants dans des zones anatomiquement complexes (morphologie radiculaire particulière des dents adjacentes) ou avec un volume osseux restreint ;
- réhabilitation complète ou partielle de l'édentement ;
- situation nécessitant une grande précision pour éviter les structures anatomiques sensibles, telles que le nerf alvéolaire inférieur ou les sinus maxillaires dans le cas d'implants zygomatiques ;
- zone antérieure maxillaire pour optimiser les résultats esthétiques.

Selon une revue de la littérature, plusieurs logiciels de planification virtuelle sont couramment utilisés pour la chirurgie guidée. Ces logiciels incluent coDiagnostiX®, Simplant® Pro, Smop™, NobelClinician™ et Implant Studio®. Chaque système offre des interfaces et des outils intégrés pour la planification prothétique et la position virtuelle des implants [81].

Précision et efficacité de la chirurgie guidée

Les études comparatives ont démontré que la chirurgie guidée peut considérablement améliorer la précision et diminuer le risque de complication par rapport aux méthodes traditionnelles : l'écart moyen entre la position planifiée et la position réelle des implants était de 0,99 mm horizontalement et de 0,95 mm verticalement pour les chirurgies totalement guidées, contre 1,82 mm horizontalement et 2,18 mm verticalement pour les implantations sans guide [82].

Les guides chirurgicaux peuvent être conçus pour différents types de support : dentaire muqueux ou osseux, chacun ayant une répercussion sur la stabilité et donc la précision de l'implantation.

Support dentaire

Les guides avec support dentaire sont fixés sur les dents existantes du patient. Ils offrent une grande stabilité et une précision élevée, mais leur utilisation est limitée aux patients ayant suffisamment de dents naturelles restantes pour servir de support. Une étude a montré que les écarts moyens étaient de 0,9 mm horizontalement et de 0,7 mm verticalement pour les guides avec support dentaire [83].

Support muqueux

Les guides avec support muqueux reposent sur la muqueuse buccale. Ils sont souvent utilisés pour les patients édentés. Cependant, ils peuvent être moins stables que les guides avec support dentaire et nécessitent une compression uniforme de la muqueuse pour maintenir leur précision. Les études indiquent que les écarts moyens pour les guides avec support muqueux sont de 1,2 mm horizontalement et de 1,0 mm verticalement [79].

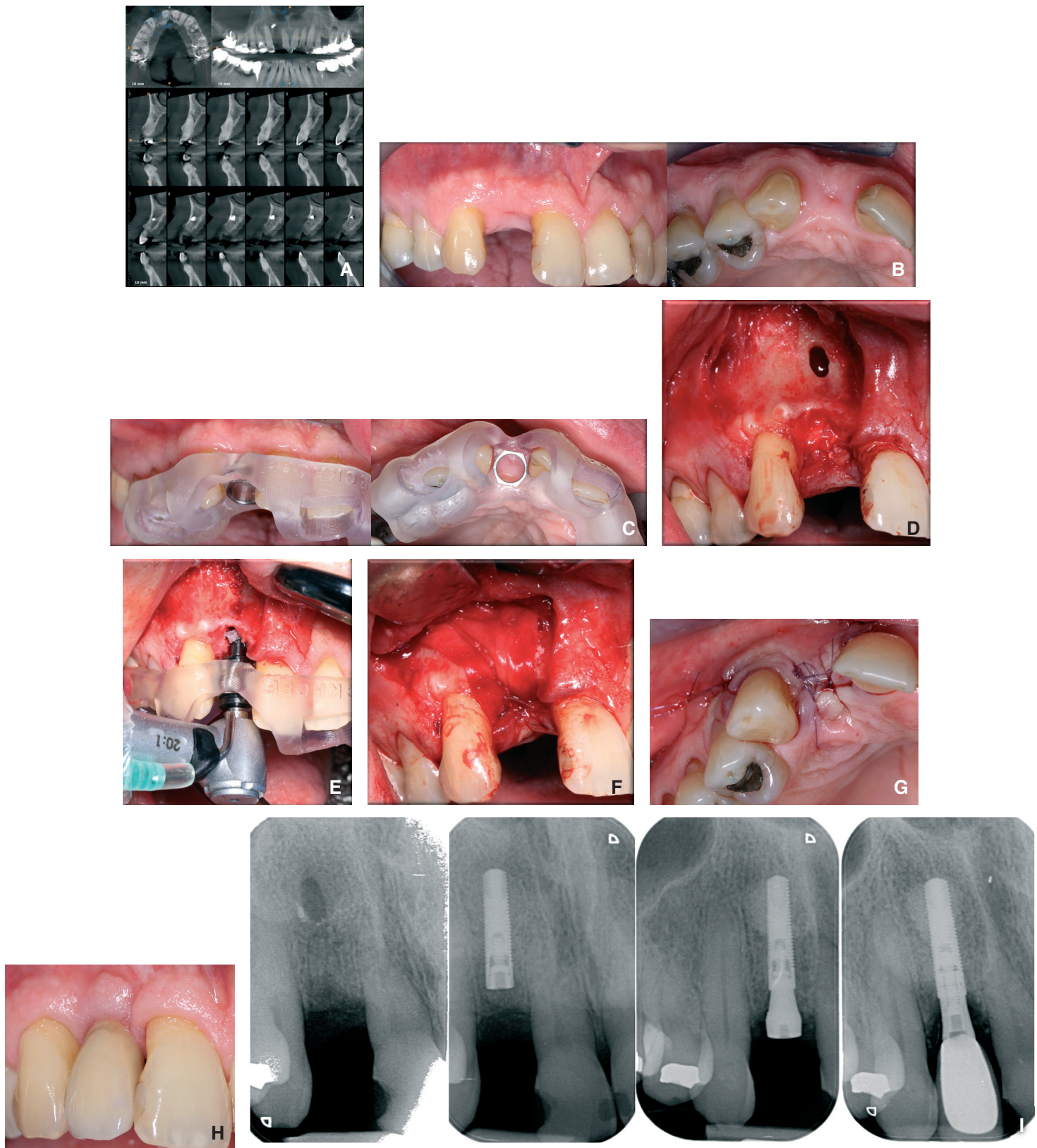


Figure 6. Étude préimplantaire et réalisation d'un guide chirurgical en vue d'une pose d'implant en 12 après l'élimination d'un reste de pâte dentaire d'obturation.

- A.** Scanner préopératoire : on note le reste de pâte dentaire à éliminer, risquant de provoquer une perte de substance importante lors de la pose de l'implant.
- B.** Situation clinique de départ après la stabilisation de la maladie parodontale.
- C.** Essayage du guide chirurgical.
- D.** Fenestration de la corticale vestibulaire après curetage du tissu de granulation.
- E.** Pose de l'implant 7 mois plus tard avec guide chirurgical.
- F.** Reconstruction de la paroi vestibulaire avec une membrane résorbable suturée pour être stabilisée sur le site.
- G.** Sutures.
- H.** Prothèse posée 8 mois plus tard (prothèse réalisée par le Docteur Egger).
- I.** Contrôles radiographiques des étapes implantaire.

Support osseux

Les guides avec support osseux sont fixés directement sur l'os à l'aide de vis. Ils offrent une grande précision et sont particulièrement utiles dans les cas où la stabilité muqueuse est insuffisante. Cependant, leur placement peut être plus invasif et nécessiter une exposition chirurgicale de l'os. Les écarts moyens pour les guides avec support osseux sont de 0,8 mm horizontalement et de 0,6 mm verticalement [84].

Avantages

Réduction des complications

Tattan et al., en 2020, ont montré que les taux de complications étaient réduits de 50 % avec l'utilisation de la chirurgie guidée par rapport aux méthodes traditionnelles, grâce à une meilleure planification et à une exécution plus précise et moins traumatique [85]. On peut observer une réduction significative des cas de paresthésie postopératoire avec l'utilisation de guides [84].

Amélioration des résultats esthétiques

Les patients traités avec des techniques de chirurgie guidée ont montré une satisfaction esthétique accrue avec un score moyen de satisfaction de 8,9 sur 10, contre 7,3 pour les techniques traditionnelles [83].

Réduction du temps opératoire

Les interventions chirurgicales par méthodes totalement guidées réduisaient le temps opératoire de 25 % en moyenne par rapport aux méthodes à main levée [83].

Limites de la chirurgie guidée

Bien que la chirurgie guidée offre de nombreux avantages, elle présente également certaines limites et certains défis, qui doivent être pris en compte.

Coût initial élevé

L'un des principaux obstacles à l'adoption de la chirurgie guidée est le coût initial élevé des équipements (scanner intraoral, imprimantes 3D) et des logiciels nécessaires.

Frais supplémentaires pour les patients

Les coûts supplémentaires associés à la chirurgie guidée peuvent être répercutés sur les patients, rendant les procédures plus coûteuses pour eux. Cela peut limiter l'accès à cette technologie pour certains patients.

Précision dépendante de la qualité des scans

La précision de la chirurgie guidée dépend fortement de la qualité des images radiographiques et des scans utilisés pour la planification. Les artefacts ou les erreurs dans les scans peuvent entraîner des imprécisions dans la fabrication des guides chirurgicaux.

Complexité de la courbe d'apprentissage

La maîtrise des systèmes de chirurgie guidée nécessite une formation spécialisée et une courbe d'apprentissage. Les praticiens doivent être formés à l'utilisation des logiciels de planification virtuelle et des guides chirurgicaux, ce qui peut nécessiter du temps.

Préservation de la crête alvéolaire

Hormis les cas d'urgence douloureuse, l'extraction d'une dent pour des raisons parodontales est généralement décidée et réalisée après la réévaluation de la thérapeutique étiologique. L'inflammation est alors contrôlée et la cicatrisation se fait dans de meilleures conditions.

Si une extraction est nécessaire dans le secteur de la chirurgie parodontale, elle est pratiquée dans le même temps opératoire. Enfin, dans certaines situations limites, la décision définitive peut être prise après la cicatrisation des chirurgies parodontales en fonction des résultats obtenus. L'extraction est aujourd'hui réalisée de manière à préserver le volume osseux résiduel.

Lorsque les dents sont extraites, la perte osseuse alvéolaire est un phénomène inévitable qui peut compromettre la stabilité des futurs implants et prothèses. Cette résorption osseuse est particulièrement critique dans les zones esthétiques où l'intégrité de la

crête alvéolaire influence directement l'émergence des implants. Par conséquent, la préservation alvéolaire est essentielle pour maintenir les dimensions et la qualité de l'os, assurant ainsi des résultats fonctionnels et esthétiques optimaux.

Les objectifs principaux de la préservation alvéolaire sont multiples : maintenir les dimensions osseuses (prévenir la résorption osseuse horizontale et verticale pour préserver la hauteur et la largeur de la crête alvéolaire), faciliter la mise en place d'implants, améliorer les résultats esthétiques et réduire le besoin de greffes osseuses.

La cicatrisation physiologique après une extraction dentaire entraîne généralement une résorption osseuse significative. Une étude de Schropp et al. (2003) a révélé qu'environ 50 % de la largeur initiale de la crête alvéolaire est perdue dans les 12 premiers mois suivant l'extraction, dont deux tiers dans les 3 premiers mois [86]. La perte osseuse est plus marquée dans les premiers mois suivant l'extraction, avec une résorption plus prononcée sur la corticale vestibulaire.

Une étude de Tan et al. (2012) a montré que la réduction moyenne de la largeur alvéolaire est de 3,87 mm, et de la hauteur alvéolaire, de 1,67 mm, dans les 6 premiers mois suivant l'extraction [87]. La résorption osseuse est généralement plus importante sur la table vestibulaire que sur la table linguale ou palatine en raison de l'épaisseur plus fine de l'os vestibulaire. Ces pertes dimensionnelles peuvent compromettre non seulement l'esthétique, mais aussi la stabilité des futures prothèses implantaires.

Les caractéristiques phénotypiques parodontales, telles que l'épaisseur du morphotype parodontal et la qualité de l'os alvéolaire, jouent un rôle crucial dans le remodelage osseux post-extractionnel. Les sites présentant un biotype gingival mince et un os vestibulaire fin sont plus susceptibles de subir une résorption osseuse significative.

Couso-Queiruga et al. (2023) ont souligné que les sites avec une épaisseur osseuse vestibulaire inférieure à 1 mm subissent une résorption plus importante, nécessitant souvent des interventions de préservation plus importantes [88].

Araújo et Lindhe (2005) ont montré que les techniques de préservation alvéolaire peuvent réduire la résorption horizontale à 1,5–2,4 mm et la résorption verticale à 1–2,5 mm [89].

Les avulsions doivent être le plus atraumatiques possible afin de préserver l'intégrité des parois osseuses alvéolaires et de maintenir une base optimale pour la régénération osseuse. Ces avulsions reposent sur l'utilisation d'instruments spécifiques (périotomes fins, élévateur de Bernard), la section des racines pour les pluriradiculés afin d'éviter le traumatisme osseux. L'utilisation de techniques atraumatiques a également entraîné une réduction significative du traumatisme tissulaire et une meilleure cicatrisation des tissus mous. Les patients ayant bénéficié d'extractions atraumatiques ont rapporté moins de douleur postopératoire [90].

Des techniques de préservation alvéolaire à l'aide d'un biomatériau ont été proposées : il est possible de combler l'alvéole avec un substitut osseux, de fermer l'alvéole avec une membrane ou de combiner les deux dans une procédure de régénération osseuse guidée (ROG) (Fig. 3).

Les biomatériaux, tels que les allogreffes, xénogreffes et substituts synthétiques, sont couramment utilisés pour combler l'alvéole postextractionnelle. Ces matériaux agissent comme un tuteur pour la nouvelle formation osseuse et réduisent la résorption osseuse.

Une étude de Barone et al. (2008) a montré que l'utilisation de xénogreffes réduit la résorption osseuse horizontale à 0,95 mm, et à 3,35 mm dans les sites sans préservation [91]. Les membranes résorbables jouent un rôle crucial en guidant la régénération tissulaire et en stabilisant le caillot sanguin. Elles empêchent l'invasion des cellules épithéliales dans le site de régénération osseuse, favorisant ainsi une meilleure formation osseuse.

Jung et al. (2013) ont démontré que l'application de membranes en barrières réduit la perte osseuse horizontale à 1,03 mm, par rapport à 2,5 mm sans membrane [92].

Avila-Ortiz et al. (2020) ont rapporté que les allogreffes combinées à des membranes permettent de maintenir 87 % du volume osseux initial, réduisant ainsi la résorption osseuse et facilitant la pose ultérieure d'implants dentaires [93].

La combinaison de xénogreffes et de membranes de collagène a montré une résorption osseuse horizontale réduite à 0,95 mm, par rapport à 3,35 mm dans les sites non traités. Les résultats ont également montré une meilleure intégration osseuse et une cicatrisation tissulaire optimisée [93].

Les techniques de préservation alvéolaire contribuent également à la préservation des tissus mous, réduisant les récessions parodontales et améliorant la cicatrisation, comme le montrent les études de Jung et al. (2013) et Barone et al. (2008) [91, 92].

Chirurgie flapless

La chirurgie *flapless* consiste à placer des implants sans décoller de lambeau, minimisant ainsi le traumatisme aux tissus mous et durs. Cette technique est particulièrement bénéfique pour la préservation alvéolaire, car elle permet de réduire le traumatisme tissulaire, de diminuer les douleurs postopératoires et de préserver l'os cortical.

La combinaison de la chirurgie *flapless* avec les techniques de préservation alvéolaire (telles que l'utilisation de xénogreffes et de membranes) peut améliorer encore davantage les résultats cliniques. Les sites traités par chirurgie *flapless* avec xénogreffes et membranes ont montré une résorption osseuse horizontale réduite de manière significative comparés aux sites traités par chirurgie traditionnelle sans préservation.

La résorption horizontale a été réduite à 0,9 mm dans les sites traités avec chirurgie *flapless*, contre 2,5 mm dans les sites non traités [94]. On observe une réduction de la douleur postopératoire et la préservation des tissus mous avec ce protocole chirurgical.

Extraction-implantation immédiate

L'extraction et l'implantation immédiate (EII) sont des procédures fréquemment utilisées pour minimiser la perte osseuse et maintenir l'esthétique. Ces procédures peuvent offrir des avantages significatifs, notamment en réduisant le nombre d'interventions chirurgicales nécessaires et le temps de traitement global. Cependant, elles nécessitent une planification minutieuse et une exécution précise pour éviter des complications et garantir des résultats optimaux [95].

Plusieurs études ont démontré que la technique d'implantation immédiate présente un taux de survie des implants comparable à celui des techniques d'implantation différée, à condition que des critères stricts de sélection des situations soient respectés et que la procédure soit réalisée par des cliniciens expérimentés [96].

Les avantages incluent non seulement la préservation de l'os alvéolaire, mais aussi une meilleure esthétique, car la morphologie gingivale naturelle peut être mieux conservée [97].

La classification des protocoles d'implantation après l'extraction est essentielle pour comprendre les différents résultats cliniques associés à chaque type :

- type I, implantation immédiate : insertion de l'implant le jour même de l'extraction ;
- type II, implantation précoce : insertion de l'implant après la cicatrisation des tissus mous, mais avant la cicatrisation osseuse totale (4-8 semaines) ;
- type III, implantation différée : insertion après la cicatrisation osseuse partielle (12-16 semaines) ;
- type IV, implantation tardive : insertion après la cicatrisation complète de l'os (> 6 mois).

L'implantation immédiate peut prendre différentes formes selon le moment de la mise en charge de l'implant (Fig. 7, 8) et les techniques spécifiques utilisées :

- implantation immédiate avec mise en charge immédiate : l'implant est placé immédiatement après l'extraction et une couronne provisoire est fixée sur l'implant lors de la même séance. Cette approche offre des avantages esthétiques immédiats et permet au patient de retrouver rapidement une fonction esthétique [98] ;
- implantation immédiate avec mise en charge différée : l'implant est placé immédiatement après l'extraction, mais la mise en charge est reportée à une date ultérieure après une période de guérison de plusieurs mois. Cela permet d'obtenir

une complète ostéo-intégration avant de soumettre l'implant à des forces masticatoires [99].

Conditions requises à l'extraction-implantation immédiate

Paroi osseuse vestibulaire intacte

Une paroi osseuse vestibulaire intacte et suffisamment épaisse (≥ 2 mm) est cruciale pour la stabilité primaire de l'implant et pour minimiser les risques de résorption osseuse [100].

Morphotype gingival épais

Un biotype gingival épais favorise la stabilité des tissus mous autour de l'implant et réduit le risque de récession parodontale. Les patients avec un biotype gingival fin présentent un risque plus élevé de complications esthétiques et d'exposition du col de l'implant [101].

Absence d'infection purulente aiguë

La présence d'une infection purulente aiguë au site d'extraction est une contre-indication à l'implantation immédiate [99].

Volume osseux suffisant

Un volume osseux adéquat est nécessaire pour permettre une insertion correcte de l'implant et garantir une stabilité primaire [99].

Protocole chirurgical

Le protocole chirurgical d'EII est présenté dans le Tableau 2.

Le taux de survie des implants en protocole EII est comparable à ceux des implants différés, avec des taux de succès allant de 92 à 98 % après une période de suivi de 1 à 5 ans [102]. Une résorption horizontale de 13 à 25 % a été observée dans des études cliniques et expérimentales malgré une préservation alvéolaire [103]. La résorption osseuse verticale est également une préoccupation. Les études montrent une réduction moyenne de la hauteur osseuse variant de 0,5 à 1,5 mm après l'implantation immédiate. Une rétraction gingivale moyenne de 0,5 à 1,0 mm après 1 an est observée dans différentes études [104] (Fig. 7, 8).

■ Reconstruction osseuse préimplantaire

Introduction

En cas de perte dentaire à la suite d'une parodontite, les pertes de substance osseuse dans la zone alvéolaire, voire dans l'os basal, sont souvent importantes.

La classification de Seibert [105] détermine trois formes de déficit :

- horizontale ;
- verticale ;
- mixte.

La résorption physiologique après une extraction a été analysée dans de nombreuses études expérimentales chez l'animal, qui ont démontré une résorption osseuse verticale et horizontale [89, 106]. Chez l'homme, une diminution de 50 % du volume osseux est rapportée dans l'année suivant l'extraction et ces modifications significatives peuvent compromettre la mise en place d'implants [86, 87].

Dans les cas de parodontite sévère, ces pertes de substance alvéolaires peuvent contre-indiquer le traitement implantaire en première intention. Il faut alors avoir recours à des techniques chirurgicales réhabilitant le niveau osseux.

Dans les cas de crêtes édentées atrophiées, deux approches sont décrites :

- la reconstruction osseuse est préalable à la pose des implants ;
- la reconstruction osseuse est effectuée simultanément à la pose des implants.

Les résultats des protocoles d'augmentation osseuse sont aujourd'hui très prédictibles et le taux de complications est bas pour les augmentations osseuses horizontales. Le taux de survie implantaire est compris entre 97 et 100 % [107, 108].

En revanche, les augmentations osseuses verticales sont beaucoup plus complexes sur les plans technique et biologique [109].

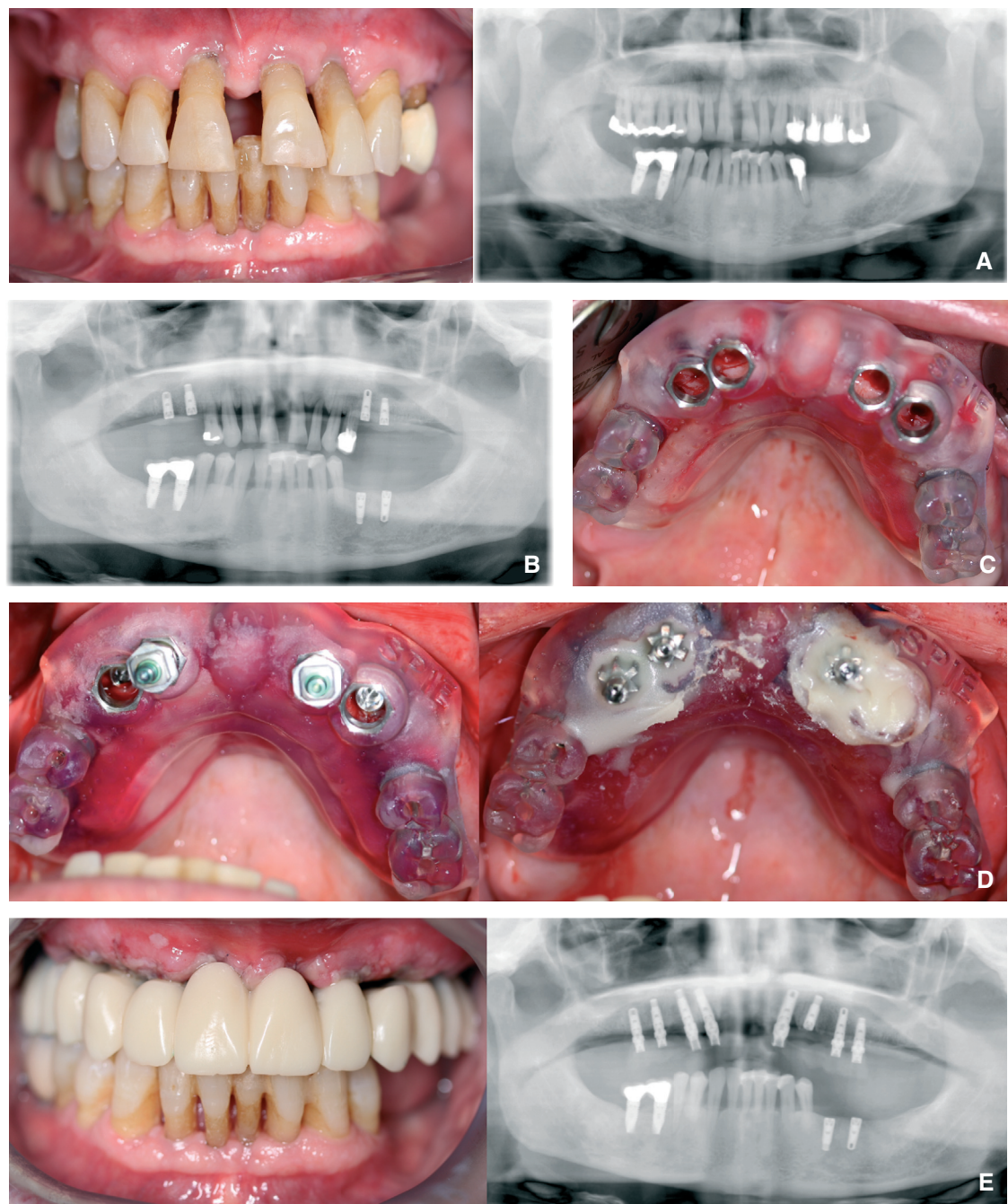


Figure 7. Gestion d'un édentement complet maxillaire par extraction-implantation immédiate et mise en charge immédiate.
A. Situation de départ : parodontite stade IV grade C, les dents maxillaires ne sont pas conservables en raison de la sévérité de la destruction parodontale.
B. Extraction des secteurs postérieurs dans un premier temps et pose des 4 implants 15, 16 et 25, 26 avec guide chirurgical à appui dentaire grâce à une empreinte optique, anticipant le projet d'un bridge complet maxillaire implantoporté.
C. Après l'ostéo-intégration des implants postérieurs : préparation d'un guide chirurgical à appui implantaire, vissé sur les implants postérieurs ostéo-intégrés.
D. Extraction de 14 à 25, pose des 4 implants antérieurs et positionnement de piliers *multi-units* sur l'ensemble des 8 implants. Utilisation d'un porte-empreinte individuel (PEI) préparé en même temps que le guide chirurgical. Positionnement des transferts d'empreinte et solidarisation des transferts au PEI avec de la résine.
E. Pose d'un bridge provisoire en résine PMMA (polyméthacrylate de méthyle) à 48 h. Un implant n'a pas été mis en charge immédiatement en raison d'une stabilité primaire insuffisante. Le bridge maxillaire définitif sera réalisé à 9 mois (bridge provisoire et guides chirurgicaux réalisés par S. Charmeux).

Différentes techniques sont couramment décrites :

- la greffe osseuse d'apposition ;
- la ROG ;
- l'élévation du plancher du sinus ;
- l'utilisation d'implants courts ;
- la dérivation du nerf mandibulaire (que nous n'aborderons pas).

Greffes osseuses d'apposition

La greffe osseuse d'apposition correspond à des apports de matériaux sous forme de blocs osseux vissés ou de particules osseuses

autogènes (et/ou exogènes, et recouvertes ou non par une membrane), sur un site présentant un déficit osseux quantitatif ou qualitatif [110].

Cette pièce osseuse peut être d'origine autogène ou allogène (banque d'os humaine).

Elles peuvent être de différentes formes :

- greffe en *onlay* transversale ou d'apposition latérale ;
- greffe en *onlay* verticale ou d'apposition verticale ;
- mixtes.

Une greffe d'apposition verticale permet de corriger des insuffisances de hauteur osseuse. Elle est également envisagée en

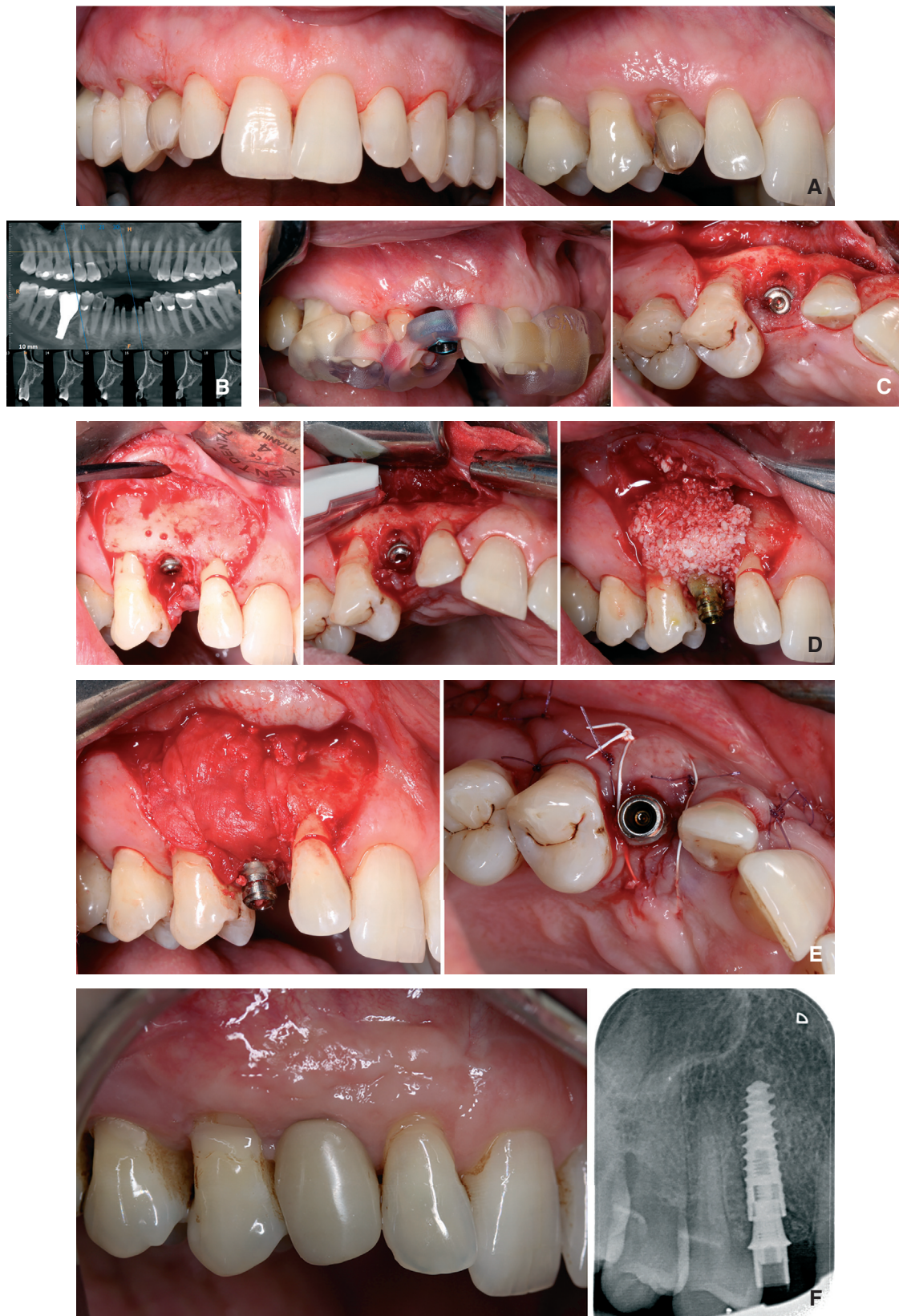


Figure 8. Extraction-implantation immédiate au niveau d'une agénésie de 13, avec la présence d'une dent de lait 53.

A. Agénésie de 13 et présence de 53 à extraire.

B. *Cone beam* préopératoire : on note le volume osseux permettant la pose d'un implant en extraction-implantation immédiate (paroi osseuse vestibulaire > 2 mm après la pose de l'implant).

C. Extraction de 53, essai du guide chirurgical et pose de l'implant.

D. Afin de garantir la pérennité du volume osseux, une augmentation de volume osseux est réalisée simultanément à la pose de l'implant. Corticotomies dans la corticale vestibulaire pour permettre une meilleure vascularisation. Utilisation d'un *bone scraper* pour prélever de l'os autogène de part et d'autre du site, mélange avec de l'os bovin déprotéiné de type Bio-Oss®.

E. Membrane résorbable de type Bio-Gide® positionnée sur le site et fixée à l'aide de sutures périostées. Pilier provisoire mis en place. Couronne provisoire mise en esthétique immédiate, en sous-occlusion pour permettre une bonne cicatrisation.

F. Résultat à 8 mois postopératoires. La dent définitive peut être réalisée.

Tableau 2.
Protocole chirurgical de l'extraction-implantation immédiate.

| | |
|--|---|
| Planification préopératoire | Évaluation clinique et radiographique complète pour déterminer la faisabilité de l'EII Sélection de l'implant et des composants prothétiques appropriés |
| Extraction atraumatique | Utilisation d'instruments spécifiques pour extraire la dent sans endommager les parois osseuses Préservation de l'intégrité de la paroi osseuse vestibulaire |
| Ostéotomie initiale | Préparation du site implantaire avec une attention particulière à la préservation de la paroi osseuse vestibulaire Utilisation de guides chirurgicaux pour assurer un placement précis de l'implant |
| Insertion de l'implant | Positionnement de l'implant de manière à optimiser la stabilité primaire et à respecter les critères esthétiques L'implant doit être placé avec une inclinaison légèrement palatine pour maintenir l'intégrité de la paroi vestibulaire |
| Comblement osseux et greffe de conjonctif enfoui | Utilisation de xélogreffes pour combler l'hiatus entre les tables osseuses et l'implant Application de membranes barrières si nécessaire pour protéger la greffe osseuse Un greffon de conjonctif enfoui est associé en vestibulaire pour permettre d'aménager les tissus mous et minimiser la rétraction gingivale |
| Pilier personnalisé | Installation d'un pilier provisoire ou définitif pour modeler les tissus mous et faciliter la cicatrisation Fabrication d'un pilier personnalisé pour guider la cicatrisation des tissus mous |
| Sutures et protection postopératoire | Fermeture du site chirurgical avec des sutures résorbables ou non résorbables Instructions postopératoires détaillées pour le patient |
| Suivi et évaluation | Suivi régulier pour évaluer la cicatrisation et l'ostéo-intégration de l'implant Ajustements prothétiques si nécessaire pour optimiser l'esthétique et la fonction |

EII : extraction et implantation immédiate.

cas d'espace prothétique augmenté afin de rétablir une situation fonctionnelle et d'assurer, de cette façon, un rapport implant/couronne favorable et compatible avec la pérennité de futures restaurations implantoportées.

En 2007, une méta-analyse préconise l'utilisation des greffes d'apposition pour reconstruire des défauts verticaux dans les secteurs antérieurs et postérieurs maxillaires et mandibulaires [111].

Une greffe d'apposition latérale permet, quant à elle, de restaurer des défauts osseux horizontaux (largeur de crête insuffisante). En 2015, Monje et al. [112] ont montré après une étude radiologique tridimensionnelle un gain moyen dans le sens horizontal de 3,23 mm pouvant aller jusqu'à 11 mm.

Ces greffes d'apposition ont une prédictibilité beaucoup plus importante lorsqu'elles sont effectuées pour augmenter une crête osseuse dans le sens horizontal plutôt que dans le sens vertical [113, 114] (Fig. 9, 10).

D'origine autogène

Les sites de prélèvement privilégiés sont la symphyse mentonnière et le ramus.

Le premier intérêt de l'os autogène, lors d'une greffe, réside dans le fait qu'un greffon autogène élimine, par définition, tout risque de rejet d'origine immunologique et de transmission de maladies infectieuses (bactéries, virus, prion).

L'os autogène initie trois mécanismes de la régénération osseuse : l'ostéogenèse, l'ostéoconduction et l'ostéo-induction, ce qui en fait le matériel de greffe le plus efficace dans la plupart des situations cliniques [115].

L'utilisation d'un bloc autogène permet d'obtenir un os corticalisé, ce qui donne des résultats supérieurs en volume et en densité, par comparaison avec l'utilisation d'os spongieux. L'os cortical, habituellement très dense et se résorbant moins que l'os spongieux, est susceptible de procurer un meilleur ancrage à des implants. En revanche, l'os médullaire, plus malléable et richement vascularisé, s'adapte mieux aux sites receveurs et cicatrise plus facilement que le cortical, sec et plus tardivement revascularisé.

La nature de l'os autogène greffé (cortical ou spongieux/médullaire) influe donc considérablement sur le pronostic d'une reconstruction.

Le prélèvement mentonnier permet d'obtenir un bloc corticospongieux. L'accessibilité du site de prélèvement en fait un site de

choix. Cependant, la proximité radiculaire des incisives mandibulaires peut être une source de complication et de morbidité dentaire. Le volume du greffon ainsi prélevé peut mesurer en moyenne $3,5 \pm 1,3 \text{ cm}^3$ [116].

Le prélèvement ramique ou rétromolaire s'effectue à l'angle mandibulaire, dans la région de la dent de sagesse, et peut remonter jusqu'à l'apophyse coronoïde. Le greffon est essentiellement cortical. La morbidité de ce prélèvement est réduite et concerne essentiellement les lésions du nerf lingual ou buccal. Aucune lésion du nerf alvéolaire n'a été rapportée à ce jour, même si celle-ci est théoriquement possible. Si l'accès du site donneur est plus délicat que pour le prélèvement mentonnier, les complications postopératoires sont moins importantes. En revanche, le volume du greffon est moins important qu'un prélèvement mentonnier (de $2,6 \pm 1,4 \text{ cm}^3$ au niveau de 36/46 à $1,0 \pm 0,4 \text{ cm}^3$ au niveau de 38/48) [117, 118].

La technique de Khoury (*split bone block technique*) [119] est une technique de coffrage qui est très reproductible. Elle consiste à prélever de l'os autogène, le plus souvent au niveau ramique, à l'aide d'une *microsaw* [120] avec une gaine extérieure protectrice autour d'un disque coupant, évitant ainsi les risques de lésion du nerf alvéolaire inférieur (qui se trouve plus proche de la corticale vestibulaire au niveau de la branche ramique qu'au niveau de la zone rétromolaire) et du lambeau vestibulaire, notamment en raison du passage de l'artère faciale à proximité du site. Sous irrigation, une première ostéotomie verticale distale est réalisée avec la pièce à main sur la ligne oblique externe. Il faut rester en mésial de la limite ramique si l'on souhaite utiliser le disque sur sa pleine profondeur de travail, afin d'éviter toute lésion du V3. Parallèlement à la première ostéotomie, une seconde ostéotomie verticale est réalisée en mésial avec la *microsaw* sur pièce à main également. Puis une ostéotomie horizontale reliant les deux ostéotomies verticales est réalisée avec la *microsaw* montée sur contre-angle. (Fig. 9, 10). Des perforations au foret *drill* de 1 mm de diamètre sont réalisées entre les deux ostéotomies verticales parallèlement à l'ostéotomie basale et au bord latéral. Un ciseau à os est positionné au niveau des perforations et impacté au maillet pour prélever le bloc osseux.

Après le prélèvement, le bloc cortical est séparé en deux lamelles corticales à ajuster afin qu'elles prennent la forme exacte du défaut osseux. Les lamelles sont positionnées à distance du défaut osseux, selon les contours de la crête à reconstruire, pour combler l'espace avec des particules d'os autogène. La cicatrisation est très rapide, la réentrée pour poser les implants peut se faire à 3 mois.

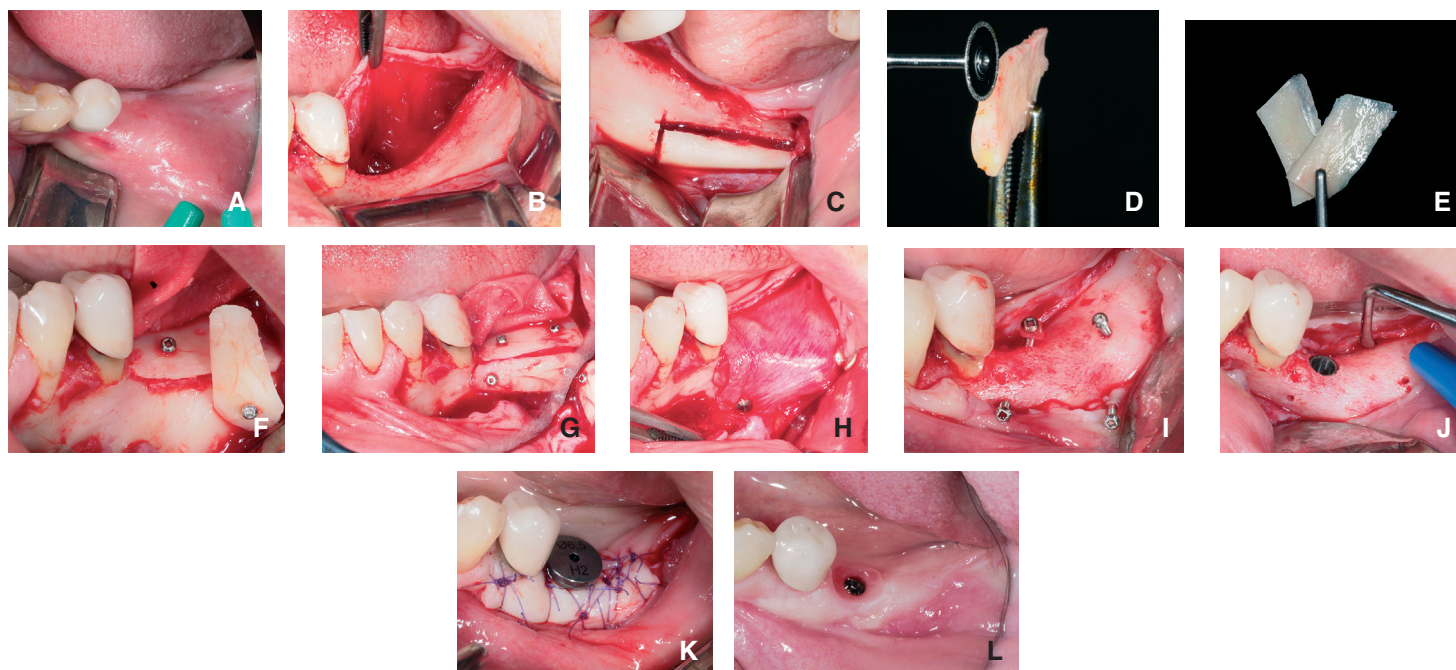


Figure 9. Greffe d'apposition avec prélèvement ramique, technique de Khoury.

- A.** Site de départ : on note une crête fine associée à une absence de tissu kératinisé vestibulaire.
- B.** Crête osseuse en lame de couteau.
- C.** Prélèvement ramique.
- D, E.** Séparation du bloc prélevé en deux lamelles corticales.
- F.** Positionnement des deux lamelles osseuses pour reconstituer le défaut osseux dans le sens horizontal et dans le sens vertical.
- G.** Réalisation d'une « boîte ».
- H.** Membrane résorbable.
- I.** 8 mois plus tard : volume osseux reconstruit de façon importante.
- J.** Pose de l'implant.
- K.** Greffe épithélioconjonctive lors du deuxième temps implantaire.
- L.** Cicatrisation 3 mois plus tard. On remarque la présence de tissu kératinisé et le changement de morphologie de la crête osseuse.

La principale difficulté de cette technique réside dans le prélèvement et l'adaptation parfaite des lamelles osseuses au site receveur. Aujourd'hui, le flux digital permet de « designer » des guides chirurgicaux de prélèvement et de positionnement du greffon, limitant ainsi la morbidité en identifiant parfaitement les dimensions du greffon à prélever, ainsi que la position du nerf alvéolaire inférieur (Fig. 9, 10).

D'origine allogénique

Les greffons allogéniques sont utilisés lorsque le prélèvement osseux autogène est limité. L'avantage majeur est l'absence d'un deuxième site opératoire, mais cela augmente de façon non négligeable le coût de l'intervention. Il existe deux types d'allogreffe en fonction du traitement appliqué à l'os prélevé : l'allogreffe lyophilisée, appelée *freeze-dried bone allograft*, et l'allogreffe lyophilisée déminéralisée, appelée *demineralized freeze-dried bone allograft* ou encore *demineralized bone matrix* (DBM).

La technique chirurgicale consiste à disposer le ou les greffons de manière que le contact entre l'os greffé et l'os résiduel soit le plus intime possible. Les espaces résiduels sont comblés par des copeaux d'os autogène souvent mélangés à une xéno greffe (os bovin déprotéinisé [DBBM] de type Bio-Oss®). L'utilisation de particules d'os autogène améliore la régénération osseuse. Le greffon est fixé au site receveur par l'intermédiaire de vis d'ostéosynthèse, et il est ensuite recouvert d'une membrane résorbable en collagène, afin de limiter la résorption du greffon. La pose des implants est effectuée 9 mois après la greffe osseuse. Une étude rétrospective sur 12 mois a montré que l'efficacité des blocs osseux allogéniques était comparable aux blocs d'os autogène pour traiter des défauts osseux circonscrits (Kloss 2018 [121]). Des revues systématiques ont rapporté des gains osseux horizontaux moyens de 4,79 mm et verticaux de 2 mm lors de l'utilisation de ces blocs, avec un taux de résorption osseuse compris entre 10 et 52 % (Urban 2019 [109]). Toutefois, le taux de complications pour les blocs osseux

allogéniques varie considérablement, entre 0 et 60 % selon les études (Wang 2023 [122]).

Malgré les avantages des blocs osseux allogéniques, leur mise en forme précise et leur positionnement demeurent chronophages et dépendent de l'expérience des chirurgiens. Avec les progrès technologiques et l'essor des imprimantes 3D, il est aujourd'hui possible de faire fabriquer des blocs allogéniques préformés au volume du défaut de nos patients. À partir de l'imagerie 3D, le fichier DICOM est envoyé au laboratoire, qui va créer un bloc osseux en trois dimensions correspondant au défaut osseux. Avant de lancer la production, la validation du praticien est obligatoire, soit informatiquement, soit en validant un duplicata en résine du futur greffon. Ainsi, l'adaptation de ce greffon permet une intimité plus importante avec la corticale du patient et permet de réduire de façon significative le temps de l'intervention [123].

Ces techniques, bien que prometteuses, sont encore trop récentes pour avoir un recul clinique suffisant et il est nécessaire de réaliser des études supplémentaires pour pouvoir en faire un réel choix clinique. Le coût très important de ces techniques peut être un frein quant à leur réalisation [124].

Régénération osseuse guidée

Le principe biologique de la ROG repose sur la différence de vitesse de cicatrisation des différents tissus (osseux versus épithélioconjonctif). Il est nécessaire d'isoler un espace, à l'aide d'une membrane, favorable au maintien d'un caillot sanguin tout en éloignant le tissu épithélioconjonctif dont la croissance cellulaire est plus rapide. Ainsi, les ostéoblastes et les fibroblastes, à multiplication plus lente, peuvent coloniser l'espace laissé vacant.

Ces thérapeutiques ont fait leurs preuves depuis de nombreuses années et un grand nombre d'auteurs, tels que Hämmerle, Karring et Chiapasco, ont utilisé la technique de ROG pour reconstruire des défauts osseux de plus ou moins grande importance [124].

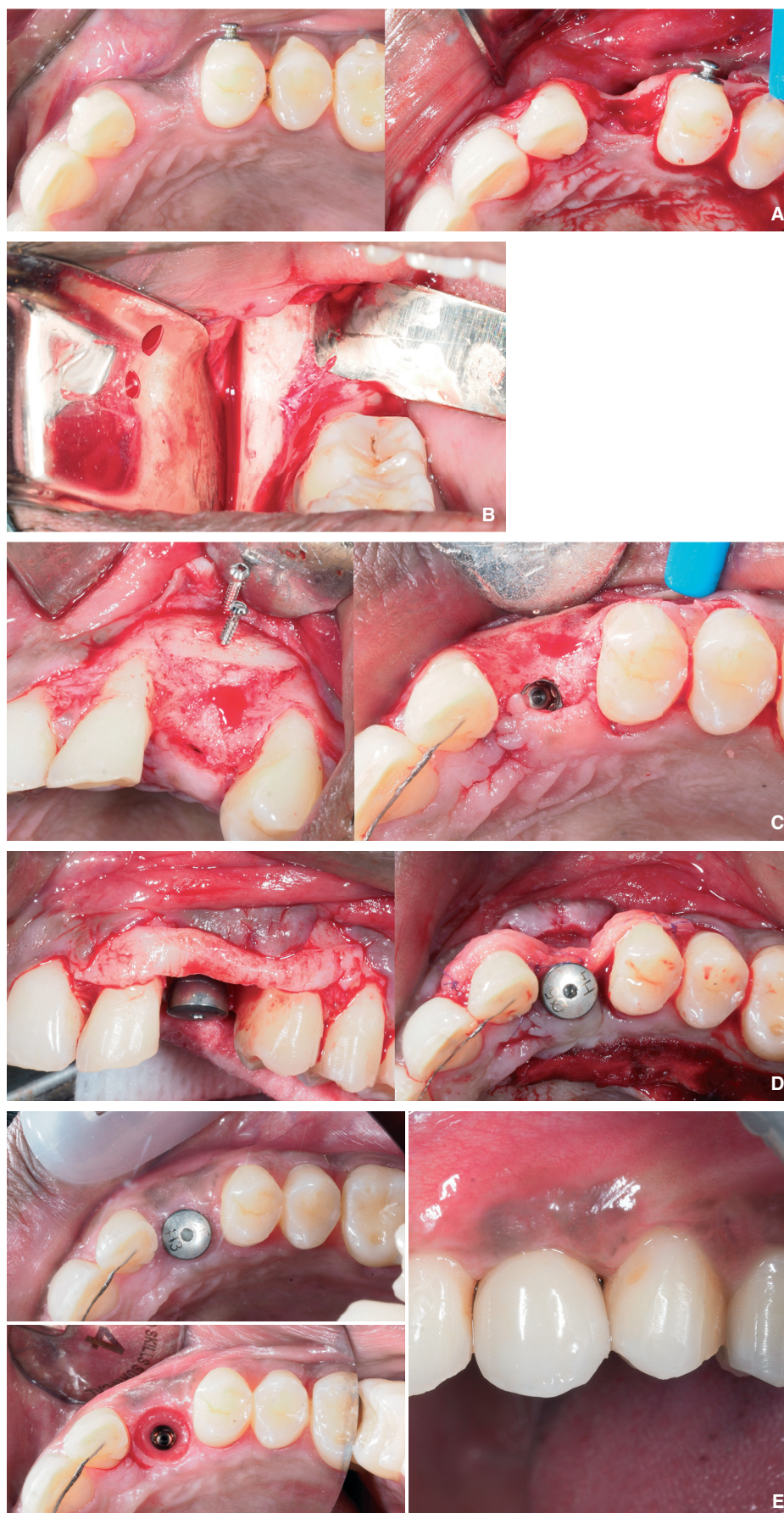


Figure 10. Reconstruction osseuse et muqueuse en 13 à l'aide d'un prélèvement ramique et d'un greffon conjonctif enfoui.
A. Concavité en 23 nécessitant une augmentation de volume osseux et muqueux.
B. Site de prélèvement ramique.
C. Résultat à 9 mois : on note l'augmentation osseuse permettant la pose d'un implant dans les conditions optimales.
D. Lors du deuxième temps implantaire, adjonction d'un greffon conjonctif enfoui.
E. Résultat à 3 mois de cicatrisation et pose de la couronne sur implant.

La ROG est applicable en préimplantaire dans différentes situations :

- en prévention de l'alvéolyse postextractionnelle ;
- en réparation des défauts osseux horizontaux ou verticaux.

De nombreux praticiens d'excellence, notamment le Professeur Urban, publient de plus en plus de littérature scientifique montrant l'intérêt des techniques de ROG avec l'utilisation de membranes résorbables ou non résorbables, associées à un mélange entre os autogène et biomatériaux [109, 125].

Aujourd'hui, dans les plus récents consensus [126], il est recommandé de mélanger la moitié d'os autogène (prélevé au trépan à butée et mixé à l'aide d'un moulin à os avec les autres biomatériaux dans les protocoles d'Urban) avec la moitié de biomatériaux de type DBBM ou une allogreffe (banque d'os humaine). En effet, ce mélange permet une très bonne intégration particulière entre l'os néoformé et les matériaux apposés et montre des résultats comparables à l'os autogène [127]. Le fait d'utiliser du DBBM ou une allogreffe mixés à de l'os autogène permet de maintenir le volume osseux dans le temps (l'os autogène seul se résorbe plus rapidement).

Les patients doivent être dans les conditions optimales pour réaliser ce type d'intervention et limiter ainsi le taux de complications : stabilisation de la maladie parodontale au préalable, élimination de tous les foyers infectieux, patient compliant avec une bonne hygiène buccale. Noter que les patients allergiques à la pénicilline présentent un risque infectieux plus élevé. Le diabète non stabilisé ainsi que le tabagisme sont des contre-indications à la réalisation de toute reconstruction osseuse [128, 129].

Membrane résorbable

Les membranes résorbables peuvent être à base de collagène ou d'acide polylactique. Elles sont faciles d'emploi et présentent une rapide vascularisation. Leurs résorptions in situ évitent d'effectuer une nouvelle intervention quelques semaines seulement après l'implantation initiale. Cependant, leur indication reste limitée à des défauts peu importants du fait de l'absence de renfort rigide.

L'utilisation de ces membranes est réservée à des défauts osseux de petite étendue et est toujours soutenue par un matériau de substitution osseuse.

Une régénération osseuse permet d'obtenir un volume plus compatible avec la pose d'implants dans des axes plus favorables et permet de limiter les échecs esthétiques à court ou moyen terme. En effet, sans régénération lors de la pose d'implants dans le secteur antérieur, on observe dans jusqu'à 41 % des cas une récession vestibulaire supérieure à 1 mm [130] (Fig. 3).

La ROG avec membrane résorbable est une technique fiable permettant d'augmenter des crêtes jusqu'à 5,68 mm dans le sens horizontal [107].

Membrane non résorbable

La ROG au moyen d'une membrane armée titane permet de traiter des défauts osseux dans le sens vertical et dans le sens horizontal.

Les membranes non résorbables aujourd'hui utilisées sont des membranes en polytétrafluoroéthylène dense expansé. Du fait de leur plus grande densité, ces membranes sont moins perméables et empêchent une colonisation tissulaire en leur sein, ce qui permet une dépose plus aisée. La dépose de ces membranes doit s'effectuer aux alentours de 6 à 8 semaines après leur mise en place (Fig. 11).

L'inconvénient majeur réside dans la nécessité d'une deuxième intervention, due à la présence de titane (non résorbable), qui confère à la membrane sa rigidité. Les membranes non résorbables peuvent être perforées ou non perforées. Dans une récente étude, Urban montre que les membranes renforcées titane perforées donnent de meilleurs résultats : on constate une augmentation de la formation osseuse et une réduction de la formation de tissu mou par rapport au groupe non perforé. L'analyse histologique a révélé une quantité de tissu osseux régénéré considérablement plus élevée dans le groupe perforé ($67,08 \pm 6,86$ %) par rapport au groupe non perforé ($25,18 \pm 22,44$ %). (Urban et al. 2025) [131].

Ce protocole permet de régénérer des défauts de volumes intermédiaires (entre les petits volumes régénérés par membrane

résorbable et les volumes plus importants reconstruits par greffe osseuse d'apposition).

Une contre-indication majeure à l'utilisation de ce protocole chirurgical est le tabac. Chez les patients fumeurs, le taux de succès n'est que de 65 % (95 % chez les patients non-fumeurs), avec l'exposition précoce de la membrane et une morbidité plus grande de la régénération osseuse.

C'est pourquoi il est préconisé, chez les patients fumeurs, d'obtenir une fenêtre thérapeutique sans tabac de 6 semaines (2 semaines avant et 4 semaines après l'intervention) permettant de diminuer les complications et retards de cicatrisation [132].

L'utilisation d'une membrane non résorbable permet une augmentation moyenne dans le sens vertical de 5,45 mm et un volume osseux au moins égal à l'espace créé par la membrane [133].

Dans le sens horizontal, on obtient un plus grand volume par comparaison à une membrane résorbable [134]. Cette différence s'explique en grande partie par le maintien d'un espace plus important. Les différences rapportées sur les gains de volume osseux entre les études sont essentiellement dues à la diversité clinique des défauts osseux initiaux.

Greffes sinusiennes

Le volume osseux sous-sinusal peut être réduit à cause de la résorption centripète de l'os alvéolaire en cas de perte dentaire, des alvéolyses liées à une maladie parodontale, du phénomène de pneumatisation du sinus maxillaire. La mise en place d'implant dans ce secteur est aujourd'hui parfaitement maîtrisée en fonction de la hauteur osseuse résiduelle sous-sinusal [135].

Par voie latérale

Cette technique chirurgicale est ancienne et a été décrite par Caldwell-Luc à la fin du XIX^e siècle. Elle consiste à réaliser une fenêtre osseuse en regard du sinus maxillaire, à l'aide d'une fraise boule ou d'un instrument piézoélectrique. Le volet osseux peut être remis en place en fin d'intervention ou emporté avec la membrane pendant son décollement. La muqueuse sinusienne est alors refoulée vers le haut sur toute la surface du plancher sinusal. Le volume ainsi créé peut être comblé à l'aide de particules d'os autogène, d'un biomatériau de substitution osseuse ou d'un mélange des deux (Fig. 12).

Cependant, aujourd'hui, il n'est plus nécessaire de combler le sinus pour avoir une totale reformation osseuse, à la condition de repousser et de maintenir cette membrane [136].

Ainsi, si nous avons une hauteur osseuse sous-sinusal de 4 à 6 mm, il est possible de repousser la membrane en posant simultanément les implants, ce qui permettra de maintenir la membrane à distance. Cette technique n'est envisageable qu'à la condition d'obtenir une stabilité primaire, obligatoire pour la réalisation de ce protocole chirurgical [137]. Sur des sinus greffés avec une hauteur sous-sinusal supérieure à 3,5 mm et la mise en place d'implant différée, le taux de survie à 5 ans est de 100 %. En revanche, sur des sinus greffés avec une hauteur sous-sinusal inférieure à 3,5 mm et la mise en place d'implant différée, le taux de survie à 5 ans est de 96,5 % [138].

Pour éviter l'invagination des tissus mous et augmenter la quantité d'os vivant à l'intérieur du site greffé après la cicatrisation, on dispose une membrane résorbable sur la fenêtre vestibulaire.

Lang et al., en 2015, ont montré qu'une implantation trop précoce ainsi qu'une mise en charge immédiate dans des sinus greffés sont source d'un plus grand nombre d'échecs et de perte osseuse plus importante [137]. Il est donc préconisé, dans ces situations, d'attendre 6 à 9 mois avant la mise en place de l'implant, puis de procéder à la mise en charge 4 à 6 mois après la pose des implants.

Une étude rétrospective sur 10 ans montre un taux de survie implantaire très satisfaisant ; 92 greffes sinusiennes par abord latéral et 209 implants ont été référencés par la technique mélangeant des particules d'os autogène et de DBBM. Le taux d'échec implantaire est de 1,4 % à 10 ans (Urban 2021 [139]).

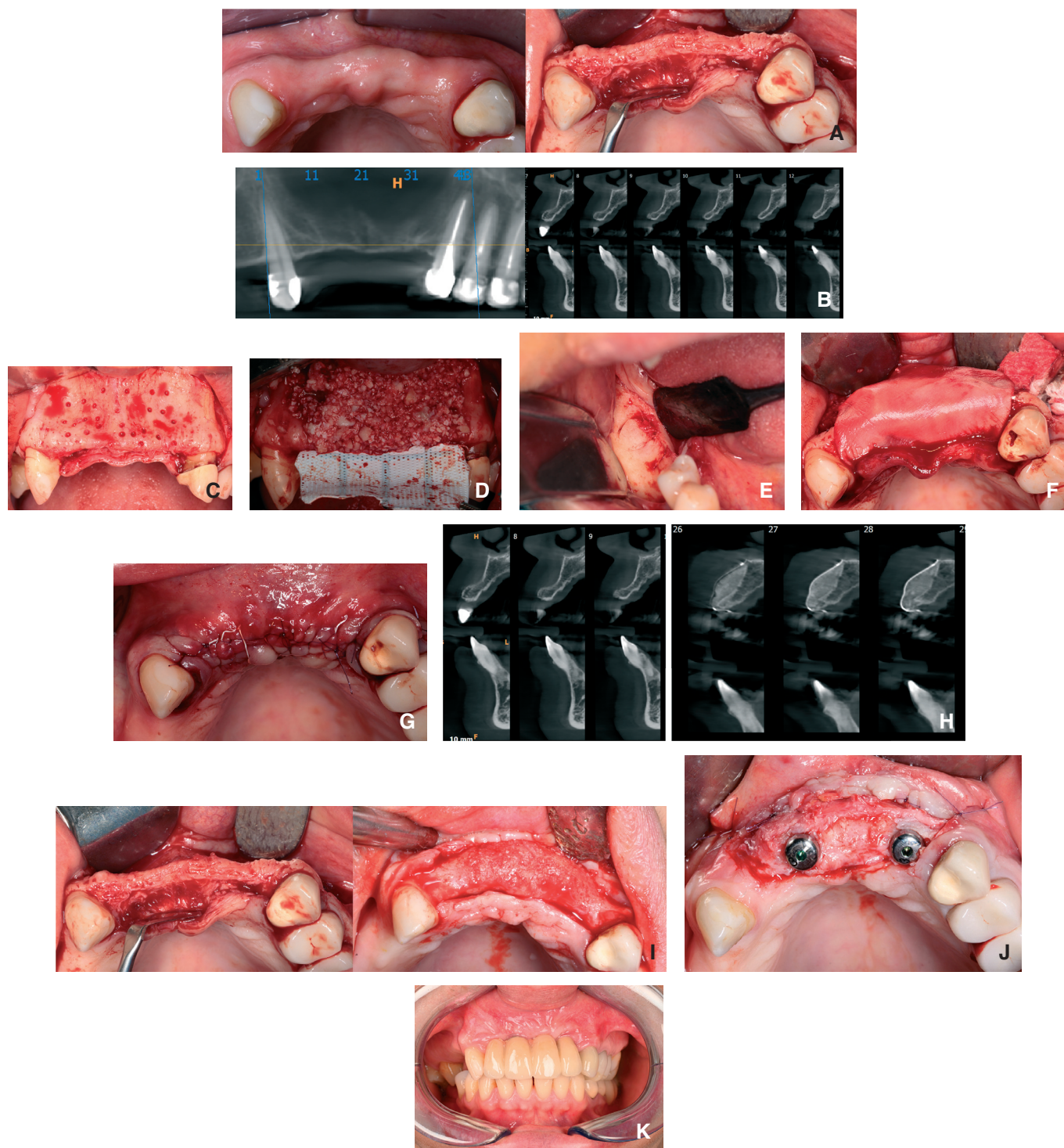


Figure 11. Reconstruction d'un secteur antérieur maxillaire à l'aide d'une membrane armée titane d-PTFE et d'os autogène mélangé à 50 % avec une xénogreffe (os bovin déprotéinisé).

A. Situation clinique préopératoire.

B. *Cone beam* : on note la finesse de la crête osseuse et la concavité vestibulaire.

C. Corticotomies afin de permettre une meilleure vascularisation entre le site receveur et les biomatériaux.

D. Os autogène mélangé à une xénogreffe 50/50, positionnement de la membrane armée titane (avec pins en palatin).

E. Site de prélèvement rétromolaire à la mandibule, prélèvement au trépan.

F. Positionnement d'une membrane résorbable sur la membrane armée.

G. Fermeture en première intention, sutures 4-0 d-PTFE et sutures 5-0 Monocryl™.

H. Comparaison *cone beam* préopératoire et *cone beam* postopératoire : on note l'importance de l'augmentation osseuse. La membrane armée est déposée à 7 semaines postopératoires.

I. Comparaison crête osseuse initiale et crête osseuse à 9 mois permettant la pose de deux implants.

J. Deuxième temps implantaire à l'aide d'un lambeau déplacé apicalement pour créer du tissu kératinisé : 2 mois de cicatrisation avant de prendre l'empreinte pour la prothèse.

K. Prothèse définitive (réalisée par le Docteur Weill).

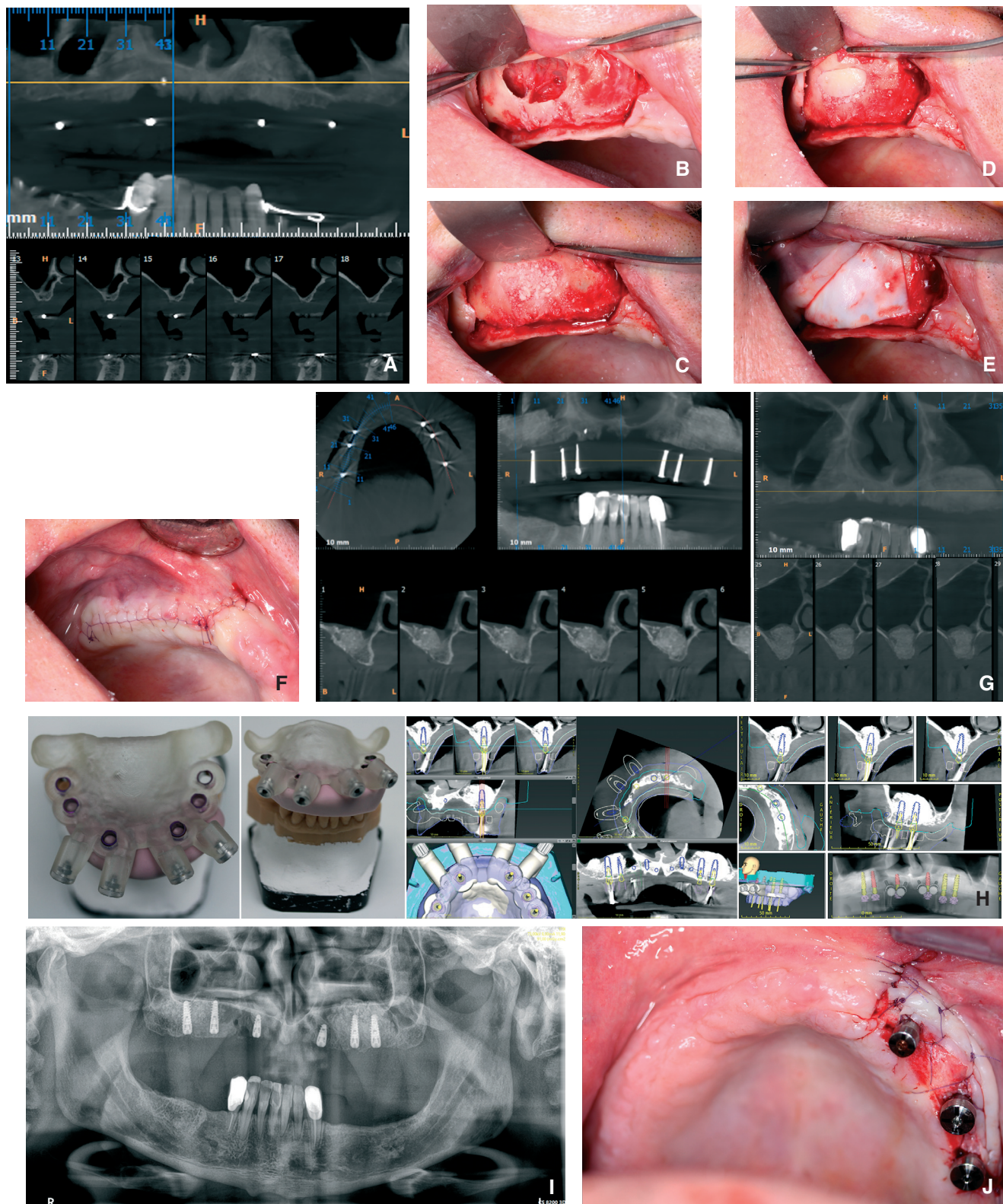


Figure 12. Réhabilitation complète maxillaire à l'aide d'un double comblement de sinus et de 6 implants.

- A.** Situation de départ : on note l'insuffisance de volume osseux dans les secteurs 1 et 2 postérieurs. Secteur 1, on note la présence d'un septum intrasinusien au milieu du site où le comblement de sinus doit être réalisé.
- B.** Réalisation de la fenêtre sinusienne à l'aide de la piézo-chirurgie. On note la présence du septum au milieu de la fenêtre.
- C.** Une fois la membrane de Schneider décollée, on comble avec un biomatériau (de type xéno greffe Bio-Oss® associée à une allogreffe de type BioBank® à 50/50).
- D.** La fenêtre sinusienne est repositionnée.
- E.** Membrane résorbable de type Bio-Gide® sur la fenêtre.
- F.** Fermeture en première intention.
- G.** Résultat du comblement de sinus gauche et droit : scanner réalisé 7 mois après le dernier comblement de sinus.
- H.** Planification implantaire : à partir de la prothèse amovible complète, réalisation d'un guide à appui muqueux positionné à l'aide de 4 clavettes afin de poser les 6 implants.
- I.** Panoramique postopératoire après la pose des implants.
- J.** À 4 mois : deuxième temps implantaire à l'aide d'un lambeau déplacé apicalement pour créer du tissu kératinisé autour des implants.

1498 **Par voie de forage**

1499 En 1994, Summers a proposé une approche crestale du plan-
1500 cher sinusien moins invasive que la technique par abord latéral.
1501 Il s'agit d'une technique de compaction de l'os et d'une technique
1502 d'élévation sinusienne réalisées toutes deux à l'aide d'une
1503 séquence croissante d'instruments coniques et concaves : les
1504 ostéotomes de Summers [138].

1505 En 2009, Cannizzaro et al. ont montré l'importance de la hau-
1506 teur osseuse sous-sinusienne pour obtenir une stabilité primaire
1507 des implants [140]. Il est nécessaire d'avoir une hauteur d'os mini-
1508 male de 4 à 6 mm, permettant de positionner un implant de
1509 8 ou 10 mm. Cette hauteur osseuse sous-sinusienne doit être
1510 déterminée avec précision avant la chirurgie sur les documents
1511 d'imagerie [141].

1512 L'avantage de cette technique de comblement par voie crestale
1513 est de n'avoir qu'une seule intervention chirurgicale.

1514 **Implants courts**

1515 Avec l'évolution des états de surface, des connaissances bio-
1516 logiques et biomécaniques, il est possible aujourd'hui d'avoir
1517 recours à l'utilisation d'implants de longueur comprise entre
1518 6 et 8 mm. La diminution de la longueur s'accompagne d'une
1519 augmentation du diamètre de ces implants pour permettre d'avoir
1520 une surface de contact os/implant équivalente aux implants stan-
1521 dards.

1522 Il existe deux situations différentes pour l'utilisation d'implants
1523 courts.

1524 **À la mandibule**

1525 Dès 2009, Esposito et al. concluent que les implants courts sont
1526 une meilleure alternative à l'augmentation osseuse verticale dans
1527 le cas de mandibules résorbées. Cela s'explique par la faible prédi-
1528 cibilité des résultats d'augmentation osseuse verticale ainsi que les
1529 nombreuses complications (exposition et résorption importante
1530 des greffons) [114].

1531 **Au maxillaire**

1532 En 2015, Hämmerle et al. ne montrent pas de différence entre
1533 l'utilisation d'implants courts (< 8 mm) et la mise en place
1534 d'implants longs (> 8 mm) sur des sinus greffés [142] et considèrent
1535 les deux traitements comme possibles [143].

1536 Cependant, il est nécessaire d'augmenter la surveillance autour
1537 de ces implants, car une perte osseuse aura une répercussion plus
1538 importante sur la pérennité de ceux-ci du fait de leur longueur
1539 moindre.

1540 Une revue systématique de 2016 ne montre pas de différence
1541 entre le taux de survie des implants courts et celui des implants de
1542 hauteur supérieure à 8 mm, ni sur la perte osseuse péri-implantaire
1543 ni en termes de complications.

1544 Cependant, ces auteurs considèrent que des implants courts
1545 sont des implants de 8 mm et recommandent d'utiliser avec pré-
1546 caution les implants de moins de 8 mm [144].

1547 **■ Suivi des maladies parodontales**
1548 **et péri-implantaires**

1549 **Prévention des maladies parodontales**
1550 **et péri-implantaires**

1551 Les récents consensus en 2020 [4] et 2023 [6] ont établi des recom-
1552 mandations pour la prévention et le traitement des maladies
1553 parodontales et péri-implantaires. Quatre niveaux de prévention
1554 se distinguent :

- 1555 • prévention primordiale : il s'agit de la promotion de
1556 comportements sains, avant la pose de l'implant, dans le but de
1557 prévenir le développement des facteurs de risque de la maladie ;
- 1558 • prévention primaire : consiste à prévenir l'apparition de la
1559 maladie par le contrôle des facteurs de risque, chez des patients
1560 sains (après la pose de l'implant) ;

- 1561 • prévention secondaire : vise à prévenir la récurrence de la maladie
1562 une fois que celle-ci a été diagnostiquée et traitée ;
- 1563 • prévention tertiaire : représente la prévention des
1564 complications de la maladie chez des patients atteints de
1565 maladie chronique.

1566 Chez les patients en attente de pose d'implants (prévention
1567 primordiale), Carra et al. [31], en 2023, recommandent :

- 1568 • une évaluation approfondie du profil de risque du patient afin
1569 d'identifier et de gérer les facteurs/indicateurs de risque modi-
1570 fiables des maladies péri-implantaires (arrêt du tabac, contrôle
1571 glycémique, etc.) ;
- 1572 • la réalisation d'un traitement conforme aux lignes directrices
1573 de la gingivite et de la parodontite pour chaque patient éli-
1574 gible à une pose implantaire, ainsi que l'adhésion précoce à
1575 une thérapeutique de soutien avant la pose de l'implant.

1576 De plus, la planification du positionnement tridimensionnel
1577 de l'implant (épaisseur osseuse adéquate, etc.) et la conception
1578 prothétique (accès à l'hygiène orale, profil favorable, etc.) sont des
1579 considérations essentielles pour réduire l'incidence des maladies
1580 péri-implantaires [4, 145].

1581 Chez les patients porteurs d'implants dentaires et en bonne
1582 santé des tissus parodontaux ou péri-implantaires, la prévention
1583 primaire implique le contrôle des facteurs de risque comporte-
1584 mentaux et locaux. Il s'agit d'informer le patient sur la nécessité
1585 d'une bonne hygiène buccodentaire et d'un changement de cer-
1586 taines habitudes à risque [15, 31, 146].

1587 Dans les 3 mois suivant la pose d'une prothèse implantaire, un
1588 sondage et une radiographie rétroalvéolaire de base doivent
1589 être réalisés. Lors des visites ultérieures, il est conseillé de réaliser
1590 un sondage complet (parodontal et péri-implantaire) et d'évaluer
1591 la hauteur de tissu kératinisé péri-implantaire [4].

1592 Chez les patients diagnostiqués et traités pour une parodon-
1593 tite ou une péri-implantite (prévention secondaire/tertiaire), une
1594 séance de maintenance tous les 3 mois est recommandée pour pré-
1595 venir la récurrence de la maladie [25]. Cette thérapeutique comprend
1596 une mise à jour des données médicales, un contrôle des facteurs de
1597 risque, une évaluation de la santé parodontale et péri-implantaire
1598 et une instrumentation professionnelle. L'utilisation combinée
1599 de curettes spécifiques, d'instruments ultrasoniques et d'appareils
1600 d'aéropolissage permet une élimination du biofilm efficacement
1601 autour des dents et implants [25].

1602 **Traitement de la mucosite**
1603 **et de la péri-implantite**

1604 Le traitement de la mucosite a pour objectif de réduire
1605 l'inflammation locale, le saignement et/ou la suppuration au
1606 sondage [147]. Il consiste à maîtriser les facteurs de risque de la
1607 maladie, à réaliser un enseignement à l'hygiène orale et une ins-
1608 trumentation professionnelle supra- et sous-gingivale. Pour cela,
1609 des ultrasons avec des pointes plastifiées, des aéropolisseurs à base
1610 de glycérine et des curettes en titane sont recommandés [148].

1611 En cas de péri-implantite, le traitement non chirurgical inter-
1612 vient en première intention. Cette étape de traitement est
1613 comparable à celle évoquée pour la mucosite. À ce stade, les
1614 prothèses peuvent être modifiées afin d'améliorer le contrôle de

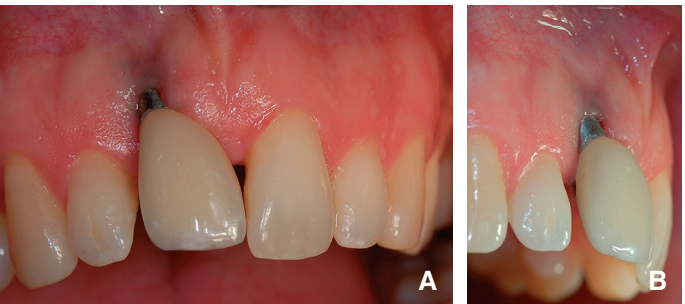


Figure 13. Vues cliniques d'une péri-implantite sur 11 (A, B). On note l'exposition inesthétique des spires de l'implant.



Figure 14. Vues radiologiques d'une péri-implantite sur 11 (A à C). On note l'absence de corticale vestibulaire sur le tiers coronaire de l'implant.

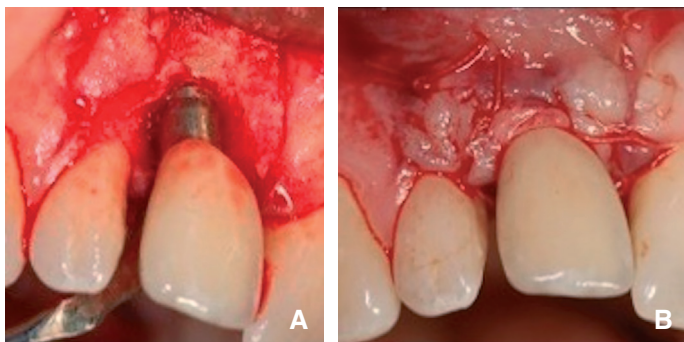


Figure 15. Traitement chirurgical de la péri-implantite (A, B) : lambeau muco-périosté, xénogreffe Bio-Oss® associée à un greffon de conjonctif enfoui.

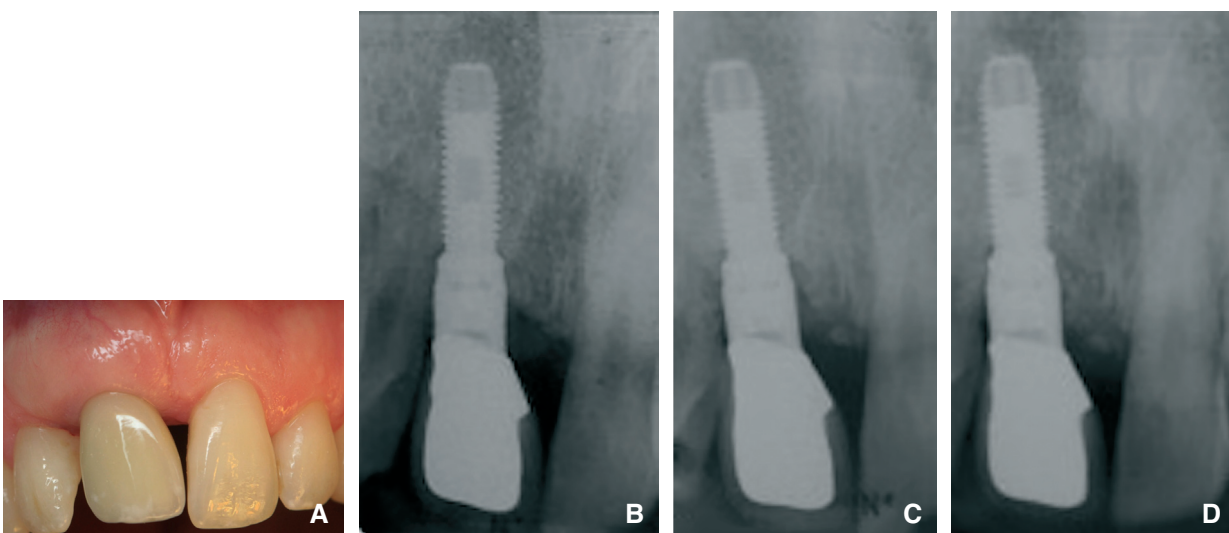


Figure 16. Traitement chirurgical de la péri-implantite. Stabilisation à 2 ans.

A. Vue clinique.
B. Vue radiologique postopératoire.
C. À 1 an.
D. À 7 ans.

plaque [149]. Une séance de réévaluation est réalisée 6 à 12 semaines après la dernière instrumentation professionnelle.

En l'absence de résultats (profondeur de sondage ≥ 6 mm avec saignement et/ou suppuration), une thérapeutique chirurgicale est alors recommandée [6]. Le but est d'accéder aux surfaces implantaire pour faciliter leur décontamination. La procédure chirurgicale standard comprend l'élévation d'un lambeau et l'élimination des tissus inflammatoires, le nettoyage et la

décontamination des surfaces implantaire. En outre, des procédures supplémentaires peuvent inclure :

- la prise en charge des défauts osseux à l'aide de thérapeutiques reconstructrices [150] ;
- l'utilisation complémentaire d'antibiotiques locaux/systémiques.

En présence d'une perte osseuse horizontale ou face à des défauts intraosseux larges et peu profonds (< 3 mm), les

techniques résectrices avec élimination mécanique des rugosités de surface des implants et implantoplastie des spires exposées ont montré leur efficacité. Une récente revue systématique et méta-analyse [151] met en évidence une réduction de la profondeur de sondage de 2 mm et une réduction de saignement au sondage de 30 % en moyenne. En revanche, cette solution ne peut être envisagée que dans les secteurs non esthétiques en raison de l'exposition de la partie coronaire de l'implant qu'elle engendre.

En présence de défauts intraosseux étroits et profonds (≥ 3 mm) ou en cratère, les techniques reconstructrices (os autogène/substitut osseux et/ou conjonctif) peuvent être envisagées [150] (Fig. 13 à 16). Cependant, dans la revue systématique de Donos et al., en 2023, la plupart des études sélectionnées n'ont pas montré de différence significative entre les patients ayant subi une chirurgie avec technique reconstructrice (groupe test) et ceux ayant subi un lambeau d'assainissement classique (groupe témoin). Les taux de survie implantaire restent similaires entre les deux groupes évalués (entre 95 et 100 % pour le groupe test versus 85,7 à 100 % pour le groupe témoin). Indépendamment de l'approche chirurgicale et du biomatériau utilisé, la résolution de la péri-implantite reste imprédictible. En revanche, ces résultats sont à nuancer, car l'étude ne prend pas en compte les différentes morphologies anatomiques des lésions péri-implantaires.

■ Conclusion

L'implantologie occupe aujourd'hui une place importante dans le traitement global des parodontites sévères. Mais la présence d'une parodontite est un facteur de risque en implantologie. Le traitement implantaire ne peut se substituer au traitement parodontal, et doit au contraire s'inscrire en complément de celui-ci. Avant toute chirurgie implantaire, un bilan parodontal doit être effectué. Afin de diminuer les risques d'échec, il est impératif de stabiliser la maladie parodontale avant de poser les implants et d'effectuer par la suite une maintenance régulière.

Il n'existe aucune justification permettant d'affirmer que le fait d'extraire préventivement des dents au parodonte réduit afin de les remplacer par des implants serait une solution offrant un meilleur pronostic aux patients qu'un traitement parodontal bien mené. Des techniques de reconstruction osseuse fiables ou l'emploi d'implants courts permettent de repousser les contre-indications anatomiques des traitements implantaires. De plus, les protocoles chirurgicaux, les surfaces et les formes des implants ne cessent de s'améliorer, permettant ainsi d'offrir aux patients des traitements de plus en plus sûrs et simplifiés. Il est probable qu'il y a encore dans ce domaine une marge significative de progression, malgré des résultats déjà très satisfaisants. L'assiduité des patients dans des protocoles de suivi parodontal est un facteur clé, limitant les complications des traitements implantaires. Comme pour chaque pathologie, la prévention reste la meilleure forme de traitement.

Remerciements : au Docteur Simona Simkova pour les photos pendant les interventions.

Déclaration de liens d'intérêts : les auteurs n'ont pas transmis de déclaration de liens d'intérêts en relation avec cet article.

■ Références

- [1] Chen MX, Zhong YJ, Dong QQ, Wong HM, Wen YF. Global, regional, and national burden of severe periodontitis, 1990–2019: an analysis of the Global Burden of Disease Study 2019. *J Clin Periodontol* 2021;**48**(9):1165–88.
- [2] Howe MS, Keys W, Richards D. Long-term (10-year) dental implant survival: a systematic review and sensitivity meta-analysis. *J Dent* 2019;**84**:9–21.
- [3] Caton JG, Armitage G, Berglundh T, Chapple ILC, Jepsen S, Kornman KS, et al. A new classification scheme for periodontal and peri-implant diseases and conditions. Introduction and key changes from the 1999 classification. *J Clin Periodontol* 2018;**45**(Suppl. 20):S1–8.
- [4] Berglundh T, Armitage G, Araujo MG, Avila-Ortiz G, Blanco J, Camargo PM, et al. Peri-implant diseases and conditions: consensus report of workgroup 4 of the 2017 World Workshop on the Classification of Periodontal and Peri-Implant Diseases and Conditions. *J Clin Periodontol* 2018;**45**(Suppl. 20):S286–91.
- [5] Tonetti MS, Sanz M, Avila-Ortiz G, Berglundh T, Cairo F, Derks J, et al. Relevant domains, core outcome sets and measurements for implant dentistry clinical trials: the Implant Dentistry Core Outcome Set and Measurement (ID-COSM) international consensus report. *J Clin Periodontol* 2023;**50**(Suppl. 25):5–21.
- [6] Herrera MC, Berglundh T, Schwarz F, Chapple I, Jepsen S, Sculean A, et al. Prevention and treatment of peri-implant diseases. The EFP S3 level clinical practice guideline. *J Clin Periodontol* 2023;**50**(Suppl. 26):4–76.
- [7] Derks J, Tomasi C. Peri-implant health and disease. A systematic review of current epidemiology. *J Clin Periodontol* 2015;**42**(Suppl. 16):S158–71.
- [8] Lee CT, Huang YW, Zhu L, Weltman R. Prevalences of peri-implantitis and peri-implant mucositis: systematic review and meta-analysis. *J Dent* 2017;**62**:1–12.
- [9] Cortellini P, Stalpers G, Mollo A, Tonetti MS. Periodontal regeneration versus extraction and dental implant or prosthetic replacement of teeth severely compromised by attachment loss to the apex: a randomized controlled clinical trial reporting 10-year outcomes, survival analysis and mean cumulative cost of recurrence. *J Clin Periodontol* 2020;**47**(6):768–76.
- [10] Nibali L, Zavattini A, Nagata K, Di Iorio A, Lin GH, Needleman I, et al. Tooth loss in molars with and without furcation involvement: a systematic review and meta-analysis. *J Clin Periodontol* 2016;**43**(2):156–66.
- [11] Carra MC, Rangé H, Swerts PJ, Tuand K, Vandamme K, Bouchard P. Effectiveness of implant-supported fixed partial denture in patients with history of periodontitis: a systematic review and meta-analysis. *J Clin Periodontol* 2022;**49**(Suppl. 24):208–23.
- [12] Degidi M, Nardi D, Piattelli A. 10-year prospective cohort follow-up of immediately restored XiVe implants. *Clin Oral Implants Res* 2016;**27**(6):694–700.
- [13] Tan WC, Ong MM, Lang NP. Influence of maintenance care in periodontally susceptible and non-susceptible subjects following implant therapy. *Clin Oral Implants Res* 2017;**28**(4):491–4.
- [14] Graetz C, El-Sayed KF, Geiken A, Plaumann A, Sälzer S, Behrens E, et al. Effect of periodontitis history on implant success: a long-term evaluation during supportive periodontal therapy in a university setting. *Clin Oral Investig* 2018;**22**(1):235–44.
- [15] Rocuzzo A, Imber JC, Marruganti C, Salvi GE, Ramieri G, Rocuzzo M. Clinical outcomes of dental implants in patients with and without history of periodontitis: a 20-year prospective study. *J Clin Periodontol* 2022;**49**(12):1346–56.
- [16] Radi IA, Elsayyad AA. Smoking might increase the failure rate and marginal bone loss around dental implants. *J Evid Based Dent Pract* 2022;**22**(4):101804.
- [17] Thöne-Mühling M, Pricope L, Mogk M, Mengel R. Turned surface implants in patients treated for periodontitis: preliminary 10- to 20-year results of a long-term cohort study. *Int J Oral Implantol* 2020;**13**(2):173–84.
- [18] Gabay E, Cohen O, Horwitz J. Supportive periodontal therapy affects dental implants probing pocket depth, bleeding on probing, and bone level: a 4- to 8-year follow-up study. *Quintessence Int* 2021;**52**(4):300–6.
- [19] Costa FO, Costa AM, Ferreira SD, Lima RPE, Pereira GHM, Cyrino RM, et al. Long-term impact of patients' compliance to peri-implant maintenance therapy on the incidence of peri-implant diseases: an 11-year prospective follow-up clinical study. *Clin Implant Dent Relat Res* 2023;**25**(2):303–12.
- [20] Monje A, Aranda L, Diaz KT, Alarcon MA, Bagramian RA, Wang HL, et al. Impact of maintenance therapy for the prevention of peri-implant diseases: a systematic review and meta-analysis. *J Dent Res* 2016;**95**:372–9.
- [21] Roos-Jansaker 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* 2006;**33**:296–301.
- [22] Dalago HR, Schuldt Filho G, Rodrigues MA, Renvert S, Bianchini MA. Risk indicators for peri-implantitis. A cross-sectional study with 916 implants. *Clin Oral Implants Res* 2017;**28**(2):144–50.
- [23] Romandini M, Lima C, Pedrinaci I, Araoz A, Soldini MC, Sanz M. Prevalence and risk/protective indicators of peri-implant diseases: a university-representative cross-sectional study. *Clin Oral Implants Res* 2021;**32**(1):112–22.

- [24] Rogn A, Aslroosta H, Akbari S, Najafi H, Zayeri F, Hashemi K. Prevalence of peri-implantitis in patients not participating in well-designed supportive periodontal treatments: a cross-sectional study. *Clin Oral Implants Res* 2017;**28**:314–9.
- [25] Stiesch M, Grischke J, Schaefer P, Heitz-Mayfield LJA. Supportive care for the prevention of disease recurrence/progression following peri-implantitis treatment: a systematic review. *J Clin Periodontol* 2023;**50**(Suppl. 26):113–34.
- [26] Schwarz F, Derks J, Monje A, Wang HL. Peri-implantitis. *J Clin Periodontol* 2018;**45**(Suppl. 20):S246–66.
- [27] Karoussis IK, Muller S, Salvi GE, Heitz-Mayfield LJ, Bragger U, Lang NP. Association between periodontal and peri-implant conditions: a 10-year prospective study. *Clin Oral Implants Res* 2004;**15**:1–7.
- [28] Aguirre-Zorzano LA, Estefanía-Fresco R, Telletxea O, Bravo M. Prevalence of peri-implant inflammatory disease in patients with a history of periodontal disease who receive supportive periodontal therapy. *Clin Oral Implants Res* 2015;**26**(11):1338–44.
- [29] Daubert DM, Weinstein BF, Bordin S, Leroux BG, Flemming TF. Prevalence and predictive factors for peri-implant disease and implant failure: a cross-sectional analysis. *J Periodontol* 2015;**86**(3):337–47.
- [30] Dreyer H, Grischke J, Tiede C, Eberhard J, Schweitzer A, Toikkanen SE, et al. Epidemiology and risk factors of peri-implantitis: a systematic review. *J Periodontol Res* 2018;**53**(5):657–81.
- [31] Carra MC, Blanc-Sylvestre N, Courtet A, Bouchard P. Primordial and primary prevention of peri-implant diseases: a systematic review and meta-analysis. *J Clin Periodontol* 2023;**50**(Suppl. 26):77–112.
- [32] Di Fiore A, Montagner M, Sivoletta S, Stellini E, Yilmaz B, Brunello G. Peri-implant bone loss and overload: a systematic review focusing on occlusal analysis through digital and analogic methods. *J Clin Med* 2022;**11**(16):4812.
- [33] Kolenbrander PE, Palmer RJ, Periasamy S, Jakubovics NS. Oral multispecies biofilm development and the key role of cell-cell distance. *Nat Rev Microbiol* 2010;**8**(7):471–80.
- [34] Belibasakis GN, Charalampakis G, Bostanci N, Stadlinger B. Peri-implant infections of oral biofilm etiology. *Adv Exp Med Biol* 2015;**830**:69–84.
- [35] Payne JB, Johnson PG, Kok CR, Gomes-Neto JC, Ramer-Tait AE, Schmid MJ, et al. Subgingival microbiome colonization and cytokine production during early dental implant healing. *mSphere* 2017;**2**(6):e00527–617.
- [36] Mombelli A, Décaillot F. The characteristics of biofilms in peri-implant disease. *J Clin Periodontol* 2011;**38**(Suppl. 11):203–13.
- [37] Zheng H, Xu L, Wang Z, Li L, Zhang J, Zhang Q, et al. Subgingival microbiome in patients with healthy and ailing dental implants. *Sci Rep* 2015;**5**:10948.
- [38] Kumar PS. Systemic risk factors for the development of peri-implant diseases. *Implant Dent* 2019;**28**(2):115–9.
- [39] Belibasakis GN, Manoil D. Microbial community-driven etiopathogenesis of peri-implantitis. *J Dent Res* 2021;**100**(1):21–8.
- [40] Brånemark PI, Adell R, Breine U, Hansson BO, Lindström J, Ohlsson A. Intra-osseous anchorage of dental prostheses. I. Experimental studies. *Scand J Plast Reconstr Surg* 1969;**3**(2):81–100.
- [41] Brånemark PI. Osseointegration and its experimental background. *J Prosthet Dent* 1983;**50**(3):399–410.
- [42] Junker R, Dimakis A, Thoneick M, Jansen JA. Effects of implant surface coatings and composition on bone integration: a systematic review. *Clin Oral Implants Res* 2009;**20**(Suppl. 4):185–206.
- [43] John G, Becker J, Schwarz F. Effects of different titanium zirconium implant surfaces on initial supragingival plaque formation. *Clin Oral Implants Res* 2017;**28**(7):e84–90.
- [44] Herrmann H, Kern JS, Kern T, Lautensack J, Conrads G, Wolfart S. Early and mature biofilm on four different dental implant materials: an in vivo human study. *Clin Oral Implants Res* 2020;**31**(11):1094–104.
- [45] Dank A, Aartman IHA, Wismeijer D, Tahmaseb A. Effect of dental implant surface roughness in patients with a history of periodontal disease: a systematic review and meta-analysis. *Int J Implant Dent* 2019;**5**(1):12.
- [46] Stavropoulos A, Bertl K, Winning L, Polyzois I. What is the influence of implant surface characteristics and/or implant material on the incidence and progression of peri-implantitis? A systematic literature review. *Clin Oral Implants Res* 2021;**32**(Suppl. 21):203–29.
- [47] Borie E, Orsi IA, de Araujo CP. The influence of the connection, length and diameter of an implant on bone biomechanics. *Acta Odontol Scand* 2015;**73**(5):321–9.
- [48] Winkler S, Morris HF, Ochi S. Implant survival to 36 months as related to length and diameter. *Ann Periodontol* 2000;**5**(1):22–31.
- [49] Weng D, Jacobson Z, Tarnow D, Hürzeler MB, Faehn O, Sanavi F, et al. A prospective multicenter clinical trial of 3i machined-surface implants: results after 6 years of follow-up. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2003;**18**(3):417–23.
- [50] Herrmann I, Lekholm U, Holm S, Kultje C. Evaluation of patient and implant characteristics as potential prognostic factors for oral implant failures. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2005;**20**(2):220–30.
- [51] Renouard F, Nisand D. Impact of implant length and diameter on survival rates. *Clin Oral Implants Res* 2006;**17**(Suppl. 2):35–51.
- [52] Jung RE, Al-Nawas B, Araujo M, Avila-Ortiz G, Barter S, Brodala N, et al. Group 1 ITI consensus report: the influence of implant length and design and medications on clinical and patient-reported outcomes. *Clin Oral Implants Res* 2018;**29**(Suppl. 16):69–77.
- [53] Mester A, Onisor F, Di Stasio D, Piciu A, Cosma AM, Bran S. Short implants versus standard implants and sinus floor elevation in atrophic posterior maxilla: a systematic review and meta-analysis of randomized clinical trials with ≥5 years' follow-up. *J Pers Med* 2023;**13**(2):169.
- [54] 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* 2005;**16**(6):639–44.
- [55] Meijer HJ, Stollingsma K, Meijndert L, Raghoobar GM. A new index for rating aesthetics of implant-supported single crowns and adjacent soft tissues. The Implant Crown Aesthetic Index. *Clin Oral Implants Res* 2005;**16**(6):645–9.
- [56] 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* 2009;**80**(1):140–51.
- [57] Cosyn J, Thoma DS, Hämmerle CH, De Bruyn H. Esthetic assessments in implant dentistry: objective and subjective criteria for clinicians and patients. *Periodontol* 2000 2017;**73**(1):193–202.
- [58] Papaspyridakos P, Amin S, El-Rafie K, Weber HP. Technique to match gingival shade when using pink ceramics for anterior fixed implant prostheses. *J Prosthodont* 2018;**27**(3):311–3.
- [59] Papapanou PN, Sanz M, Buduneli N, Dietrich T, Feres M, Fine DH, et al. Periodontitis: consensus report of workgroup 2 of the 2017 World Workshop on the Classification of Periodontal and Peri-Implant Diseases and Conditions. *J Clin Periodontol* 2018;**45**(Suppl. 20):S162–70.
- [60] Derks J, Schaller D, Hakansson J, Wennström JL, Tomasi C, Berglundh T. Effectiveness of implant therapy analyzed in a Swedish population: prevalence of peri-implantitis. *J Dent Res* 2016;**95**(1):43–9.
- [61] Sanz M, Herrera D, Kebschull M, Chapple I, Jepsen S, Berglundh T, et al. Treatment of stage I–III periodontitis. The EFP S3 level clinical practice guideline. *J Clin Periodontol* 2020;**47**(Suppl. 22):4–60.
- [62] Slot DE, Valkenburg C, Van der Weijden F. Mechanical plaque removal of periodontal maintenance patients: a systematic review and network meta-analysis. *J Clin Periodontol* 2020;**47**(Suppl. 22):107–24.
- [63] Jepsen S, Berglundh T, Genco R, Aass AM, Demirel K, Derks J, et al. Primary prevention of peri-implantitis: managing peri-implant mucositis. *J Clin Periodontol* 2015;**42**(Suppl. 16):S152–7.
- [64] Aimetti M. Non-surgical periodontal treatment. *Int J Esthet Dent* 2014;**9**(2):251–67.
- [65] Delatola C, Loos BG, Laine ML. Three periodontitis phenotypes: bone loss patterns antibiotic-surgical treatment and the new classification. *J Clin Periodontol* 2020;**47**(11):1371–8.
- [66] Eickholz P, Koch R, Göde M, Nickles K, Kocher T, Lorenz K, et al. Clinical benefits of systemic amoxicillin/metronidazole may depend on periodontitis stage and grade: an exploratory sub-analysis of the ABPARO trial. *J Clin Periodontol* 2023;**50**(9):1239–52.
- [67] Segelnick SL, Weinberg MA. Reevaluation of initial therapy: when is the appropriate time? *J Periodontol* 2006;**77**:1598–601.
- [68] Heitz-Mayfield J, Trombelli L, Heitz F, Needleman I, Moles D. A systematic review of the effect of surgical debridement vs. non-surgical debridement for the treatment of chronic periodontitis. *J Clin Periodontol* 2002;**29**:92–102.
- [69] Sanz-Sánchez I, Montero E, Citterio F, Romano F, Molina A, Aimetti M. Efficacy of access flap procedures compared to subgingival debridement in the treatment of periodontitis. A systematic review and meta-analysis. *J Clin Periodontol* 2020;**47**(Suppl. 22):282–302.
- [70] Nibali L, Koidou VP, Nieri M, Barbato L, Pagliaro U, Cairo F. Regenerative surgery versus access flap for the treatment of intra-bony periodontal defects: a systematic review and meta-analysis. *J Clin Periodontol* 2020;**47**(Suppl. 22):320–51.
- [71] Haute Autorité de santé. Guide des indications et des procédures des examens radiologiques en odontostomatologie. 5 novembre

2025. www.fsd.fr/wp-content/uploads/2014/02/07_guide_procedure_radio.pdf.
- [72] Schliephake H, Sicilia A, Nawas BA, Donos N, Gruber R, Jepsen S, et al. Drugs and diseases: summary and consensus statements of group 1. The 5th EAO consensus conference 2018. *Clin Oral Implants Res* 2018;**29**(Suppl. 18):93–9.
- [73] Société française de chirurgie orale. Gestion périopératoire des patients traités par antithrombotiques en chirurgie orale en collaboration avec la Société française de cardiologie et le Groupe d'intérêt en hémostase péri-opératoire. 30 octobre 2025. https://societechirorale.com/wp-content/uploads/2023/06/recommandations_festion_peri_operatoire_2015_court.pdf.
- [74] Moraschini V, Barboza ES, Peixoto GA. The impact of diabetes on dental implant failure: a systematic review and meta-analysis. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2016;**45**(10):1237–45.
- [75] Sanz M, Schwarz F, Herrera D, McClain P, Figuero E, Molina A, et al. Importance of keratinized mucosa around dental implants: consensus report of group 1 of the DGI/SEPA/Osteology Workshop. *Clin Oral Implants Res* 2022;**33**(Suppl. 23):47–55.
- [76] Tavelli L, Barootchi S, Avila-Ortiz G, Urban IA, Giannobile WV, Wang HL. Peri-implant soft tissue phenotype modification and its impact on peri-implant health: a systematic review and network meta-analysis. *J Periodontol* 2021;**92**(1):21–44.
- [77] European Commission. Radiation protection 172. Cone beam CT for dental and maxillofacial radiology. 5 novembre 2025. <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/ec5936c7-5a29-4a93-9b3a-01a5d78d7b2e/language-en>.
- [78] Komuro A, Yamada Y, Uesugi S, Terashima H, Kimura M, Kishimoto H, et al. Accuracy and dimensional reproducibility by model scanning intraoral scanning and CBCT imaging for digital implant dentistry. *Int J Implant Dent* 2021;**7**:63.
- [79] Vercruyssen M, Laleman I, Jacobs R, Quirynen M. Computer-supported implant planning and guided surgery: a narrative review. *Clin Oral Implants Res* 2015;**26**(Suppl. 2):69–76.
- [80] Derksen W, Wismeijer D, Flügel T, Hassan B, Tahmaseb A. The accuracy of computer-guided implant surgery with tooth-supported digitally designed drill guides based on CBCT and intraoral scanning: a prospective cohort study. *Clin Oral Implants Res* 2019;**30**:1005–15.
- [81] Lou F, Rao P, Zhang M, Luo S, Lu S, Xiao J. Accuracy evaluation of partially guided and fully guided templates applied to implant surgery of anterior teeth: a randomized controlled trial. *Clin Implant Dent Relat Res* 2021;**23**(1):117–30.
- [82] Younes R, Raes F, Eghbali A, De Bruyn H, Cosyn J. A randomized controlled trial on the efficiency of free-handed pilot-drill guided surgery for implant placement. *Clin Oral Implants Res* 2018;**29**(5):480–9.
- [83] Smitkarn P, Subbalekha K, Mattheos N, Pimkhakham A. The accuracy of single-tooth implants placed using fully digital-guided surgery: a prospective clinical study. *J Clin Periodontol* 2019;**46**(10):1115–22.
- [84] D'haese J, Van De Velde T, Komiyama A, Hultin M, De Bruyn H. Current state of the art of computer-guided implant surgery. *Periodontol* 2000 2016;**73**(1):121–33.
- [85] Tattan M, Chambrone L, Duarte PM, Sukekava F. Static computer-aided partially guided and free-handed implant placement: a systematic review and meta-analysis. *Clin Oral Implants Res* 2020;**31**(8):829–45.
- [86] Schropp L, Wenzel A, Kostopoulos L, Karring T. Bone healing and soft tissue contour changes following single-tooth extraction: a clinical and radiographic 12-month prospective study. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2003;**23**(4):313–23.
- [87] Tan WL, Wong TL, Wong MC, Lang NP. A systematic review of post-extraction alveolar hard and soft tissue dimensional changes in humans. *Clin Oral Implants Res* 2012;**23**(Suppl. 5):1–21.
- [88] Couso-Queiruga E, Graham ZA, Peter T, Gonzalez-Martin O, Galindo-Moreno P, Avila-Ortiz G. Effect of periodontal phenotype characteristics on post-extraction dimensional changes of the alveolar ridge: a prospective case series. *J Clin Periodontol* 2023;**50**(5):694–706.
- [89] Araújo MG, Lindhe J. Dimensional ridge alterations following tooth extraction. An experimental study in the dog. *J Clin Periodontol* 2005;**32**(2):212–8.
- [90] Dietrich T, Schmid I, Locher M, Addison O. Extraction force and its determinants for minimally invasive vertical tooth extraction. *J Mech Behav Biomed Mater* 2020;**105**:103711.
- [91] Barone A, Aldini NN, Fini M, Giardino R, Calvo Guirado JL, Covani U. Xenograft versus extraction alone for ridge preservation after tooth removal: a clinical and histomorphometric study. *J Periodontol* 2008;**79**(8):1370–7.
- [92] Jung RE, Philipp A, Annen BM, Signorelli L, Thoma DS, Hämmerle CH, et al. Radiographic evaluation of different techniques for ridge preservation after tooth extraction: a randomized controlled clinical trial. *J Clin Periodontol* 2013;**40**(1):90–8.
- [93] Avila-Ortiz G, Chambrone L, Vignoletti F. Efficacy of alveolar ridge preservation: a randomized controlled trial. *J Clin Periodontol* 2020;**47**(3):327–40.
- [94] Barootchi S, Wang HL, Ravid A, Ben Amor F, Riccitiello F, Rengo C, et al. Ridge preservation techniques to avoid invasive bone reconstruction: a systematic review and meta-analysis. *Int J Oral Implantol* 2019;**12**:399–416.
- [95] Ruales-Carrera E, Pauletto P, Apaza-Bedoya K, Volpato CAM, Özcan M, Benfatti CAM. Peri-implant tissue management after immediate implant placement using a customized healing abutment. *J Esthet Restor Dent* 2019;**31**:533–41.
- [96] Donos N, Asche NV, Akbar AN, Francisco H, Gonzales O, Gotfredsen K, et al. Impact of timing of dental implant placement and loading: summary and consensus statements of group 1. The 6th EAO consensus conference 2021. *Clin Oral Implants Res* 2021;**32**(Suppl. 21):86–94.
- [97] Blanco J, Carral C, Argibay O, Liñares A. Implant placement in fresh extraction sockets. *Periodontol* 2000 2019;**79**(1):151–67.
- [98] Pitman JD, Christiaens V, Callens J, Glibert M, Seyssens L, Blanco J, et al. Immediate implant placement with flap or flapless surgery: a systematic review and meta-analysis. *J Clin Periodontol* 2023;**50**(6):755–64.
- [99] Atieh MA, Shah M, Abdulkareem M, AlQahtani HA, Alsabeeha NHM. The socket shield technique for immediate implant placement: a systematic review and meta-analysis. *J Esthet Restor Dent* 2021;**33**(2):282–90.
- [100] Buser D, Chappuis V, Belser UC, Chen S. Implant placement post extraction in esthetic single tooth sites: when immediate, when early, when late? *Periodontol* 2000 2017;**73**(1):84–102.
- [101] Tonetti MS, Jung RE, Avila-Ortiz G, Blanco J, Cosyn J, Fickl S, et al. Management of the extraction socket and timing of implant placement: consensus report and clinical recommendations of group 3 of the XV European Workshop in periodontology. *J Clin Periodontol* 2019;**46**(Suppl. 21):183–94.
- [102] Gamborena I, Sasaki Y, Blatz MB. Predictable immediate implant placement and restoration in the esthetic zone. *J Esthet Restor Dent* 2021;**33**(1):158–72.
- [103] MacBeth N, Trullenque-Eriksson A, Donos N, Mardas N. Hard and soft tissue changes following alveolar ridge preservation: a systematic review. *Clin Oral Implants Res* 2017;**28**(8):982–1004.
- [104] Kan JY, Rungcharasseng K, Deflorian M, Weinstein T, Wang HL, Testori T. Immediate implant placement and provisionalization of maxillary anterior single implants. *Periodontol* 2000 2018;**77**(1):197–212.
- [105] Seibert JS. Reconstruction of deformed, partially edentulous ridges, using full thickness onlay grafts: part I. Technique and wound healing. *Compend Contin Educ Dent* 1983;**4**(5):437–53.
- [106] Vignoletti F, Discepoli N, Muller A, de Sanctis M, Munoz F, Sanz M. Bone modelling at fresh extraction sockets: immediate implant placement versus spontaneous healing: an experimental study in the beagle dog. *J Clin Periodontol* 2012;**39**(1):91–7.
- [107] Sanz-Sánchez I, Ortiz-Vigón A, Sanz-Martín I, Figuero E, Sanz M. Effectiveness of lateral bone augmentation on the alveolar crest dimension: a systematic review and meta-analysis. *J Dent Res* 2015;**94**:128–42.
- [108] Elnayef B, Porta C, Suárez-López Del Amo F, Mordini L, Gargallo-Albiol J, Hernández-Alfaro F. The fate of lateral ridge augmentation: a systematic review and meta-analysis. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2018;**33**:622–35.
- [109] Urban IA, Montero E, Monje A, Sanz-Sanchez I. Effectiveness of vertical ridge augmentation interventions. A systematic review and meta-analysis. *J Clin Periodontol* 2019;**46**(Suppl. 21):319–39.
- [110] Maujean E, Struillou X. Traitement implantaire du maxillaire postérieur: une revue de la littérature. *Rev Odontostomatol* 2003;**33**:201–27.
- [111] Aghaloo TL, Moy PK. Which hard tissue augmentation techniques are the most successful in furnishing bony support for implant placement? *Int J Oral Maxillofac Implants* 2007;**22**:49–70.
- [112] Monje A, Monje F, Hernandez-Alfaro F, Gonzalez-Garcia R, Suarez-Lopez del Amo F, Galindo-Moreno P, et al. Horizontal bone augmentation using autogenous block grafts and particulate xenograft in the severe atrophic maxillary anterior ridges: a cone-beam computerized tomography case series. *J Oral Implantol* 2015;**41**:366–71.

- [113] Rocchietta I, Fontana F, Simion M. Clinical outcomes of vertical bone augmentation to enable dental implant placement: a systematic review. *J Clin Periodontol* 2008;**35**(Suppl. 8):203–15.
- [114] Esposito M, Grusovin MG, Felice P, Karatzopoulos G, Worthington HV, Coulthard P. The efficacy of horizontal and vertical bone augmentation procedures for dental implants: a Cochrane systematic review. *Eur J Oral Implantol* 2009;**2**(3):167–84.
- [115] Tulasne JF, Andreani JF. *Les greffes osseuses en implantologie*. Paris: Quintessence international; 2004.
- [116] Zeltner M, Flückiger LB, Hämmerle CH, Hüsler J, Benic GI. Volumetric analysis of chin and mandibular retromolar region as donor sites for cortico-cancellous bone blocks. *Clin Oral Implants Res* 2016;**27**(8):999–1004.
- [117] Nkenke E, Radespiel-Tröger M, Wiltfang J, Schultze-Mosgau S, Winkler G, Neukam FW. Morbidity of harvesting of retromolar bone grafts: a prospective study. *Clin Oral Implants Res* 2002;**13**:514–21.
- [118] Cabov M, Blaskovic Z, Kovac B. Rehabilitation of the anterior maxilla with onlay allograft created with cad-cam procedure used for horizontal and vertical regeneration. *Clin Oral Impl Res* 2014;**25**(Suppl. 10).
- [119] Khoury F, Doliveux R. The bone core technique for the augmentation of limited bony defects: five-year prospective study with a new minimally invasive technique. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2018;**38**(2):199–207.
- [120] Hanser T, Doliveux R. Microsaw and Piezosurgery in harvesting mandibular bone blocks from the retromolar region: a randomized split mouth prospective clinical trial. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2018;**33**(2):365–72.
- [121] Kloss FR, Offermanns V, Kloss-Brandstätter A. Comparison of allogeneic and autogenous bone grafts for augmentation of alveolar ridge defects. A 12-month retrospective radiographic evaluation. *Clin Oral Implants Res* 2018;**29**:1163–75.
- [122] Wang M, Li Y, Su Z, Mo A. Clinical and radiographic outcomes of customized allogeneic bone block versus autogenous bone block for ridge augmentation: 6 month results of a randomized controlled clinical trial. *J Clin Periodontol* 2023;**50**(1):22–35.
- [123] Torres J, Tamimi F, Alkhraisat MH, Prados-Frutos JC, Rastikerdar E, Gbureck U, et al. Vertical bone augmentation with 3D-synthetic monite blocks in the rabbit calvaria. *J Clin Periodontol* 2011;**38**:1147–53.
- [124] Hämmerle CH, Karring T. Guided bone regeneration at oral implant sites. *Periodontol* 2000 1998;**17**:151–75.
- [125] Arnal H. Régénération osseuse verticale. *CLINIC* 2023;**44**(432–3): 858–64.
- [126] Cucchi A, Chierico A, Fontana F, Mazzocco F, Cinquegrana C, Belleggia F, et al. Statements and recommendations for guided bone regeneration: consensus report of the Guided Bone Regeneration Symposium held in Bologna, October 15 to 16, 2016. *Implant Dent* 2019;**28**(4):388–99.
- [127] Merli M, Nieri M, Mariotti G, Merli M, Franchi L, Quiroga Souki B. The fence technique: autogenous bone graft versus 50% deproteinized bovine bone matrix/50% autogenous bone graft. A clinical double-blind randomized controlled trial. *Clin Oral Implants Res* 2020;**31**(12):1223–31.
- [128] Khoury F, Javed F, Romanos GE. Sinus augmentation failure and postoperative infections associated with prophylactic clindamycin therapy: an observational case series. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2018;**33**:1136–9.
- [129] Urban IA, Sanz-Sánchez I, Monje A, Montero E. Complications and treatment errors in peri-implant hard tissue management. *Periodontol* 2000 2023;**92**(1):278–98.
- [130] Chen ST, Buser D. Esthetic outcomes following immediate and early implant placement in the anterior maxilla: a systematic review. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2014;**29**(Suppl.):186–215.
- [131] Urban IA, Mirsky N, Serroni M, Tovar N, Vivekanand Nayak V, Witek L, et al. Elucidating the benefit of perforated vs. non-perforated membranes in guided bone regeneration: an in vivo histologic evaluation and histomorphometric analysis. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2025;**45**(3):341–55.
- [132] Lindfors LT, Tervonen EA, Sándor GK, Ylikontiola LP. Guided bone regeneration using a titanium-reinforced ePTFE membrane and particulate autogenous bone: the effect of smoking and membrane exposure. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2010;**109**(6): 825–30.
- [133] Urban IA, Lozada JL, Jovanovic SA, Nagursky H, Nagy K. Vertical ridge augmentation with titanium-reinforced, dense-PTFE membranes and a combination of particulated autogenous bone and anorganic bovine bone-derived mineral: a prospective case series in 19 patients. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2014;**29**(1):185–93.
- [134] Simion M, Scarano A, Gionso L, Piattelli A. Guided bone regeneration using resorbable and nonresorbable membranes: a comparative histologic study in humans. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1996;**11**(6):735–42.
- [135] Sharan A, Madjar D. Maxillary sinus pneumatization following extractions: a radiographic study. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2008;**23**(1):48–56.
- [136] Bassi AP, Pioto R, Faverani LP, Canestraro D, Fontão FG. Maxillary sinus lift without grafting, and simultaneous implant placement: a prospective clinical study with a 51-month follow-up. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2015;**44**(7):902–7.
- [137] Lang LA, Edgin WA, Garcia LT, Olvera N, Verrett R, Bohnenkamp D, et al. Comparison of implant and provisional placement protocols in sinus-augmented bone: a preliminary report. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2015;**30**(3):648–56.
- [138] Summers RB. A new concept in maxillary implant surgery: the osteotome technique. *Compendium* 1994;**15**(2):152, 154–6, 158 passim; quiz 162.
- [139] Urban IA, Ravidà A, Saleh MHA, Galli M, Lozada J, Farkasdi S, et al. Long-term crestal bone changes in implants placed in augmented sinuses with minimal or moderate remaining alveolar bone: a 10-year retrospective case-series study. *Clin Oral Implants Res* 2021;**32**(1):60–74.
- [140] Cannizzaro G, Felice P, Leone M, Viola P, Esposito M. Early loading of implants in the atrophic posterior maxilla: lateral sinus lift with autogenous bone and Bio-Oss versus crestal mini sinus lift and 8-mm hydroxyapatite-coated implants. A randomised controlled clinical trial. *Eur J Oral Implantol* 2009;**2**(1):25–38.
- [141] Lundgren S, Andersson S, Gualini F, Sennerby L. Bone reformation with sinus membrane elevation: a new surgical technique for maxillary sinus floor augmentation. *Clin Implant Dent Relat Res* 2004;**6**: 165–73.
- [142] Hämmerle CH, Cordaro L, Van Assche N, Benic GI, Bornstein M, Gamper F, et al. Digital technologies to support planning, treatment, and fabrication processes and outcome assessments in implant dentistry. Summary and consensus statements. The 4th EAO consensus conference. *Clin Oral Implants Res* 2015;**26**(Suppl. 11):97–101.
- [143] Schincaglia GP, Thoma DS, Haas R, Tutak M, Garcia A, Taylor TD, et al. Randomized controlled multicenter study comparing short dental implants (6mm) versus longer dental implants (11–15mm) in combination with sinus floor elevation procedures. Part 2: clinical and radiographic outcomes at 1 year of loading. *J Clin Periodontol* 2015;**42**(11):1042–51.
- [144] Lemos CA, Ferro-Alves ML, Okamoto R, Mendonça MR, Pellizzer EP. Short dental implants versus standard dental implants placed in the posterior jaws: a systematic review and meta-analysis. *J Dent* 2016;**47**:8–17.
- [145] De Ry SP, Rocuzzo A, Lang NP, Heitz-Mayfield LJ, Ramseier CA, Sculean A, et al. Evaluation of the implant disease risk assessment (IDRA) tool: a retrospective study in patients with treated periodontitis and implant-supported fixed dental prostheses (FDPs). *Clin Oral Implants Res* 2021;**32**(11):1299–307.
- [146] Ramseier CA, Woelber JP, Kitzmann J, Detzen L, Carra MC, Bouchard P. Impact of risk factor control interventions for smoking cessation and promotion of healthy lifestyles in patients with periodontitis: a systematic review. *J Clin Periodontol* 2020;**47**(Suppl. 22): 90–106.
- [147] Chan D, Pelekos G, Ho D, Cortellini P, Tonetti MS. The depth of the implant mucosal tunnel modifies the development and resolution of experimental peri-implant mucositis: a case-control study. *J Clin Periodontol* 2019;**46**(2):248–55.
- [148] Verket A, Koldslund OC, Bunæs D, Lie SA, Romandini M. Non-surgical therapy of peri-implant mucositis – mechanical/physical approaches: a systematic review. *J Clin Periodontol* 2023;**50**(Suppl. 26):135–45.
- [149] Cosgarea R, Rocuzzo A, Jepsen K, Sculean A, Jepsen S, Salvi GE. Efficacy of mechanical/physical approaches for implant surface decontamination in nonsurgical sub-marginal instrumentation of peri-implantitis. A systematic review. *J Clin Periodontol* 2023;**50**(Suppl. 26):188–211.
- [150] Donos N, Calciolari E, Ghuman M, Baccini M, Sousa V, Nibali L. The efficacy of bone reconstructive therapies in the management of peri-implantitis. A systematic review and meta-analysis. *J Clin Periodontol* 2023;**50**(Suppl. 26):285–316.
- [151] Karlsson K, Trullenque-Eriksson A, Tomasi C, Derks J. Efficacy of access flap and pocket elimination procedures in the management of peri-implantitis. A systematic review and meta-analysis. *J Clin Periodontol* 2023;**50**(Suppl. 26):244–84.

| | |
|--|------|
| H. Kruk (drhannakruk@gmail.com). | 2239 |
| J. Dray. | 2240 |
| Cabinet de chirurgie orale, parodontie et implantologie, 70, rue de Montreuil, 94300 Vincennes, France. | 2241 |
| Y. Zaouch. | 2242 |
| Cabinet dentaire, 2, place Moreau-David, 94120 Fontenay-sous-Bois, France. | 2243 |
| B. Attuil. | 2244 |
| Cabinet dentaire, 61, rue du Chemin-Vert, 75011 Paris, France. | 2245 |
| X. Bensaïd. | 2246 |
| Cabinet de parodontie et d'implantologie, 4, rue du Petit-Pont, 75005 Paris, France. | 2247 |
| M. Danan. | 2248 |
| Cabinet de chirurgie orale, parodontie et implantologie, 70, rue de Montreuil, 94300 Vincennes, France. | 2249 |
| Toute référence à cet article doit porter la mention : Kruk H, Dray J, Zaouch Y, Attuil B, Bensaïd X, Danan M. Implantologie dans le plan de traitement parodontal. EMC - Médecine buccale 2026;0(0):1-28 [Article 28-643-G-10]. | 2250 |
| | 2251 |
| | 2252 |