

UNIVERSITÉ DE NANTES

UNITÉ DE FORMATION ET DE RECHERCHE D'ODONTOLOGIE

Année 2007

Thèse n° 58

**Apports de la régénération osseuse guidée
dans la thérapeutique implantaire.**

THÈSE POUR LE DIPLÔME D'ÉTAT
DE DOCTEUR EN CHIRURGIE DENTAIRE

Présentée et soutenue publiquement par :

Monsieur BLAT Julien

Né le 21 juillet 1981

Le 06/12/2007, devant le jury ci-dessous :

Président : Monsieur le Professeur Olivier LABOUX
Assesseur : Monsieur le Docteur Alain HOORNAERT
Assesseur : Monsieur le Docteur Yves AMOURIQ
Directeur de Thèse : Madame le Docteur Virginie KERIQUEL

TABLE DES MATIERES

<u>INTRODUCTION</u>	7
<u>I-RESORPTION OSSEUSE ET DEFAUTS OSSEUX</u>	10
1. <u>La résorption osseuse post-extractionnelle</u>	11
1.1 <u>Principe général</u>	11
1.2 <u>Facteurs influençant la résorption osseuse post-extractionnelle</u>	13
1.2.1 <u>Pathologies générales</u>	13
1.2.2 <u>Processus traumatiques</u>	13
1.2.3 <u>Processus infectieux</u>	13
1.2.4 <u>Intensité et fréquence des forces exercées</u>	13
1.2.5 <u>Vascularisation</u>	14
1.3 <u>Résorption au maxillaire et à la mandibule</u>	14
1.3.1 <u>Au maxillaire</u>	14
1.3.2 <u>A la mandibule</u>	14
1.4 <u>Classification du volume osseux disponible</u>	14
1.4.1 <u>Dimension verticale</u>	14
1.4.2 <u>Sens mésio-distal (longueur)</u>	15
1.4.3 <u>Sens vestibulo-lingual ou palatin</u>	15
2. <u>Classification des lésions osseuses</u>	15
3. <u>Défauts osseux associés aux implants</u>	17
<u>2-PRINCIPES BIOLOGIQUES DE LA REGENERATION OSSEUSE GUIDEE</u>	18
1. <u>Historique</u>	20
2. <u>Mécanisme d'action de la R.O.G</u>	20

2.1	<u>Protection du caillot</u>	20
2.2	<u>Sélectivité cellulaire</u>	20
3.	<u>Cicatrisation osseuse sous la membrane</u>	21
4.	<u>Influence des facteurs de croissance</u>	22
4.1	<u>Définition</u>	22
4.2	<u>Actions de quelques facteurs de croissance</u>	23
4.3	<u>Action des facteurs de croissance associés</u>	25
4.4	<u>Utilisation du PRP (Platelet rich plasma)</u>	25
4.5	<u>Utilisation du PRF (Platelet rich fibrin)</u>	27
5.	<u>Conditions de succès de la R.O.G</u>	29
5.1	<u>Age du patient</u>	29
5.2	<u>Stabilité primaire de l'implant</u>	29
5.3	<u>Qualité du site osseux</u>	30
5.4	<u>Fermeture primaire du site</u>	30
5.5	<u>Immobilisation de la membrane et maintien de l'espace sous la membrane</u>	31

3-MATERIAUX UTILISES EN R.O.G 32

1.	<u>Les membranes</u>	33
1.1.	<u>Cahier des charges</u>	33
1.2.	<u>Les membranes non résorbables</u>	33
1.2.1.	<u>Les membranes en PTFE-e</u>	34
1.2.2.	<u>Les membranes en titane</u>	39
1.3.	<u>Les membranes résorbables</u>	41
1.3.1.	<u>Les treillis Vicryl®</u>	41
1.3.2.	<u>La membrane Bio-Gide® (GEISTLICH BIOMATERIALS)</u>	42
1.3.3.	<u>La membrane Paroguide® (PIERRE ROLLAND)</u>	44
1.3.4.	<u>Les membranes BioMend® et BioMend extend® (ZIMMER DENTAL)</u>	44
1.3.5.	<u>Les membranes Resolut® (GORE-TEX) :Gore Resolut® XT, Gore Resolut® Adapt, Gore Resolut® Adapt LT</u>	45
1.3.6.	<u>La membrane Ossix Plus® (COLBAR)</u>	45

1.4. <u>Avantages et inconvénients, critères de choix entre membranes résorbables et non résorbables</u>	46
1.4.1. <u>Avantages et inconvénients</u>	46
1.4.2. <u>Critères de choix entre ces deux types de membrane</u>	47
2. <u>Les dispositifs de maintien de l'espace et de fixation des membranes</u>	48
3. <u>Les matériaux de comblement osseux</u>	49
3.1. <u>Os Autogène</u>	50
3.1.1. <u>Origine extra-orale</u>	50
3.1.2. <u>Origine intra-orale</u>	51
3.2. <u>Les allogreffes</u>	55
3.3. <u>Les xéno-greffes</u>	56
3.3.1. <u>Le Bio-Oss®</u>	56
3.3.2. <u>Le Laddec®</u>	60
3.4. <u>Les matériaux alloplastiques</u>	60
3.4.1. <u>Le corail (Biocoral®, Algipore®, Interpore®)</u>	60
3.4.2. <u>L'hydroxyapatite (Calcitite®, Osteograph®, Bioapatite®)</u>	60
3.4.3. <u>Le Phosphate tricalcique (TCP) (Cerasorb M®, Synthograft®)</u>	61
3.4.4. <u>Les matériaux composites (Bio-oss collagen®, PepGen P-15 flow®)</u>	61
3.4.5. <u>Bioverres et vitrocéramiques (Biogran®, Perioglass®, Calcigraft®)</u>	62
3.5. <u>Critères de choix entre ces différents matériaux</u>	62

4-INDICATIONS DE LA ROG 64

1. <u>Indications (110)</u>	65
1.1 <u>En phase pré-implantaire</u>	65
1.2 <u>En phase per-implantaire</u>	66
1.3 <u>En phase post-implantaire</u>	67
2. <u>Indication en fonction des types de lésion osseuse</u>	67
2.1 <u>Lésions de classe I</u>	67
2.2 <u>Lésions de classe II</u>	68
2.3 <u>Lésions de classe III</u>	68
3. <u>Stratégies de mise en œuvre de la régénération osseuse guidée</u>	69
3.1 <u>Implantation immédiate dans le site d'avulsion</u>	69

3.1.1	<u>Principe</u>	69
3.1.2	<u>Précautions de mise en œuvre</u>	70
3.1.3	<u>Avantages et inconvénients de la technique</u>	70
3.1.4	<u>Indications et contre-indications</u>	71
3.2	<u>Implantation différée, après cicatrisation muqueuse</u>	71
3.3	<u>Technique de LANGER</u>	72
3.4	<u>Implantation sur sites matures</u>	73

5- PROTOCOLE CHIRURGICAL 74

1.	<u>Asepsie opératoire</u>	75
1.1	<u>Avant l'intervention</u>	75
1.2	<u>Asepsie pré-opératoire</u>	75
1.3	<u>Asepsie per-opératoire</u>	76
2.	<u>Actes opératoires</u>	77
2.1.	<u>Incisions et tracé du lambeau</u>	77
2.2.	<u>Préparation du site</u>	79
2.3.	<u>Mise en place du matériau de comblement</u>	80
2.4.	<u>Mise en place de la membrane</u>	82
2.5.	<u>Maintien de l'espace et stabilisation de la membrane</u>	83
2.6.	<u>Fermeture du site</u>	84
2.7.	<u>Conseil post-opératoires au patient</u>	85
3.	<u>Actes post-opératoires</u>	85
3.1.	<u>Prescriptions médicamenteuses</u>	85
3.1.1.	<u>Antibiotiques</u>	85
3.1.2.	<u>Antalgiques</u>	85
3.1.3.	<u>Antiseptie locale</u>	85
3.2.	<u>Adaptation de la prothèse transitoire</u>	85
3.3.	<u>Suivi du patient</u>	86
4.	<u>Dépose de la membrane (membrane non résorbable)</u>	86
4.1.	<u>Durée d'enfouissement</u>	86
4.2.	<u>Deuxième intervention chirurgicale</u>	86

<u>6-ECHECS DE LA R.O.G, CONTRE-INDICATIONS</u>	88
1. <u>Contre-indications</u>	89
1.1 <u>Contre-indications absolues</u>	89
1.2 <u>Contre-indications relatives</u>	90
2. <u>Facteurs responsables de l'échec de la R.O.G</u>	90
2.1 <u>Facteurs techniques</u>	90
2.1.1 <u>Le plan de traitement</u>	90
2.1.2 <u>Habilité de l'opérateur</u>	90
2.1.3 <u>Asepsie opératoire</u>	91
2.1.4 <u>Facteurs anatomiques</u>	91
2.2 <u>Facteurs bactériens</u>	92
2.3 <u>Facteurs environnementaux</u>	92
3. <u>Complications de la R.O.G : les expositions membranaires</u>	93
<u>CONCLUSION</u>	95
<u>TABLE DES FIGURES</u>	97
<u>TABLE DES ABREVIATIONS</u>	99
<u>ANNEXES</u>	100
<u>REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES</u>	108

INTRODUCTION

Le développement depuis les années 1970 de l'implantologie orale a permis aux chirurgiens-dentistes de proposer à leurs patients des réhabilitations prothétiques plus fonctionnelles, esthétiques et confortables, que ce que la prothèse conventionnelle permettait d'envisager.

Jusqu'aux travaux de BRANEMARK, le concept qui prévalait en implantologie était celui de la fibrointégration, c'est-à-dire de l'interposition d'un tissu fibreux d'origine conjonctive entre l'os et l'implant. Ce tissu fibreux était censé apporter un amortissement des contraintes liées à la mastication, à la manière du ligament alvéolo-dentaire pour une dent naturelle (13).

Il est rapidement apparu que la mise en place d'implants selon le concept de la fibrointégration ne permettait pas d'obtenir des résultats satisfaisants à moyen et long terme.

Depuis 1969, BRANEMARK suggérait la possibilité d'un contact direct entre l'os et la surface métallique d'un implant.

En 1977, il propose le concept d'ostéointégration des fixtures implantaires, qui apporte une nette amélioration de la stabilité des implants endo-osseux (20).

La supériorité de ce concept se confirme rapidement (1), et l'ostéointégration, c'est-à-dire la jonction anatomique et fonctionnelle directe entre l'os vivant remanié et la surface de l'implant mis en charge, devient le principe directeur de l'implantologie moderne.

La mise en place d'implants endo-osseux suppose donc de disposer d'un volume osseux suffisant, et les praticiens implantologistes se sont rapidement retrouvés confrontés à des situations où le volume osseux disponible au niveau de l'édentement rendait impossible la pose d'un implant permettant une réhabilitation prothétique acceptable.

Deux possibilités s'offrent alors au praticien :

- Placer malgré tout un implant en utilisant le volume osseux disponible, au risque d'obtenir un résultat non acceptable sur le plan esthétique et fonctionnel. Dans cette situation le traitement devra être considéré comme un échec.
- Modifier la morphologie osseuse du site devant être implanté, afin de pouvoir positionner la fixture dans la meilleure situation possible.

De toute évidence, la seule alternative acceptable est celle qui permet de réhabiliter au mieux les fonctions masticatoires et l'esthétique du sourire du patient, en plaçant l'implant en fonction des impératifs prothétiques.

Les praticiens ont donc été amenés à développer des techniques permettant d'obtenir le volume osseux nécessaire à la pose d'un implant.

La régénération osseuse guidée (R.O.G) est une thérapeutique qui va permettre de promouvoir la formation osseuse dans des défauts, et ce lors des phases pré-, per- et post implantaires.

En pré-implantaire : En présence d'un défaut osseux ne permettant pas la stabilisation primaire de l'implant, le praticien pourra choisir d'améliorer au préalable la morphologie osseuse par une R.O.G, puis il posera l'implant à l'issue du phénomène de cicatrisation.

En per-implantaire : Quand la stabilité primaire de l'implant peut être obtenue malgré la présence d'un défaut osseux, le praticien pourra mettre en place une R.O.G en même temps que la fixture, dans le but d'obtenir le comblement du défaut osseux péri-implantaire.

En post-implantaire : La R.O.G peut être employée autour d'un implant déjà ostéointégré, dans le but de régénérer des défauts osseux induits par une résorption péri-implantaire non contrôlée.

-Notre objectif sera de décrire les défauts osseux auxquels sont confrontés les praticiens, puis d'exposer les principes biologiques de la R.OG, avant d'étudier les matériaux mis en œuvre. Nous décrirons ensuite les indications de cette technique, puis nous proposerons un protocole chirurgical.

-Enfin, nous analyserons les facteurs responsables des échecs de la R.O.G, afin d'en exposer les contre-indications.

I-RESORPTION OSSEUSE ET DEFAUTS OSSEUX

-Le but des praticiens implantologistes est de poser les fixtures implantaires dans la meilleure situation pour la réalisation du projet prothétique. Ils se retrouvent fréquemment confrontés à un manque de tissu osseux dont la principale cause est la résorption osseuse post-extractionnelle.

-Une fois l'implant posé, le praticien peut se trouver confronté à des défauts osseux péri-implantaires, qu'il est important de pouvoir classer.

1. La résorption osseuse post-extractionnelle

1.1. Principe général

-Toute extraction dentaire entraîne une résorption osseuse, avec un processus de cicatrisation de la plaie alvéolaire de deuxième intention.

-Les étapes de la cicatrisation alvéolaire après extraction sont bien connues chez l'Homme, depuis les travaux de EULER, MEYER, et SIMPSON. (83)

-Les étapes de la cicatrisation alvéolaire sont les suivantes (90) :

➤ **Aussitôt après l'extraction**

-Le processus de cicatrisation post-extractionnelle se met en place immédiatement après l'avulsion de l'organe dentaire.

-Le sang envahit l'alvéole et coagule.

-Des thrombi obtèrent les brèches vasculaires.

-Un caillot se forme avec un réseau serré de fibrine (*stadium fibrinosum*).

-Lors de la phase d'inflammation aiguë des deux premiers jours, les polynucléaires et les fibroblastes envahissent le caillot.

➤ **Pendant la première semaine de cicatrisation**

-À la formation du caillot, succède celle d'un tissu de granulation. Les fibroblastes et les bourgeons capillaires apparaissent au début, dans la région du 1/3 apical de l'alvéole.

-À partir du quatrième jour, le nombre de fibroblastes augmente considérablement au sein du caillot qui se rétracte, tandis que l'épithélium gingival commence à proliférer au-dessus de lui.

-48 à 72 heures après l'extraction, le tissu de granulation remplace généralement le caillot.

-Des ostéoclastes commencent à résorber les crêtes alvéolaires, alors qu'au fond de l'alvéole apparaissent des ostéoblastes, et les premières couches de tissu ostéoïde.

➤ **Pendant la deuxième semaine de cicatrisation**

-Le tissu de granulation des bords de l'alvéole se transforme en tissu conjonctif jeune.

-Les nombreux fibroblastes engendrent les fibres de collagène et les autres éléments de la matrice extracellulaire.

-La résorption des bords externes de l'alvéole se poursuit, tandis que les zones gingivales marginales s'éversent.

➤ **Durant la troisième semaine de cicatrisation**

-Le reste du tissu de granulation se transforme en tissu conjonctif jeune, tandis que la néoformation osseuse, se traduisant par l'apparition de trabécules minéralisés dès le 24^e jour, se poursuit à partir du fond de l'alvéole, pour occuper les 2/3 de celle-ci au bout d'une quarantaine de jours.

-La fermeture épithéliale est effectuée 4 à 5 semaines après l'extraction, selon le diamètre de l'alvéole. La formation osseuse s'effectue par l'intermédiaire d'un os immature (*woven bone*) grossièrement fibrillaire.

-Au bout de 15 semaines, l'alvéole est comblée par du tissu osseux en plein remaniement, mais la nouvelle crête osseuse n'atteint jamais le niveau denté. Radiographiquement, le tissu osseux néoformé n'est visible qu'au bout de plusieurs semaines (6 mois environ).

-Ce nouveau tissu osseux qui comble une partie de l'alvéole à la fin de la cicatrisation doit, comme tout tissu osseux, se remodeler. Les facteurs locaux, essentiellement mécaniques, jouent un rôle prépondérant. Ainsi, la présence de dents naturelles antagonistes et/ou adjacentes, la prothèse fixée, amovible, ou le non appareillage sont autant de facteurs qui vont conditionner le remodelage osseux des sites d'extraction. La perte des dents entraîne, de toute façon, une résorption osseuse tridimensionnelle.

-La résorption est rapide pendant les 4 premiers mois, puis le processus se ralentit mais se maintient toute la vie ; la physiologie de cette résorption a été décrite par ATWOOD (4), CARLSSON (23) et TALLGREN (94).

-Cette résorption est décrite comme étant chronique, progressive, irréversible, et cumulative.

-Pour CRUM et ROONEY, la résorption au bout de 2 mois correspond à 50% de la résorption totale moyenne. Alors que pour CARLSSON et PERSSON, il faut 12 mois pour atteindre 50% de la résorption totale.

-L'importance de cette résorption osseuse dépend de facteurs locaux et de facteurs généraux

1.2. Facteurs influençant la résorption osseuse post extractionnelle

1.2.1. Pathologies générales

- Troubles métaboliques
- Troubles endocriniens (hormones jouant un rôle dans le métabolisme du calcium : hormones thyroïdiennes, parathyroïdiennes, surrénaliennes)
- Ostéoporose
- Carence vitaminique (A, C, D)

1.2.2. Processus traumatiques

- Une fracture accidentelle d'une table osseuse alvéolaire va ralentir la cicatrisation et augmenter la résorption post-extractionnelle.
- La réalisation d'une alvéolectomie lors de l'avulsion d'une dent va également augmenter la résorption osseuse.

1.2.3. Processus infectieux

- Parodontopathie entraînant une lyse alvéolaire
- Présence de granulomes ou de kystes.

1.2.4. Intensité et fréquence des forces exercées

- Intensités des forces (loi de BOSE)

-Si la force exercée sur le tissu osseux est excessive ou très faible, on observe une ostéolyse.

-Si la force exercée est modérée en intensité, on observe un maintien des structures osseuses.

- Fréquence des efforts appliqués (loi de JORES)

-Si on maintient une pression continue, ou discontinue avec des intervalles de repos court, sur le tissu osseux, on observe une ostéolyse.

-Si la pression exercée sur le tissu osseux est discontinue avec des intervalles de repos prolongés, l'ostéogenèse est favorisée.

1.2.5. Vascularisation (Loi de LERICHE)

-Une hypovascularisation ou une hypervascularisation du tissu osseux augmentent la résorption.

1.3. Résorption au maxillaire et à la mandibule

1.3.1. Au maxillaire

-La résorption de l'os maxillaire associe une résorption dans le sens vertical et dans le sens transversal, plus marquée en vestibulaire (résorption centripète) (5)

-L'une des conséquences de la résorption maxillaire est la diminution du volume osseux disponible sous les cavités sinusiennes.

1.3.2. A la mandibule

-La résorption a une direction opposée à celle observée au maxillaire : elle est plus rapide en lingual (résorption centrifuge). (5)

-La résorption verticale de la mandibule rapproche le nerf alvéolaire du rebord crestal, ce qui limite la hauteur d'os disponible pour une implantation.

-La direction opposée de la résorption maxillaire et mandibulaire va dégrader la relation occlusale et compliquer la réhabilitation prothétique.

1.4. Classification du volume osseux disponible

Le volume osseux disponible est à étudier en hauteur, dans le sens mésio-distal et dans le sens vestibulo-lingual ou palatin.

1.4.1. Dimension verticale

LEKHOLM et ZARB ont proposé en 1985 (58) une classification de la résorption osseuse dans le sens vertical, en distinguant les 5 types suivants :

-Type A : persistance en grande partie de la crête alvéolaire

-Type B : résorption modérée de la crête alvéolaire

-Type C : résorption totale de la crête alvéolaire

-Type D : résorption basale

-Type E : résorption basale extrême

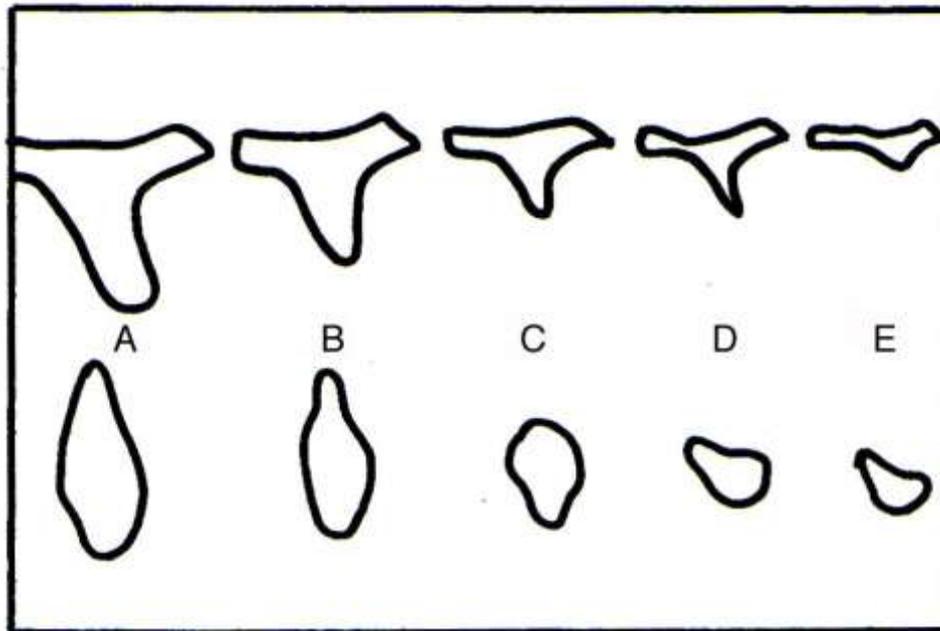


Figure 1: Classification de la résorption osseuse verticale (d'après LEKHOLM et ZARB).

1.4.2. Sens mésio-distal (longueur)

Cette dimension correspond à la longueur de l'édentement, qui est lié au nombre de dents manquantes.

1.4.3. Sens vestibulo-lingual ou palatin

La largeur de la crête osseuse résiduelle est susceptible de limiter les possibilités d'implantation du site. Elle correspond au nombre de parois osseuses résiduelles (1, 2, 3, ou 4).

2. Classification des lésions osseuses

En fonction de ces 3 dimensions, 3 types de défauts sont définis selon GARDELLA et RENOARD (38)

- Lésion de classe I : ces lésions correspondent à la fermeture des lésions alvéolaires et sont caractérisées par :

- Une composante mésio-distale limitée à 1 ou 2 dents
- Une composante vestibulo-linguale ou palatine constituée par 3 ou 4 parois osseuses
- Une composante verticale parfois importante (A, B, C, D)

-Les lésions de type I ne permettent pas la stabilisation primaire des implants, mais possèdent un potentiel cellulaire important. La morphologie du défaut est souvent propice à la fixation d'une membrane sous laquelle il sera relativement aisé de maintenir un espace.

➤ Lésion de classe II : Ces lésions correspondent à la correction des crêtes en forme de lame de couteau nécessitant une reconstruction osseuse transversale et/ou verticale et sont donc caractérisées par :

- Une composante mésio-distale étendue à 2, 3, ou 4 dents
- Une composante vestibulo-linguale ou palatine limitée à une ou deux parois osseuses
- Une composante verticale de type B ou C

-Ces lésions ne permettent pas la stabilisation primaire des implants, et le potentiel cellulaire est très réduit du fait du faible nombre de parois osseuses.

Pour corriger ces défauts, il faut augmenter le volume osseux latéralement à la crête résiduelle, ce qui présente une difficulté importante : plus la dimension mésio-distale de la lésion est importante, plus l'espacement de la membrane est difficile à obtenir.

➤ Lésion de classe III : Ces lésions sont de petite étendue et concernent les crêtes osseuses modérément résorbées. Elles sont caractérisées par :

- Une composante mésio-distale variable (à une ou plusieurs dents)
- Une composante vestibulo-linguale ou palatine constituée de 2, 4, ou 4 parois
- Une composante verticale réduite (A, B).

-Ces lésions permettent d'obtenir la stabilité primaire d'un implant, mais nécessitent une reconstruction péri-implantaire.

3. Défauts osseux associés aux implants

-Les défauts osseux associés aux implants sont de morphologies variées et difficiles à systématiser.

On peut distinguer :

- Les déhiscences péri-implantaires
- Les fenestrations péri-implantaires
- Les défauts osseux secondaires à une péri-implantite
- Les défauts osseux liés à une implantation immédiate dans un site d'extraction, pouvant entraîner l'exposition de plusieurs spires de l'implant.

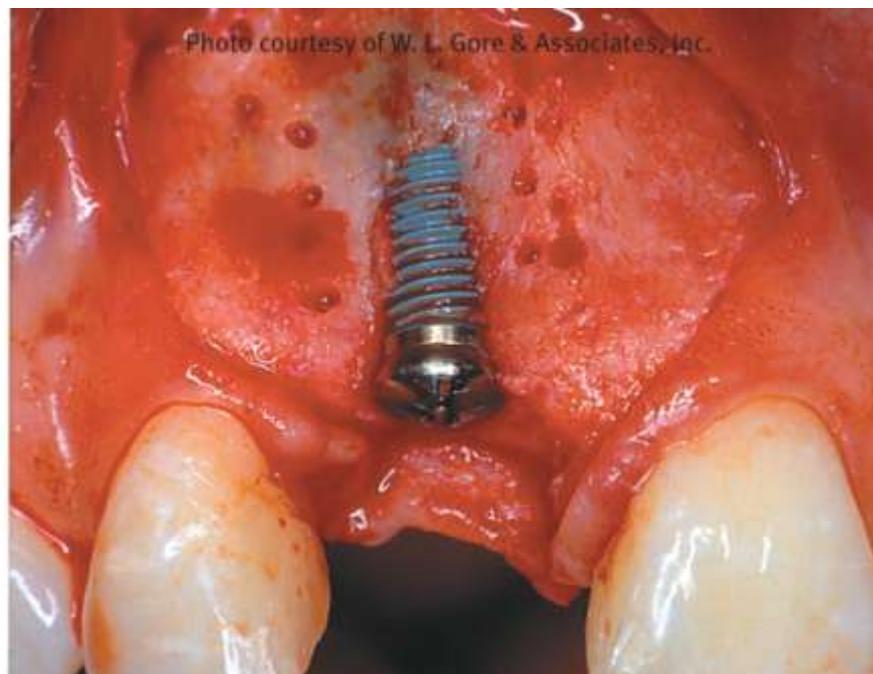


Figure 2: Exemple de déhiscence péri-implantaire (d'après plaquette publicitaire Gore-tex®)

2-PRINCIPES BIOLOGIQUES DE LA REGENERATION

OSSEUSE GUIDEE

Après une extraction dentaire, il se produit une prolifération des tissus épithéliaux et conjonctifs à l'intérieur de l'alvéole, qui va limiter la régénération osseuse et va provoquer une résorption des bords osseux résiduels.

-Ceci s'explique par le fait que le cycle de renouvellement des cellules épithéliales et conjonctives est plus rapide que celui des ostéoblastes (6 à 12 jours contre 4 à 6 mois).

-Le phénomène est illustré par MELCHER (65) : lors de la cicatrisation, la nature du tissu obtenu correspond au tissu qui a pu envahir la zone le premier.

- Le principe de la régénération osseuse guidée est issu de celui de la régénération tissulaire guidée (R.T.G). En R.T.G, le but est de reconstruire à l'identique les structures parodontales détruites, en évitant l'apparition d'un long épithélium de jonction. Ce long épithélium de jonction est le résultat de la cicatrisation des lésions parodontales après traitement : les cellules épithéliales et conjonctives se développant plus vite que les cellules osseuses et ligamentaires, elles viennent s'interposer entre la racine et le tissu osseux néoformé, empêchant la formation d'une nouvelle attache entre le ciment et l'os néoformé. En interposant une membrane entre ces cellules concurrentes, on crée un espace dans lequel la régénération ligamentaire, cémentaire et osseuse pourra s'opérer sans compétition avec les cellules épithéliales et conjonctives.

-En R.O.G le principe est le même : on cherche à isoler mécaniquement par une membrane un défaut osseux existant suite à une extraction ou à une pose d'implant, afin de maintenir un espace entre la surface osseuse ou implantaire et les tissus mous environnants.

-Cet espace protégé permettra la protection du caillot sanguin et éventuellement du matériau de comblement, qui pourront être recolonisés par les cellules osseuses, sans qu'elles entrent en compétition avec les cellules épithéliales et conjonctives.

-Cet espace protégé permettra en outre l'accumulation locale de facteurs de croissance ou de substances ostéoformatrices.

1. Historique

-Dès les années 1960, des études montrent qu'en isolant mécaniquement des défauts osseux expérimentalement créés sur des animaux vivants, on obtenait une néoformation osseuse, au contraire si le défaut osseux n'était pas isolé mécaniquement, il était envahi par un tissu conjonctif dense. (60)

-Par la suite, des études de DALHIN et coll. (1989) (29) et de BECKER et coll. (1990) (9) appliqueront les principes de la régénération tissulaire guidée au traitement des défauts osseux se trouvant autour d'implants. Ces études montrent que la mise en place d'une membrane protégeant un défaut osseux péri-implantaire permettait d'obtenir une régénération osseuse meilleure par rapport aux cas où aucune membrane n'est mise en place.

2. Mécanisme d'action de la ROG

2.1 Protection du caillot

La membrane assure une protection mécanique du caillot, et va permettre d'éviter toute contrainte qui pourrait compromettre le phénomène de cicatrisation osseuse (81).

2.2 Sélectivité cellulaire

Par la barrière physique qu'elle constitue, la membrane va empêcher l'invasion du défaut osseux par des cellules non ostéogéniques.

➤ exclusion des cellules épithéliales (31)

La membrane doit être correctement ajustée : elle doit recouvrir la totalité du défaut osseux, et reposer sur les berges du défaut en les recouvrant sur 2 mm. Le lambeau doit être suturé bord à bord, permettant ainsi une cicatrisation de première intention. Les tracés d'incision doivent se situer à distance des bords de la membrane afin d'éviter toute action traumatique.

Dans ces conditions, l'invasion épithéliale du caillot est très limitée, et reste sans conséquences.

➤ exclusion des cellules fibroblastiques

Expérimentalement, il est démontré que la production de tissu osseux par des cultures d'ostéoblastes est inhibée par l'adjonction de fibroblastes dans le milieu de culture (73).

Le mécanisme de cette inhibition est double :

- Par contact de cellule à cellule
- Par l'intermédiaire d'un facteur de croissance sécrété par les cellules fibroblastiques

La membrane empêche donc cette inhibition de l'activité des cellules ostéoïdes en empêchant l'invasion du caillot par les fibroblastes gingivaux.

3. Cicatrisation osseuse sous la membrane

Une fois la membrane mise en place, le caillot sanguin va s'ossifier peu à peu, pour obtenir un os néoformé qui va s'organiser et se densifier.

La formation de cet os va se dérouler en quatre phases (6):

➤ Phase d'inflammation (de 0 à 48 h)

La chirurgie entraîne une inflammation qui va permettre un nettoyage de la zone, et la formation d'un caillot, dans lequel des cellules conjonctives en provenance du site osseux vont former une trame protéique.

➤ Phase de formation du cal fibreux (de 48 h à la 3e semaine)

Durant cette phase, on observe une prolifération fibroblastique sur la trame protéique qui va transformer le caillot en tissu fibreux

➤ Phase de formation du cal osseux primaire (de la 4e semaine à la fin du 3e mois)

Il va y avoir ossification progressive du cal fibreux, grâce à la prolifération ostéoblastique à partir des sources osseuses : périoste et endoste

L'os formé est de l'os primaire qui est peu organisé.

➤ Phase de remaniement du cal osseux primaire (à partir du 4e mois)

Il va y avoir un remaniement de l'os primaire, qui permettra d'obtenir un os cortical et un os trabéculaire identiques à l'os entourant la lésion.

4. Influence des facteurs de croissance

4.1 Définition

-L'utilisation de facteurs de croissance dans le but d'augmenter l'efficacité de la régénération osseuse guidée est une idée séduisante. En effet, certains de ces facteurs ont la capacité d'augmenter le nombre de cellules synthétisant de l'os et la quantité de matrice osseuse déposée par ces cellules.

-Le rôle de chaque facteur de croissance dans la régénération osseuse guidée ainsi que les mécanismes d'action ne sont pas encore parfaitement connus.

-Dans le cadre de la régénération osseuse guidée, on peut définir les facteurs de croissance comme étant l'ensemble des molécules solubles injectées seules ou délivrées par un biomatériau, ayant pour but de :

- Stimuler la division cellulaire des cellules voisines, afin qu'elles combler le défaut osseux. On distingue alors 2 catégories de facteurs de croissance :
 - Les facteurs de compétence rendant les cellules compétentes pour la mitose (passage de la phase de quiescence G0 à la phase G1)
 - Les facteurs de progression nécessaires pour induire cette mitose.
- Encourager la différenciation de cellules souches de manière spécifique ; il s'agit des facteurs de différenciation
- Stimuler l'angiogénèse
- Servir de facteurs chimiotactiques pour certaines cellules spécifiques

-Les facteurs de croissance sont des protéines naturelles de poids moléculaire peu élevé (6 à 30 kDa)

-Les cellules cibles possèdent des récepteurs spécifiques. Une transduction transmembranaire du signal va permettre la réception du message biochimique par cette cellule cible.

-L'action de ces facteurs de croissance peut être endocrine, paracrine, ou autocrine.

-Lors du phénomène cicatriciel, il se produit une véritable cascade biochimique, chaque cellule se succédant sécrétant de nouveaux facteurs identiques ou différents.

4.2 Actions de quelques facteurs de croissance

Il existe de nombreuses études concernant l'effet d'un facteur de croissance donné ou de plusieurs facteurs associés sur la régénération osseuse guidée. Ces différentes études, réalisées *in vitro* ou *in vivo*, donnent souvent des résultats contradictoires :

➤ Platelet-derived growth factor (PDGF)

-C'est une glycoprotéine de 30 kDa, dont le rôle dans le métabolisme osseux est encore ambigu : dans certaines études il semble promouvoir la régénération osseuse, dans d'autres études il apparaît avoir un rôle négatif sur la synthèse osseuse.

-In vitro, les résultats sont contradictoires : pour certains auteurs le PDGF stimule la multiplication (91) et la migration des ostéoblastes (59), pour d'autres les effets sont défavorables, avec une multiplication des ostéoclastes ou une inhibition de la formation de la matrice extracellulaire (41).

-In vivo, les effets sont plutôt favorables avec une stimulation de l'ostéogenèse (57) et une augmentation de la densité du squelette chez le rat. (67).

➤ Transforming growth factor (TGF)

C'est une superfamille de facteurs de croissance et de différenciation. Elle comprend notamment les TGF α et les TGF β , ainsi que les BMP (bone morphogenetic protein)

-Le TGF β semble avoir une action positive sur la régénération osseuse :

-In vitro : Stimulation de la multiplication des cellules souches (61) et de leur différenciation en ostéoblastes (16)

-In vivo : Accélération de la régénération osseuse et de l'ostéotransduction du phosphate de calcium chez le rat (17) et amélioration de la régénération de défauts osseux chez le lapin (43)

➤ Bone morphogenetic protein (BMP)

-Les BMP sont des protéines non collagéniques de la matrice osseuse, qui représentent 10% des protéines totales de l'os, le reste des protéines étant collagéniques. Elles jouent un rôle primordial dans le développement embryologique des os, car elles dirigent la différenciation cellulaire. Elles sont classées de BMP-1 à BMP-13.

-Elles sont capables d'induire la formation de tissu osseux à partir d'un tissu d'origine mésenchymateuse, par ossification enchondrale ou membraneuse.

De nombreuses études réalisées *in vitro* et *in vivo* montrent que les BMP ont une influence sur de nombreux types cellulaires (cellules nerveuses, cellules mésenchymateuses notamment).

-Les études sur ces facteurs sont nombreuses et concernent plus particulièrement BMP-2 et BMP-7.

In vitro :- La concentration en BMP-2 modifie la différenciation des cellules mésenchymateuses en adipocytes, chondrocytes, ou ostéoblastes de manière dose-dépendante (100).

-La BMP-2 semble également stimuler la prolifération et l'adhésion des ostéoblastes (85).

In vivo :-Stimulation de l'angiogenèse (93) et propriétés osteoinductrices démontrées (86).

-Des études concernant plus particulièrement la régénération osseuse guidée en phase pré-implantaire et per-implantaire ont démontré une meilleure cicatrisation des défauts osseux en présence de BMP-2 (45, 104).

➤ Insulin-like growth factor (IGF)

Les IGF constituent une famille de facteurs de croissance ayant 49% d'homologie avec la pro-insuline et des similarités biochimiques et fonctionnelles avec l'insuline (77).

In vitro : l'IGF augmente la synthèse d'ADN des ostéoblastes et la formation de la matrice osseuse (42).

➤ Fibroblast growth factor (FGF)

Ces facteurs ont la capacité de promouvoir la croissance des fibroblastes. En effet ils stimulent les cellules quiescentes (en phase G0) pour qu'elles rentrent dans le cycle cellulaire (en phase G1).

➤ Hepatocyte growth factor (HGF)

In vitro ce facteur de croissance semble accélérer la croissance des ostéoblastes humains (105).

D'autres études *in vivo* ont démontré que la prostaglandine E1, l'interleukine 4 (51) et l'HGF stimulent la croissance osseuse.

4.3 Action des facteurs de croissance associés

-Les différentes études portant sur l'association de facteurs de croissance *in vivo* montrent à quel point il est difficile d'appréhender l'action de ces différents facteurs de croissance, d'autant plus quand ils sont mélangés.

-D'une manière générale, les facteurs de croissance ont tendance à potentialiser leurs effets.

4.4 Utilisation du PRP

-Les plaquettes sanguines présentent la particularité de contenir de nombreux facteurs de croissance, d'où l'idée de produire un plasma riche en plaquette (platelet rich plasma ou PRP), à partir d'un prélèvement sanguin du patient.

-Ce plasma d'origine autogène peut être mis en place sur le site osseux à régénérer, apportant ainsi une haute concentration plaquettaire et donc une grande quantité de facteurs de croissance.

-On peut fabriquer environ 6 ml de PRP à partir de 60 ml de sang, la technique étant applicable en ambulatoire.

➤ Principe

-Les plaquettes sont des cellules anucléées, qui contiennent dans des granules cytoplasmiques de nombreux facteurs de croissance, notamment : PDGF, VEGF, TGF β , IGF I et II.

-On obtient le PRP par centrifugation. La concentration en plaquette dans le PRP est 300% supérieure à la concentration plaquettaire du sang.

-Les facteurs de croissance seront libérés par les plaquettes en 3 à 5 jours, l'activité des facteurs, est effective durant 7 jours environ.

-C'est pourquoi il est préférable de faire préparer le PRP au moment de l'intervention, mais il est cependant possible de le faire préparer à l'avance en laboratoire, pourvu qu'il puisse être utilisé dans les 6 heures suivantes (52). La législation française impose que le prélèvement soit réalisé au cabinet dentaire afin d'éviter d'éventuelles erreurs dans les transferts et dans l'utilisation de ce produit sanguin.

-Le PRP favorise l'hémostase et contient d'autres éléments qui vont potentialiser la régénération osseuse :

- Leucocytes: ils diminuent le risque d'infection post-opératoire.
- Un réseau de fibrine qui va jouer un rôle de mainteneur d'espace et permettre la prolifération et la migration des cellules ostéoïdes.

➤ Mode de préparation du PRP

-Le sang est prélevé dans un tube contenant du citrate de sodium (solution anticoagulante).

-Le prélèvement est placé dans une centrifugeuse qui permet d'obtenir 3 fractions :

- Le plasma riche en plaquettes
- Le plasma pauvre en plaquettes
- Les cellules rouges

-La centrifugation doit être adaptée pour ne pas provoquer la destruction des membranes cytoplasmiques des plaquettes.

-L'utilisation du gel de PRP nécessite d'initier le processus de coagulation : on utilise du chlorure de calcium à 10% pour contrer l'effet du citrate de sodium, puis on ajoute de la thrombine bovine.

-La thrombine a pour effet d'activer les plaquettes du PRP qui vont sécréter par exocytose de nombreux facteurs de croissance, et vont initier la formation du caillot de fibrine.

-Le PRP se présente alors sous la forme d'un gel qui pourra être mélangé au matériau de greffe avant sa mise en place.

➤ Applications du PRP

L'utilisation du PRP permet :

- L'amélioration de l'hémostase
- De faciliter le modelage et la mise en place du matériau de greffe, en effet il améliore l'adhésion entre les grains du matériau. Il peut être utilisé avec de nombreux matériaux de comblement : matériau alloplastique, matériau xénogénique, os autogène.
- D'induire la maturation osseuse et de permettre l'augmentation de la densité osseuse. Cette propriété du PRP est encore discutée, en effet les études menées sur le PRP sont souvent des rapports de cas, ou portent sur très peu de patients (107), et les études randomisées conduites sur le sujet sont encore rares. (79)

-Une étude *in vivo* menée sur la régénération de défauts osseux péri-implantaires associant DFDB et PRP a montré une faible amélioration du potentiel de régénération par rapport au DFDB utilisé seul (78).

D'autres recherches doivent être menées, afin de vérifier si l'utilisation du PRP est susceptible de réellement apporter une amélioration des techniques de régénération osseuse guidée.

4.5 Utilisation du PRF (Platelet rich fibrin)

-Le PRF est préparé sans apport d'anticoagulant, et il n'est donc pas nécessaire d'ajouter de la thrombine bovine afin d'activer les plaquettes. La mise en œuvre du PRF est donc plus simple

car il se prépare uniquement avec le sang du patient, et présente une plus grande sécurité car aucun produit d'origine animale n'est utilisé (pas de risque de contamination par les prions).

➤ Mode de préparation du PRF

Le sang est prélevé dans des tubes ne présentant aucun additif. Les tubes sont passés dans une centrifugeuse et on obtient 3 fractions :

- En bas, les globules rouges
- En haut, le plasma pauvre en plaquette (PPP)
- Entre les deux, le PRF

-Le PRF, formant un caillot, peut alors être prélevé.

Il contient :

- L'intégralité des plaquettes et des leucocytes du prélèvement sanguin
- De la fibronectine
- Les facteurs de croissance contenus dans les plaquettes : PDGF, TGF β , IGF...

➤ Applications du PRF

Comme le PRP, le PRF permet (15) :

- L'hémostase
- De relier entre eux les grains du matériau de comblement, facilitant ainsi sa mise en place.
- D'accélérer la cicatrisation des tissus et de permettre une fermeture plus rapide de la plaie chirurgicale.
- Le PRF peut être utilisé sous la forme d'une membrane, obtenue par compression du caillot de fibrine entre deux compresses. La membrane obtenue peut être mise en place au dessus de la membrane de ROG, permettant ainsi une cicatrisation accélérée des tissus gingivaux.
- D'accélérer la maturation et l'augmentation de la densité osseuse. Cette propriété est encore discutée, car peu d'études apportent la preuve de cette propriété du PRF.

-Pour certains auteurs, le PRF mélangé au matériau de comblement permet d'obtenir un greffon minéralisé en seulement 3 mois (26).

-Une étude menée en 2006 montre une maturation osseuse plus rapide (4 mois au lieu de 8 mois) sur les sites traités à l'aide de DFDB + PRF par rapport aux sites traités à l'aide de DFDB seul, lors de soulèvements de sinus (26).

-Ces études sont souvent des rapports de cas ou portent sur un petit nombre de patient ; parfois le protocole établi est discutable. C'est pourquoi d'autres études à plus large échelle, et respectant un protocole rigoureux devront être menées à l'avenir pour valider cette propriété du PRF.

-La mise en œuvre du PRF est plus simple, car elle ne nécessite pas l'addition de produits complémentaires. Se pose malgré tout le problème du prélèvement sanguin, qui doit être réalisé par une infirmière ou un médecin, ce qui complique la mise en œuvre éventuelle de la technique au cabinet dentaire. Il subsiste un vide juridique dans le domaine, mais il semblerait que l'on s'oriente vers une autorisation des prélèvements sanguins par les chirurgiens-dentistes sous réserve que ceux-ci justifient d'une formation adéquate.

5. Conditions de succès de la R.O.G

5.1 Age du patient

-Le vieillissement du patient entraînant une altération de la capacité de cicatrisation des tissus et du potentiel cellulaire, la régénération osseuse guidée est plus efficace chez les patients jeunes que chez les patients plus âgés.

5.2 Stabilité primaire de l'implant

-La stabilité primaire d'un implant est une condition indispensable au processus d'ostéointégration (14). Une thérapeutique de régénération osseuse guidée ne doit pas être

mise en place sur un implant ne présentant pas de stabilité primaire, car elle serait vouée à l'échec.

5.3 Qualité du site osseux

➤ Cellularité du site

L'élaboration de la trame osseuse et sa minéralisation sont liées à l'envahissement du site par les ostéoblastes. La présence de cellules ostéoprogénitrices à proximité de la zone à régénérer est donc indispensable.

Il est aisé de comprendre que plus le défaut osseux présentera de parois, plus son potentiel de réparation sera important. Un défaut osseux à 4 parois a donc un meilleur pronostic de régénération qu'un défaut à 2 parois.

De même un os corticalisé, pauvre en cellules et peu vascularisé va présenter un potentiel de régénération moins bon qu'un os trabéculaire.

➤ Vascularisation du site

L'apport de nutriments et d'oxygène est primordial pour permettre une bonne croissance osseuse.

En R.O.G, la vascularisation sous la membrane ne provient que du site osseux, aucune néovascularisation provenant du tissu épithélio-conjonctif n'étant possible.

Le site osseux doit donc présenter une excellente vascularisation pour permettre la formation d'un caillot de bonne qualité.

Certains auteurs recommandent de réaliser à l'aide d'une fraise fissure, des perforations de la corticale externe afin d'améliorer la vascularisation du site (46), et de permettre une stimulation de l'endoste.

5.4 Fermeture primaire du site

-Afin d'éviter toute contamination de la membrane, il convient d'obtenir une fermeture bord à bord des berges de la plaie chirurgicale, afin de permettre une cicatrisation de première intention.

-Les tracés d'incision doivent permettre une bonne vascularisation du lambeau, car celui-ci repose directement sur la membrane et ne bénéficie pas d'apport vasculaire des tissus sous-jacents. Les incisions doivent se situer à distance des bords de la membrane.

-La découpe de la membrane doit présenter des bords arrondis, afin qu'elle soit le plus atraumatique possible pour les tissus mous sus-jacents.

-Les sutures doivent être réalisées sans tensions car celles-ci compromettraient la vascularisation du lambeau.

-Le mode de temporisation prothétique doit être adapté, afin qu'aucune pression ne soit exercée sur le site durant la phase de cicatrisation.

5.5 Immobilisation de la membrane et maintien de l'espace sous la membrane

➤ Immobilisation de la membrane

-Pour qu'il y ait formation d'os et apparition d'une néo-vascularisation, il est nécessaire d'obtenir une immobilisation totale du caillot et donc de la membrane sus-jacente.

-Si des mouvements supérieurs à 15 μm surviennent, il y aura formation de tissus fibreux et osseux.

-Si les mouvements sont supérieurs à 150 μm , il n'y a plus de formation osseuse mais uniquement formation de tissu fibreux (36, 103).

-On comprend alors l'importance d'une parfaite adaptation de la membrane aux berges du défaut, qui peut être complétée par l'utilisation de dispositifs de fixation (système Mincro®, par exemple), par la suture de la membrane au périoste à l'aide de fils résorbables, ou par l'immobilisation de la membrane à l'aide de la vis de cicatrisation de l'implant.

-Ces dispositifs de fixation et de maintien de l'espace seront détaillés dans la partie 3.

➤ Maintien de l'espace sous la membrane

-La mise en place de la membrane doit obligatoirement créer un espace entre elle et le tissu osseux. C'est dans cet espace clos que l'on souhaite observer une néoformation osseuse, s'il n'est pas préservé, aucune régénération n'est possible (84).

-Certains défauts osseux, parce qu'ils présentent une morphologie peu favorable (2 ou 3 parois), ou parce qu'ils sont volumineux, ne vont pas créer naturellement un espace. Il sera donc nécessaire de mettre en œuvre des matériaux qui vont permettre de créer un espace sous la membrane, et de le maintenir tout au long de la cicatrisation osseuse, en résistant aux pressions qui auront tendance à provoquer l'affaissement de la membrane. Les matériaux utilisés doivent permettre de réaliser un « effet tente » :

-Membrane présentant une rigidité suffisante (membrane GTAM-TR®, membrane titane)

-Dispositifs de maintien de l'espace : vis chirurgicales, maintien de la membrane par la vis de cicatrisation, utilisation de biomatériaux (ces systèmes seront évoqués dans la partie 3).

3-MATERIAUX UTILISES EN R.O.G

1. Les membranes

-Les membranes utilisées en R.O.G doivent respecter certaines exigences afin d'en respecter les principes biologiques.

-On distingue d'une part les membranes non résorbables, qui doivent être déposées à la fin du processus de régénération osseuse, et d'autre part les membranes résorbables apparues plus récemment.

1.1 Cahier des charges

- Biocompatibilité : La membrane ne doit pas entraîner de réponse immunitaire ni de processus inflammatoire qui pourrait présenter un risque pour le patient, et compromettre le phénomène de régénération osseuse.
- Innocuité : La membrane doit être stérile, et ne doit pas présenter de risque de transmission de germes pathogènes aux patients
- Rôle de barrière : La membrane doit être occlusive, c'est-à-dire imperméable aux cellules (notamment conjonctives et épithéliales), mais perméable aux fluides et aux nutriments.
- Maintien de l'espace : la membrane doit être suffisamment rigide pour permettre de maintenir un espace dans lequel se déroulera la régénération osseuse. Elle ne doit pas s'effondrer dans le défaut osseux.
- Stabilité : la membrane doit maintenir sa structure pendant au moins 4 mois afin de permettre la maturation de la matrice osseuse.
- Facilité de mise en œuvre : La membrane doit être d'utilisation aisée, facile à mettre en forme, à manier, à placer.

1.2 Les membranes non résorbables

-Les premières membranes utilisées furent les filtres millipores, constitués d'acétate de cellulose (7, 19).

-Les premières expériences de régénération tissulaire guidée furent menées par NYMANN en utilisant ces membranes. En raison de réactions toxiques lors de certaines expériences (39), elles furent abandonnées.

Deux grands types de membranes non résorbables sont utilisés actuellement :

- Les membranes en polytétrafluoroéthylène expansé (PTFE-e)
- Les membranes en titane.

1.2.1 Les membranes en PTFE-e

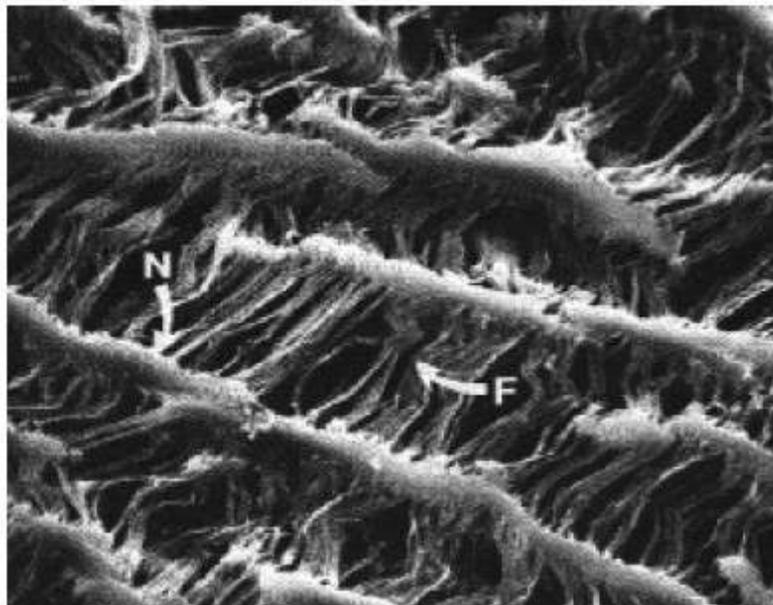


Figure 3: Membrane en PTFE-e vue au MEB (d'après www.gore.com)

-Ce matériau bénéficie d'un grand recul clinique : le PTFE-e est utilisé depuis les années 1970 en chirurgie vasculaire (sous forme de patches et de prothèses vasculaires), et en chirurgie orthopédique (prothèse ligamentaire ou renfort de ligamentoplastie).

Le PTFE-e est un matériau :

- Biocompatible : les réactions inflammatoires liées au matériau sont très rares.
- Inerte et non résorbable : le matériau doit être déposé lors d'une seconde intervention environ 6 mois après sa mise en place (en R.O.G).
- Relativement rigide : sous forme de membrane, il permet dans la plupart des cas de maintenir l'espace nécessaire à la ROG, mais permet malgré tout une bonne adaptation aux berges du défaut.
- Lors de la fabrication du matériau, on peut en contrôler la porosité, la pureté, la résistance, la flexibilité, afin d'adapter les caractéristiques du matériau à son utilisation.

-La membrane doit être déposée à la fin du processus de régénération. C'est une étape délicate car elle est souvent bien intégrée aux tissus et son retrait nécessite une dissection prudente et fine.

-Depuis la fin des années 1980, et les études publiées par DALHIN (28) puis par JOVANOVIC (50) et enfin WACHTEL (99), l'efficacité des membranes en PTFE-e dans la régénération osseuse péri-implantaire est établie.

Ces membranes peuvent donc être considérées comme un matériau de référence en régénération osseuse guidée

Exemple : La membrane GTAM® (Gore Tex Augmentation Material)



Figure 4 : Membrane GTAM en place, fixée par deux vis (d'après dentalespace.com)

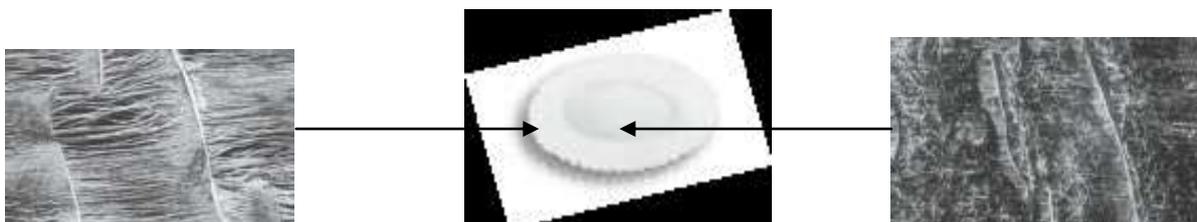
Courtoisie du Dr Raphael BETTACH.

-C'est la membrane de référence en R.O.G, elle est constituée de PTFE-e dont la porosité est adaptée afin de laisser passer les liquides, mais de bloquer le passage des cellules.

-Ainsi elle permet l'exclusion des cellules épithéliales et conjonctives du défaut osseux recouvert, au profit des cellules ostéogéniques qui peuvent se développer sans compétition.

-La membrane GTAM est constituée de deux parties :

- La partie centrale est plus rigide pour permettre de maintenir un espace suffisant au-dessus du défaut osseux (30). La porosité est inférieure à celle de la partie externe de la membrane, pour éviter toute pénétration cellulaire et pour réduire l'accumulation de plaque dentaire en cas d'exposition de la membrane.
- La partie externe est plus souple afin de permettre une parfaite adaptation de la membrane aux berges du défaut osseux.



Partie externe à microstructure plus ouverte

partie centrale plus occlusive

Figure 5 : Les deux parties d'une membrane GTAM (d'après plaquette publicitaire GORE-TEX®)

La membrane GTAM renforcée au titane. (GTAM-TR®)



Figure 6 : Membrane GTAM-TR9W en place sur un défaut osseux de grande étendue (d'après dentalespace.com). Courtoisie du Dr Rapahel BETTACH.

-Cette membrane GTAM présente une structure de renfort en titane pur placée dans son épaisseur.

-Le rôle de cette structure en titane est de renforcer la rigidité de la membrane afin d'éviter son effondrement dans le défaut osseux. Cette membrane rend donc *a priori* inutiles les

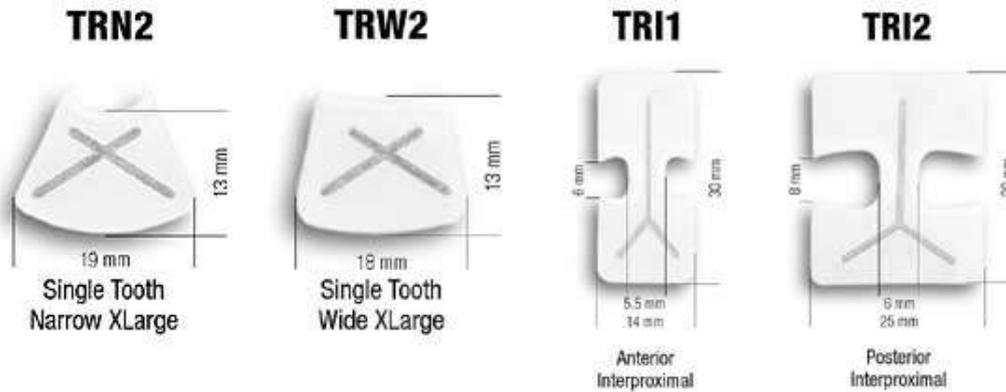
dispositifs visant à maintenir l'espace sous la membrane. Le renfort en titane permet également de plier et de façonner la membrane afin de l'adapter au mieux à la morphologie du défaut. Le praticien contrôle ainsi le volume osseux qu'il souhaite régénérer.

Ces membranes renforcées sont indiquées lorsque le défaut osseux est de grande étendue, ou si celui-ci ne crée pas naturellement d'espace. Par ailleurs elles peuvent être posées dans les zones où le jeu musculaire est important et risque d'entraîner l'effondrement de la membrane dans le défaut osseux.

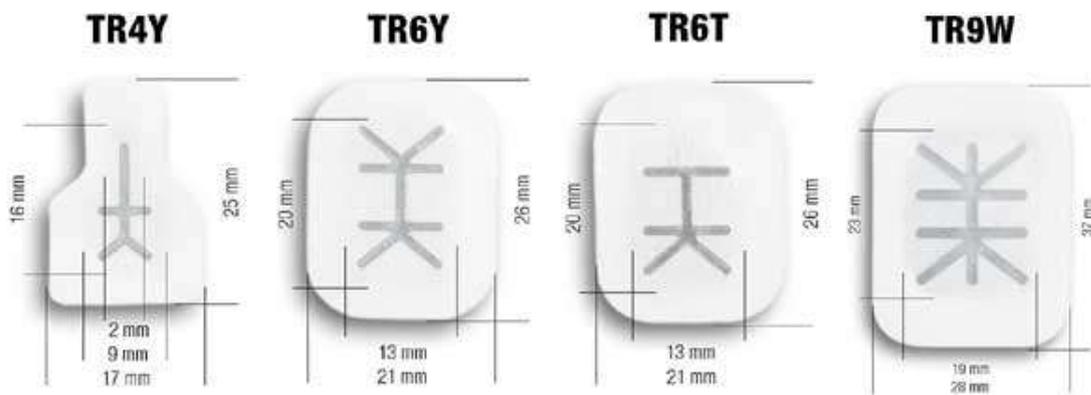
Elles existent en plusieurs dimensions et avec plusieurs formes de renforts, afin d'être adaptées au plus grand nombre de situations cliniques possibles. En R.O.G, les formes utilisées sont TR4Y, TR6Y, TR6T, et TR9W, qui sont conçues pour être entièrement enfouies sous le lambeau.

-Ces membranes peuvent être fixées à l'aide de vis pour éviter tout mouvement sous le lambeau.

TRANSGINGIVAL CONFIGURATIONS



SUBMERGED CONFIGURATIONS



DIMENSIONS SHOWN ARE NOMINAL, IMAGE NOT ACTUAL SIZE
SIZING AVAILABILITY AND PRICING VARIES BY COUNTRY. PLEASE CHECK WITH YOUR GORE REPRESENTATIVE FOR AVAILABILITY

Figure

7: Les différentes formes de membrane GTAM-TR (d'après documentation GORE-TEX®)

1.2.2 Les membranes en titane

-Afin de pallier au relatif manque de rigidité des membranes résorbables ou en PTFE-e, des membranes en titane ont été conçues. Ces membranes sont également non résorbables et doivent être déposées après environ 6 mois.

-Elles sont plus difficiles à manipuler.

-Ces membranes sont biocompatibles, et respectent le monométallisme (matériau identique à l'implant).

Elles peuvent être utilisées avec ou sans matériau de comblement.

La membrane Biotane® (SUDIMPLANT)

-D'une épaisseur de 50 à 75 µm, et d'un diamètre de 15 mm elle présente une bonne rigidité, qui permet *a priori* d'éviter d'avoir à placer un dispositif de maintien de l'espace.

-La membrane est fournie avec un patron en papier qui permet de l'adapter au mieux à la forme du défaut : le patron doit être découpé selon la forme requise et placé sur la membrane Biotane®, qui sera à son tour découpée à l'aide de ciseaux à gencive stériles, puis perforée à la dimension de la vis de couverture de l'implant, afin de permettre la stabilisation de la membrane.

-Les contours de la membrane doivent être alors brunis pour permettre une parfaite adaptation aux berges du défaut (idéalement la membrane doit déborder de 2 mm sur les berges du défaut osseux)

-Aucun angle vif ne doit apparaître sous peine de provoquer l'exposition de la membrane lors de la phase de cicatrisation.

-De même, le lambeau doit être bien vascularisé afin d'éviter l'exposition membranaire.

La membrane Frios Boneshield® (FRIADENT)

-Cette membrane en titane commercialement pur est pourvue de micropores lui donnant une rugosité de surface. Cette rugosité doit permettre une bonne adhérence du tissu conjonctif sur la face externe de la membrane permettant une meilleure stabilisation.

-Les résultats obtenus avec ces membranes en titane sont variables : étant totalement occlusive, la vascularisation du lambeau est plus difficile, surtout pour les défauts étendus.

-Le risque d'exposition membranaire est plus marqué, avec des conséquences néfastes pour le gain osseux (25). Certaines études rapportent un taux d'exposition membranaire de 50% avec ces membranes, cependant le gain osseux semble satisfaisant lorsque la membrane n'est pas exposée (97).

-D'autres auteurs avancent des résultats satisfaisants avec ces membranes, sans cependant mentionner le nombre de cas traités (11). Ces auteurs reconnaissent par ailleurs la difficulté de la gestion de la vascularisation du lambeau, et insistent sur la nécessité de parfaitement maîtriser la physiologie de la cicatrisation pour diminuer le risque d'exposition membranaire.



Figure 8 : Membrane en titane (d'après dentalespace.com) Courtoisie du Dr Raphaël BETTACH.

1.3 Les membranes résorbables

-Les membranes non résorbables présentent l'inconvénient de nécessiter un deuxième temps chirurgical afin de les déposer, d'où l'idée d'utiliser des membranes qui vont se résorber progressivement, rendant inutile toute réintervention.

-Ces membranes doivent présenter une durée de résorption suffisamment longue afin de permettre le phénomène de régénération osseuse.

-Ces membranes résorbables peuvent être constituées :

- Par du collagène : collagène de type I, d'origine bovine, porcine ou équine qui va être traité pour supprimer les agents infectieux (notamment les prions).
- Par des matériaux synthétiques : acide polylactique (PLA) ou acide polyglycolique (PGA), ou un mélange de ces deux matériaux.

-La biocompatibilité de ces deux matériaux est établie, mais une réaction inflammatoire des tissus adjacents peut survenir, plus particulièrement avec les matériaux synthétiques (60).

- La dégradation de ces matériaux se fait par hydrolyse.

-Les membranes résorbables présentent un manque de rigidité, qui rend plus difficile d'obtenir le maintien de l'espace.

1.3.1 Les treillis Vicryl®



Figure 9 : Treillis Vicryl® mis en place sur un site d'extraction (d'après dentalespace.com).

Courtoisie du Dr Raphaël BETTACH.

- Ce matériau est utilisé depuis longtemps sous forme de fils de suture résorbables (fil Vicryl®).
- Ce treillis est composé de polyglactine 910 (un mélange de 90% d'acide glycolique et de 10% d'acide lactique) dont la biocompatibilité est connue depuis 1988. (34)
- La rigidité de cette membrane étant insuffisante, il est conseillé de l'utiliser associée à un matériau de comblement qui pourra permettre de maintenir l'espace. (96)
- La durée de résorption de ce treillis est de 4 semaines environ, et le polymère est résorbé en 2 à 3 mois.
- Cette résorption peut s'accompagner d'une légère réaction inflammatoire, mais sans réaction allergique ou toxique.

1.3.2 La membrane Bio-Gide® (GEISTLICH BIOMATERIALS)



Figure 10 : Présentation de la membrane Bio-Gide®.

-C'est une membrane composée de collagène d'origine porcine de type I et III. Elle présente deux couches de collagène :

- Une couche compacte externe (au contact des tissus mous) jouant le rôle de barrière protégeant le défaut osseux
- Une couche poreuse interne (au contact de l'os) qui va, grâce à sa structure tridimensionnelle, faciliter l'intégration du tissu dur néoformé.

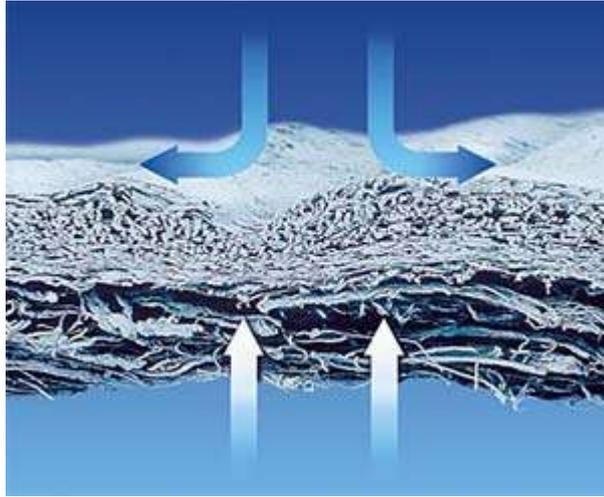


Figure 11 : Structure bi-couche de la membrane Bio-Gide® (d'après geistlich.com).

- Cette membrane étant fortement hydrophile, elle va rapidement être saturée de sang et adhérer au défaut.

- Cette bonne adhésion de la membrane aux berges du défaut rend sa fixation inutile dans la plupart des cas. Quand cela est nécessaire elle peut être stabilisée par des clous chirurgicaux résorbables (système Resorpin®).

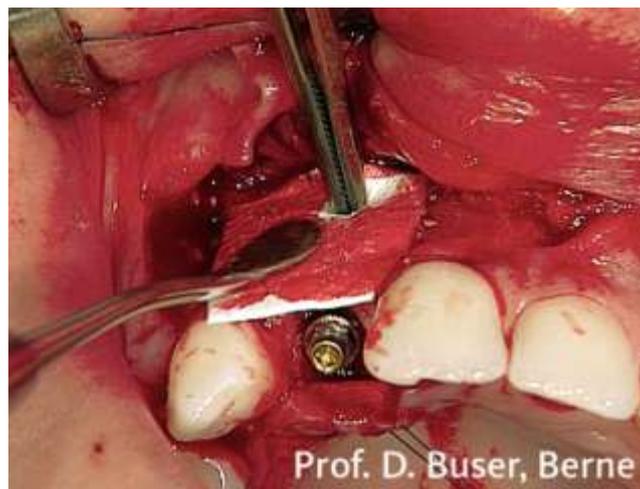


Figure 12: Mise en place d'une membrane Bio-Gide® (d'après geistlich.com).

-Le fabricant recommande le comblement du défaut par un biomatériau afin d'éviter l'effondrement de la membrane.

-Deux membranes peuvent être superposées pour augmenter la stabilité de la reconstruction dans les cas de défauts volumineux.

-Le délai de résorption annoncé par le fabricant est de 4 à 6 mois, ce qui est en théorie compatible avec les exigences de la régénération osseuse guidée.

1.3.3 La membrane Paroguide® (PIERRE ROLLAND)

-Cette membrane est composée à 96% de collagène de type I d'origine équine et de chondroïtine sulfate à hauteur de 4%.

-Elle est fabriquée par lyophilisation du gel de collagène.

-Sa rigidité est *a priori* suffisante pour maintenir l'espace sous membranaire, mais permet une adaptation correcte aux berges du défaut.

-Le temps de résorption annoncé par le fabricant est de 6 semaines, ce qui semble un peu rapide pour une utilisation en régénération osseuse guidée.

1.3.4 Les membranes BioMend® et BioMend extend® (ZIMMER DENTAL)

-Ces membranes sont constituées de collagène de type I d'origine bovine. Non toxiques et non pyrogéniques, elles sont perméables aux nutriments.

-La résorption de la membrane Biomend® débute après 4 semaines et est complète après 8 semaines, ce qui semble un délai trop court pour la régénération osseuse guidée et semble limiter l'indication de cette membrane à la régénération tissulaire guidée.

-La membrane Biomend Extend® a un délai de résorption plus long (18 semaines) qui rend son utilisation possible en régénération osseuse guidée.

1.3.5 Les membranes Resolut® (GORE-TEX) : Gore Resolut® XT, Gore Resolut® Adapt, Gore Resolut® Adapt LT

➤ Gore Resolut® XT

-Cette membrane est composée d'un film d'acide polyglycolique et polylactique.

-Sa structure reste stable pendant 8 à 10 semaines, puis la membrane est progressivement résorbée.

➤ Gore Resolut® Adapt et Gore Resolut® Adapt LT

-Ces membranes sont composées d'une structure microporeuse de fibres synthétiques résorbables d'acide polyglycolique et de triméthylène de carbone.

-Elles peuvent être utilisées avec des matériaux de comblement.

-La structure de la membrane Gore Resolut® Adapt reste stable pendant 8 à 10 semaines, alors que celle la membrane Gore Resolut® Adapt LT se maintient 16 à 24 semaines avant résorption. La version LT de cette membrane se montre donc plus adaptée à la régénération osseuse guidée.

1.3.6 La membrane Ossix Plus® (COLBAR)

-Cette membrane résorbable est fabriquée à base de collagène porcin de type I. Sa porosité est adaptée afin d'autoriser le passage des fluides et des nutriments, tout en bloquant la migration des cellules.

-Elle est conçue pour maintenir son rôle de barrière entre 4 et 6 mois, ce qui rend son utilisation possible en régénération osseuse guidée.

-Une étude menée en 2002 montre que les résultats obtenus avec cette membrane sont comparables à ceux obtenus avec une membrane GTAM® (35).

-Ces résultats, même s'ils doivent être confirmés par d'autres études, semblent montrer que la membrane Ossix® est une alternative à la membrane GTAM®.

1.4 Avantages et inconvénients, critères de choix entre membranes résorbables et non résorbables

1.4.1 Avantages et inconvénients

	Membranes non résorbables	Membranes résorbables
Avantages	<ul style="list-style-type: none">-Durée d'efficacité contrôlée-Meilleur maintien d'espace-Biocompatibilité-Recul clinique (membrane PTFE-e)	<ul style="list-style-type: none">-Pas de deuxième intervention-Utilisable sur parodonte fin
Inconvénients	<ul style="list-style-type: none">-Nécessité d'une deuxième intervention-Risque d'exposition membranaire plus marqué-Risque de nécrose du lambeau (membrane titane)	<ul style="list-style-type: none">-Incertitude sur le temps de résorption (différentiel entre temps théorique et temps observé en clinique)-Résorption souvent trop rapide pour la R.O.G-Maintien de l'espace moins bon (pas d'effet de tente)-Réaction inflammatoire possible-Origine animale qui peut effrayer certains praticiens ou patients (membranes collagène)

1.4.2 Critères de choix entre ces deux types de membranes

-Comme nous l'avons vu précédemment, le recul clinique est en faveur des membranes en PTFE-e : les études menées par DALHIN (28) en 1988, JOVANOVIC (50) en 1992, puis par BECKER (10) en 1994, montrent l'efficacité de ce type de membrane en R.O.G.

-Plus récemment MELLONIG confirme que le PTFE-e est le matériau membranaire de référence en R.O.G. (53)

-Certaines études comparatives menées entre membrane en PTFE-e et membranes résorbables, montrent que sous réserve de la non-exposition de la membrane durant la phase de cicatrisation, les gains osseux obtenus sont supérieurs avec les membranes en PTFE-e par rapport aux membranes résorbables (53) (63).

-D'autres études ne montrent pas de différence significative de résultat entre membranes résorbables en collagène et non résorbables en PTFE-e (66) (68) (70). Cependant ces études portent sur un nombre limité de sujets.

-Les résultats obtenus avec les membranes résorbables synthétiques (Gore Resolut®) sont contradictoires : une étude menée chez le rat montre un gain osseux satisfaisant lors d'une distraction mandibulaire associée à cette membrane (33). Une autre étude de R.O.G péri-implantaire menée chez le chien a montré une absence d'efficacité de cette membrane. (Pas de différence avec le groupe témoin pour lequel aucune membrane n'avait été utilisée.)

-D'autres études doivent être menées sur les membranes en acide polyglycolique et polylactique, afin d'apporter la preuve de leur efficacité en R.O.G.

-Dans tous les cas, les auteurs précisent que l'exposition précoce de la membrane est un facteur défavorable pour le gain osseux.

-L'inconvénient de la deuxième intervention est limité lorsque la R.O.G est utilisée en phase pré-implantaire : dans cette situation, la dépose de la membrane PTFE-e et la pose de l'implant se font durant la même intervention. L'utilisation d'une membrane en PTFE-e semble à privilégier dans ces cas.

-Cependant, lorsque la R.O.G est utilisée en même temps que la pose des implants ou après la phase implantaire (traitement de défauts osseux liés à une péri-implantite), la deuxième

intervention représente un inconvénient non négligeable, et peut décourager certains de nos patients.

-Il faut noter que si la chirurgie implantaire se fait en deux temps (implant enfoui) la dépose de la membrane pourra se faire en même temps que la découverte de l'implant et la mise en place de la vis de cicatrisation. Dans ce cas l'utilisation d'une membrane non résorbable ne présente pas d'inconvénient, car la deuxième intervention est de toute façon nécessaire.

-Si l'implant utilisé est non-enfoui, l'utilisation d'une membrane résorbable va permettre d'éviter une deuxième intervention. Lorsque leur temps de résorption est adapté à la R.O.G (supérieur à 3-4 mois), elles semblent être une alternative crédible aux membranes non résorbables (74).

-Les fabricants proposent des membranes collagène au temps de résorption plus long, compris entre 18 et 24 semaines (Bio-Gide®, Ossix Plus®, Biomend Extend®). Ces membranes sont compatibles avec la R.O.G.

-De plus, pour MOSES (68), les conséquences d'une exposition membranaire sont moins néfastes lorsque la membrane utilisée est en collagène que lorsqu'il s'agit d'une membrane en PTFE-e .

2. Les dispositifs de maintien de l'espace et de fixation des membranes

-Dans les situations où le défaut osseux ne permet pas de maintenir un espace sous la membrane, ou lorsque les tensions muqueuses et musculaires risquent d'entraîner l'effondrement ou la mobilisation de la membrane, le chirurgien dispose de moyens lui permettant de maintenir l'espace sous la membrane et donc d'obtenir un volume d'os régénéré satisfaisant.

- L'implant lui-même, peut jouer le rôle de « piquet de tente » : la membrane perforée au préalable est maintenue grâce à la vis de cicatrisation.
- Les membranes GTAM-TR® présentent un renfort en titane qui permet de réaliser cet effet de tente.
- Le matériau de comblement constitue également un mainteneur d'espace.
- Des grilles métalliques (micromesh), placées sous la membrane, permettent de la soutenir.

➤ Des vis d'ostéosynthèse peuvent être mise en place.

-Les vis d'ostéosynthèse classique peuvent servir à fixer la membrane au niveau des berges du défaut.

-D'autres vis sont adaptées (têtes plus larges que les vis classiques) pour jouer ce rôle de maintien de l'espace.

-Ces vis seront déposées en même temps que la membrane.

Parmi ces systèmes, on peut citer le système FRIOS Fixation set® (FRIADENT), ou le système Mincro® (OSTEOMED).

Exemple : le système Mincro® (OSTEOMED)

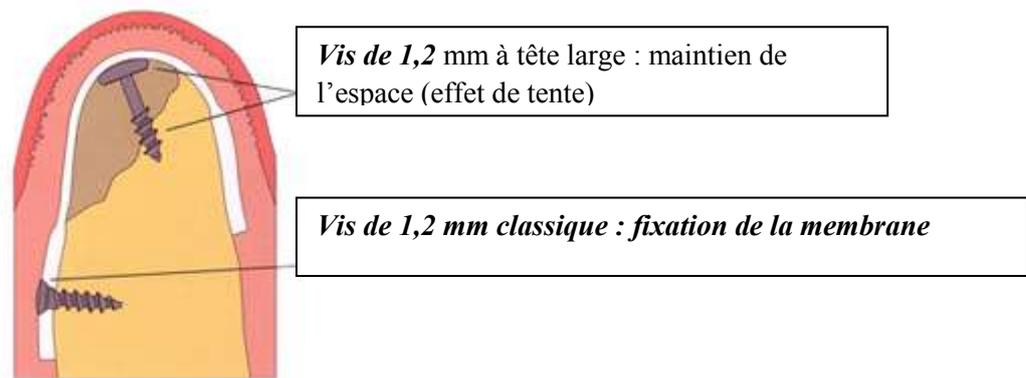


Figure 13 : Le système Mincro® (d'après plaquette publicitaire OSTEOMED)

3. Les matériaux de comblement osseux

-L'utilisation d'un matériau de comblement placé sous la membrane va présenter certains avantages :

- Rôle dans le maintien de l'espace sous membranaire.
- Ces matériaux vont pouvoir faciliter, selon leurs propriétés, l'ostéogenèse, l'ostéoinduction ou l'ostéoconduction, et ainsi accélérer la néoformation osseuse sous la membrane, ou améliorer la qualité de l'os obtenu.

➤ Idéalement, les matériaux de comblement doivent être :

- Biocompatibles
- Non antigéniques
- Résorbables
- Facilement manipulables et adaptables dans le défaut osseux

3.1 Os autogène

C'est le matériau de choix en régénération osseuse guidée :

-Il est parfaitement biocompatible, évitant tout risque de réaction immunitaire ou de transmission d'agent infectieux.

-L'os autogène contient de nombreuses cellules vivantes dont des ostéoblastes qui vont permettre la néoformation osseuse (ostéogenèse).

-L'os autogène mis en place sous la membrane va également exercer une stimulation sur le site receveur, qui va entraîner la stimulation et le recrutement de cellules différenciées (ostéoblastes) ou indifférenciées (mésenchymateuses) (21) (phénomène d'ostéoinduction).

-La composante minérale de l'os greffé va servir de matrice pour la formation osseuse. Elle va en effet constituer un « échafaudage » à la structure et aux propriétés physiques et chimiques idéales pour le développement cellulaire (phénomène d'ostéoconduction).

3.1.1. Origine extra-orale

-Les prélèvements extra-oraux relèvent de la compétence des chirurgiens maxillo-faciaux et sont employés pour réaliser des greffes osseuses de grande étendue (greffes en onlay, d'apposition, en selle). Ce type de prélèvement n'est donc pas utilisé en R.O.G.

-Leur mise en œuvre nécessite un plateau technique lourd (bloc opératoire, anesthésie générale).

-Les sites de prélèvements les plus couramment utilisés se situent au niveau de l'os iliaque et de la corticale externe de l'os pariétal.

3.1.2 Origine intra-orale

- Ces types de prélèvement sont réalisables par un chirurgien_dentiste. Ils peuvent être effectués sous anesthésie locale et ne nécessitent qu'un seul champ opératoire.
- Psychologiquement, ce type de chirurgie est plus facilement accepté par les patients qui jugent souvent le recours aux prélèvements extra oraux « disproportionné ».
- Les quantités d'os pouvant être prélevées sont plus faibles, mais généralement suffisantes pour la régénération osseuse guidée.

➤ Symphyse mentonnaire

-Ce site permet le prélèvement d'une greffe cortico-spongieuse de bonne qualité (3). Il présente en outre l'avantage d'être facilement accessible.

-La zone de prélèvement est située sous les apex des incisives et des canines. Il faut arrêter le prélèvement 5 mm au-dessus du bord inférieur du menton, 5 mm en avant des trous mentonniers et 5 mm sous les apex des incisives.

-Des complications peuvent cependant survenir : modification du contour de la face, dysesthésie ou hypoesthésie au niveau de la zone labio-mentonnaire, relâchement des muscles de la symphyse (44).

➤ Prélèvement ramique

-Ce site permet d'obtenir un greffon cortical de 3 mm d'épaisseur. La voie d'abord est identique à celle de l'ostéotomie sagittale mandibulaire. La zone prélevée est la corticale externe du corps mandibulaire, de la première molaire à la zone rétro-molaire.

-Il convient de bien repérer au préalable la situation du nerf alvéolaire inférieur afin d'éviter toute lésion de celui-ci.

-Les suites opératoires sont généralement simples, avec un œdème et une douleur limités.

➤ Prélèvement rétro-molaire

-Le prélèvement dans cette zone sera d'un volume plus limité. Le lambeau sera identique à celui réalisé pour l'avulsion d'une dent de sagesse mandibulaire enclavée.

➤ Épine nasale antérieure

-Ce prélèvement se fait au maxillaire, de part et d'autre de l'épine nasale antérieure, de manière à ne pas modifier le profil du patient.

-Dans une étude datant de 2004 et portant sur l'influence du site de prélèvement osseux dans le traitement des déhiscences implantaire, les meilleurs résultats sont obtenus avec les prélèvements symphysaires. Les auteurs expliquent leurs résultats par le fait que l'os au niveau de la symphyse présente une couche corticale épaisse et de bonne qualité (98)

➤ Débris osseux prélevés sur le foret

-L'opérateur peut récupérer l'os de forage lors du passage des différents forets. Cet os pourra être utilisé comme matériau de comblement, éventuellement mélangé à un biomatériau pour en augmenter le volume (102). L'utilisation de l'os de forage présente l'avantage d'éviter un deuxième site d'intervention ; cependant les quantités d'os récupérées sont limitées.

➤ Os prélevé à proximité du site d'implantation

-La société BIOMET 3i commercialise un dispositif permettant de réaliser un prélèvement de copeaux osseux : le Safescraper®. Il est composé d'une râpe à os qui va permettre de travailler sur des surfaces osseuses planes, concaves ou convexes, et d'une chambre de récupération qui permet de collecter 2,5 à 3 ml de greffon. Le dispositif est facile à mettre en œuvre, et les suites opératoires sont très simples. Le greffon osseux obtenu est de bonne qualité.

-Le K-System® (DENTAK) est un système de trépan qui permet de réaliser des prélèvements intra-oraux, le plus souvent à distance du site d'implantation (symphyse mentonnière, zone rétro-molaire, épine nasale antérieure...). Le trépan est adapté directement sur le contre-angle chirurgical et une jauge externe permet de contrôler la profondeur du prélèvement. A l'intérieur du trépan, on obtient un broyat d'os de très bonne qualité.



Figure 14: Prélèvement osseux à distance à l'aide du K-Sytem®.

-L'os récupéré pourra être mise en place dans le défaut osseux à l'aide d'une seringue directement adaptable sur le trépan. Il pourra également être mélangé à un biomatériau à l'aide du K-system Blender®.

➤ Débris osseux récupérés à l'aide de l'aspiration

Il existe des dispositifs conçus pour récupérer l'os aspiré dans l'aspiration chirurgicale. Nous pouvons citer le système BoneTrap® (ASTRA TECH) ou encore le système FRIOS® BoneCollector (FRIADENT).

Ce tissu pourra également servir au comblement osseux. Il présente l'inconvénient d'être potentiellement contaminé par les substances passant dans l'aspiration (salive...). De plus le greffon peut contenir une petite fraction de tissu d'origine non-osseuse.

Exemple : Le dispositif BoneTrap® (ASTRA TECH)



Figure 15 : Dispositif Bone Trap (d'après plaquette publicitaire ASTRA TECH)

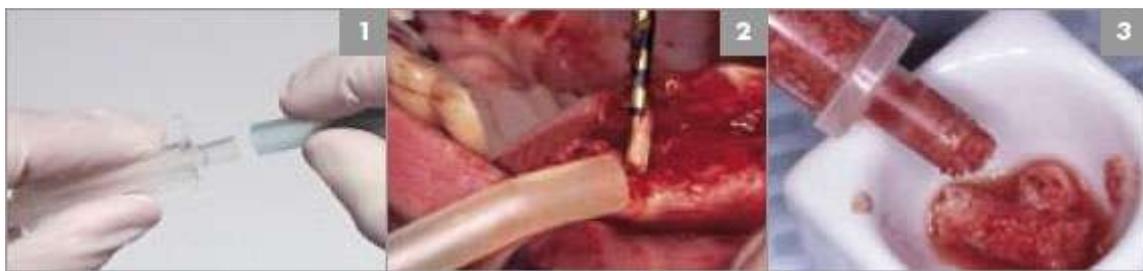


Figure 16 : Récupération de l'os de fraisage à l'aide du Bone Trap® (d'après plaquette publicitaire ASTRA TECH)

3.2 Les allogreffes

-Ce type de greffe correspond à la greffe sur un individu d'un matériau provenant de la même espèce mais ayant un génotype différent. Concrètement, ce matériau provient de donneurs humains, vivants ou non.

-L'os est débarrassé de sa composante organique puis est stérilisé par passage aux rayons gamma. Par la suite, cet os est lyophilisé, et peut être déminéralisé par passage à l'acide chlorhydrique.

-Il existe donc deux types de matériau :

- Le FDB (Freeze Dried Bone) : os lyophilisé
- Le DFDB (Demineralised Freeze Dried Bone) : os lyophilisé déminéralisé.

-Ces matériaux ont l'avantage d'être faciles à mettre en œuvre, et disponibles en quantité illimitée. Ils sont en outre ostéconducteurs, certains auteurs prêtant même au FDB des propriétés ostéoinductrices (75).

-Cependant, l'utilisation de produits issus de cadavres humains pose un certain nombre de problèmes d'un point de vue éthique et sanitaire (transmission d'agents infectieux). Les problèmes rencontrés avec les hormones de croissance d'origine humaine doivent inciter les praticiens à beaucoup de prudence quant à l'utilisation de ces matériaux. Cependant, ces produits restent très utilisés dans certaines chirurgies (chirurgie orthopédique notamment).

-La société TBF commercialise en France un matériau de comblement osseux obtenu à partir de prélèvements réalisés sur des têtes fémorales de patients vivants. Ces greffons (Phoenix®, TBF) se présentent sous forme de granules ou de lamelles cortico-spongieuses. Les patients donneurs sont sélectionnés selon des critères précis suivant le formulaire de l'Agence de la Biomédecine (anciennement Etablissement Français des Greffes), et les greffons subissent de multiples traitements visant à éliminer le risque de transmission d'agents infectieux (inactivation des virus, des prions, radiostérilisation). La traçabilité du produit est organisée du prélèvement jusqu'à la pose (base de données stockée chez le fabricant).

-Ce produit étant d'origine humaine, il ne peut être utilisé que dans le cadre d'un établissement de santé (hôpital, clinique). Cependant, une dérogation est accordée aux cabinets dentaires par l'ordonnance N° 2000-548 du 15 Juin 2000 (Code de la Santé Publique) :

"Toutefois, peuvent être utilisés par les médecins et les chirurgiens-dentistes en dehors des établissements de santé les tissus et les préparations de thérapie cellulaire figurant sur une liste arrêtée par le ministre chargé de la santé sur proposition de l'AFSSAPS et après avis de l'Agence de la Biomédecine, à condition qu'ils soient utilisés dans le respect des règles de bonnes pratiques arrêtées selon les mêmes modalités."

-En revanche, l'article R1243-17 du Code de la Santé Publique précise qu'un stock ("dépôt") n'est autorisé que dans un établissement de santé avec lequel la banque de tissus a passé une convention. Ce stock est alors sous la responsabilité d'un médecin ou pharmacien de cet établissement de santé. Le praticien implantologiste ne peut donc pas stocker ce produit dans son cabinet, ce qui rend son utilisation presque impossible en pratique courante.

3.3 Les xéno greffes

-Ces greffes sont réalisées avec un matériau provenant d'un individu appartenant à une espèce différente de celle du receveur.

-Ces matériaux doivent donc être traités afin de supprimer toute trace d'élément organique, afin de ne comporter aucun élément antigénique.

-Ils n'ont aucun potentiel ostéoinducteur, mais vont constituer une matrice qui va servir de guide à la croissance osseuse et permettre l'apposition à partir de l'os existant (ostéoconduction).

3.3.1 Le Bio-oss®

-Il est composé d'os d'origine bovine débarrassé de tout matériau organique par 15 heures de chauffage à plus de 300°C, puis traité par des solutions alcalines. La structure cristalline de l'os est conservée.

-Le matériau est commercialisé selon plusieurs formes :

- Granules : Bio-oss® Spongiosa qui existe en deux granulométries différentes, pour être adapté à la taille du défaut à combler.
- Eponge : Bio-oss® Collagen. Contenant 10% de collagène porcine, ce matériau composite se présente sous forme d'éponge et est donc plus facile à manipuler et à appliquer. Cette forme est particulièrement adaptée au comblement post-extractionnel d'une alvéole.

-Le matériau doit être préalablement imbibé de sang ou de sérum physiologique, et peut être mélangé à de l'os autogène.

-Il doit être ensuite appliqué dans le défaut au contact direct de l'os, en veillant à ne pas trop le compresser.



Figure 17: Mise en œuvre du Bio-oss® (d'après geistlich.com)

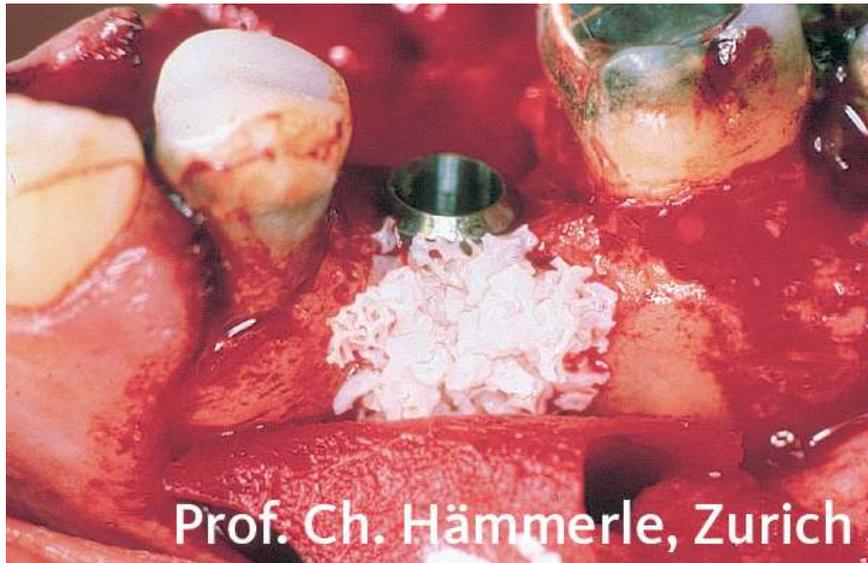
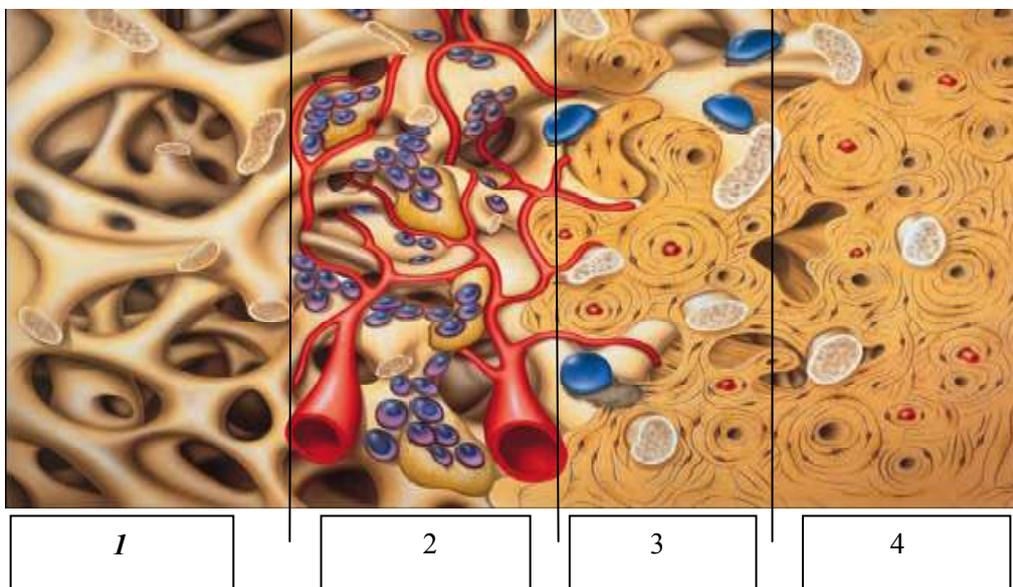


Figure 18: Défaut osseux comblé par du Bio-oss® (d'après geistlich.com)

-Le matériau est placé dans le défaut osseux puis est recouvert d'une membrane.

-La formation osseuse se fait grâce à l'apparition de néo-vaisseaux dans la matrice formée par le matériau, puis par la colonisation par les cellules ostéoïdes. Par la suite le matériau sera résorbé par les ostéoclastes au cours du remaniement osseux.



- 1: Structure destinée à la stabilisation du caillot sanguin
- 2: Revascularisation
- 3: Apposition sur la structure ostéoconductrice
- 4: Réorganisation de l'os et du Bio-oss® par les ostéoclastes et les ostéoblastes

Figure 19 : Processus de régénération osseuse par le Bio-oss® (d'après geislich.com)

-Les études menées sur ce matériau montrent que sa mise en place sous une membrane va améliorer l'ostéoconduction (71) et permettre une régénération osseuse de meilleure qualité que si une membrane est utilisée seule (82).

-Cependant ce matériau semble donner de moins bons résultats que l'os autogène (82).

-Il apparaît malgré tout comme une bonne alternative, car il permet dans certains cas d'éviter un deuxième site chirurgical lié au prélèvement d'os autogène.

3.3.2 Le Laddec®

-Il s'agit d'un matériau spongieux d'origine bovine, obtenu par nettoyage des espaces inter-trabéculaires et par élimination des protéines non collagéniques.

-Le Laddec® se compose d'une matrice de collagène de type I minéralisée par du phosphate de calcium sous forme d'hydroxyapatite, stérilisée par un faisceau d'électrons accéléré à la dose de 25 kGy. Les éléments cellulaires et protéiques médullaires sont donc éliminés par ce traitement.

-Les études concernant ce matériau sont rares, mais il semble qu'il présente des propriétés ostéoconductrices intéressantes. (2)

-Cependant son réel intérêt en R.O.G devra être démontré par de nouvelles recherches.

3.4 Les matériaux alloplastiques

3.4.1 Le corail (Biocoral®, Algipore®, Interpore®)

-Ce matériau provient du squelette des coraux madréporaires. Il est composé de carbonate de calcium sous la forme de cristaux d'aragonite.

-Ce matériau est biocompatible (80) et est résorbable progressivement par les ostéoclastes.

-Il va jouer un rôle ostéoconducteur en formant un support pour les cellules ostéoformatrices et la néo-vascularisation (76).

-Les études menées sur ce matériau montrent un effet bénéfique sur la régénération osseuse, malgré des résultats inférieurs à ceux obtenus avec de l'os autogène (76).

3.4.2 L'hydroxyapatite (Calcitite®, Osteograph®, Bioapatite®...)

-L'hydroxyapatite est le principal composant des tissus calcifiés. Ces matériaux de comblement sont des apatites de synthèse de structure proche des apatites naturelles.

-Ils sont commercialisés sous différentes formes (grains de tailles différentes, blocs), afin de couvrir un maximum d'indications.

-Ils constituent une structure de support pour la néo-formation osseuse : ils sont ostéoinducteurs.

-Ces matériaux ont une capacité de résorption limitée : les particules d'hydroxyapatite sont intégrées dans le tissu régénéré, mais pas totalement résorbées. Cette caractéristique va limiter l'utilisation de ces matériaux en implantologie ainsi qu'en R.O.G, la qualité du tissu osseux obtenu étant trop incertaine (22).

3.4.3 Les Phosphates tricalciques (TCP) (Cerasorb®, Ceros®)

-Il s'agit de céramique à base de phosphate de calcium, obtenue par frittage. Le ratio calcium/phosphate est identique à celui de l'os (3/2).

-Ce matériau est ostéoconducteur et est entièrement résorbable.

-Ce matériau est utilisé sous sa forme β (β -TCP).

-Il existe des matériaux biphasés composés de 60% d'hydroxyapatite et 40% de β -TCP (SBS 60/40®, EXPANSCIENCE). Ce biomatériau, en plus de capacités ostéoconductrices, présenterait des propriétés ostéoinductrices lorsqu'il est employé seul (55) ou avec une colle de fibrine (composée principalement de fibrinogène et de thrombine) (56), ce qui en ferait un matériau de comblement idéal. Cette propriété devra être étudiée en R.O.G dans de prochaines recherches.

-D'autres études ont été menées à propos d'un substitut osseux injectable composé de phosphate bicalcique et d'une solution polymérique (101). Elles ont montré des résultats encourageant concernant la préservation du volume osseux après une extraction (18). D'autres recherches devront être menées afin de déterminer si un tel matériau est utilisable avec bénéfice en R.O.G.

3.4.4 Les matériaux composites (Bio-oss collagen®, PepGen P-15 flow®)

Ils sont composés d'une phase inorganique (hydroxyapatite ou β -TCP), et d'une phase organique (collagène ou peptide synthétique).

3.4.5 Bioverres et vitrocéramiques (Biogran®, Perioglass®, Calcigraft®)

➤ Les bioverres

-Exemple : le Biogran® composé d'un gel interne de silice entouré d'une couche de phosphate de calcium. Cette couche externe lui permet d'adhérer chimiquement à l'os et de s'y incorporer (phénomène d'ostéocoalescence). Le gel de silice contenu à l'intérieur

des grains sera ensuite résorbé, laissant un espace dans lequel les cellules pourront adhérer et se différencier en ostéoblastes.

➤ Les vitrocéramiques

-Ce sont des bioverres ayant subi des traitements afin d'en modifier les propriétés physico-chimiques. Le Calcigraft® est une vitrocéramique semi-résorbable contenant de l'apatite.

3.5 Critères de choix entre ces différents matériaux

-De toute évidence l'os autogène reste le matériau de comblement de référence en R.O.G. La difficulté est d'en disposer d'une quantité suffisante pour réaliser le comblement sous la membrane.

-La nécessité d'un deuxième site chirurgical de prélèvement peut faire reculer certains patients. Dans cette perspective, les biomatériaux sont une avancée intéressante :

- Les xénogreffes présentent désormais une alternative fiable à l'os autogène. Elles peuvent être utilisées seules ou mélangées à de l'os autogène afin d'en améliorer les propriétés.

Bien qu'aucun cas de contamination n'ait été rapporté, l'origine animale (notamment bovine) de ces produits fait reculer certains praticiens et patients.

- Certains matériaux alloplastiques ont montré des résultats encourageants en régénération osseuse, notamment les mélanges d'hydroxyapatite et de β -TCP.
- Les autres matériaux alloplastiques (corail, hydroxyapatite, bioverres) présentent trop d'incertitude quant à la durée de résorption (souvent supérieure à 18 mois), certains matériaux ne se résorbant pas totalement (hydroxyapatite seule). La qualité de l'os obtenu est trop variable et incertaine et rend donc les indications de ces matériaux limitée en implantologie.

- Les matériaux de synthèse sont à évaluer en fonction de leurs propriétés : ils sont tous ostéoconducteurs, et les recherches actuelles visent à créer des matériaux ostéoinducteurs, qui pourraient favoriser le recrutement des cellules osseuses. Mais il faut également considérer leur capacité à favoriser l'ostéotransduction, c'est-à-dire la possibilité qu'ont ces matériaux de se résorber totalement afin d'être remplacés par de l'os néoformé. De ce point de vue, les biomatériaux les plus adaptés en R.O.G semblent être les matériaux xénogéniques (type Bio-oss®), et les mélanges TCP/hydroxyapatite. En effet, ces matériaux permettent en fin de processus de régénération d'obtenir un os présentant des propriétés physiques satisfaisantes pour permettre de poser un implant ou de maintenir l'ostéointégration d'un implant déjà existant.

4-INDICATIONS DE LA R.O.G

La régénération osseuse guidée permet d'élargir le champ des indications implantaires chez nos patients :

-Grâce à l'os régénéré, le praticien va pouvoir poser un implant sur un site où la morphologie osseuse initiale l'interdisait.

-De même cette technique va permettre d'apporter de l'os autour d'un implant déjà ostéointégré, afin d'en améliorer le résultat esthétique et fonctionnel.

1. Indications (108)

1.1 En phase pré-implantaire

La R.O.G peut être utilisée avant la phase implantaire du traitement, lorsque la morphologie osseuse du site fait craindre qu'il sera impossible d'obtenir une stabilité primaire de l'implant.

La pose du ou des implant(s) se fera environ 6 mois après la mise en place de la R.O.G et permettra la dépose de la membrane si celle-ci est non résorbable.

➤ Conservation du volume osseux après extraction

-Dans cette situation, la R.O.G est mise en place en même temps que l'extraction de la dent qui devra être remplacée par un implant.

-L'objectif est de limiter au maximum la résorption post-extractionnelle afin de disposer d'un volume osseux optimal pour poser l'implant.

➤ Augmentation du volume d'une crête osseuse

-La R.O.G est ici mise en place au niveau d'une crête édentée. Elle va permettre de rendre possible la pose de l'implant, ou de poser un implant plus long et/ou plus large que ce qui était possible à l'origine.

-La R.O.G est dans ces situations limitée par la possibilité de maintenir un espace satisfaisant sous la membrane. Dans le cas de crêtes présentant de volumineux défauts verticaux et horizontaux, la R.O.G trouve ses limites. Le traitement de ces défauts relève le plus souvent de greffes osseuses d'apposition.

-On peut inclure dans cette indication les techniques de comblement du sinus maxillaire qui utilisent un matériau de comblement et une membrane de R.O.G.

➤ Comblement de larges défauts osseux

-Il va s'agir d'éviter l'apparition de défauts osseux secondaires par exemple à l'énucléation d'un kyste volumineux. La R.O.G va ici permettre d'améliorer la cicatrisation de la lésion osseuse et d'envisager la pose de l'implant dans les meilleures conditions possibles.

1.2 En phase per-implantaire

-Une R.O.G pourra être mise en place en même temps que la pose de l'implant. Ceci n'est envisageable que sur un implant ayant une stabilité primaire.

➤ Comblement de déhiscence ou de fenestration péri-implantaire

-L'implant doit être positionné dans les meilleures conditions possibles d'un point de vue esthétique et fonctionnel pour la future prothèse.

-Cela peut conduire le praticien implantologiste à placer l'implant dans une position où apparaît une déhiscence et/ou une fenestration osseuse. La mise en œuvre simultanée d'une R.O.G va permettre de corriger cette situation.



Figure 20: Implant présentant une déhiscence vestibulaire (d'après geistlich.com)

-Dans cette situation, la morphologie osseuse permet la stabilisation primaire de l'implant, mais une déhiscence vestibulaire importante apparaît en vestibulaire. Cette situation doit être anticipée par le praticien, qui va pouvoir mettre en œuvre une R.O.G : la mise en place d'un matériau de comblement et d'une membrane va permettre de régénérer l'os dans cette zone.

1.3 En phase post-implantaire

La R.O.G va permettre également de recréer l'os perdu autour d'un implant.

➤ Correction des défauts osseux liés à une péri-implantite

-L'apparition d'un phénomène infectieux autour d'un implant (péri-implantite) va conduire à une destruction osseuse autour de l'implant et à l'apparition de défauts osseux péri-implantaires.

-Après traitement du phénomène infectieux et stabilisation de la situation, une R.O.G peut permettre de régénérer tout ou partie de l'os perdu, afin d'améliorer le pronostic implantaire et de maintenir l'ostéointégration.

-Cependant cette technique est difficile à mettre en œuvre et les résultats sont incertains, en raison de la contamination de la surface implantaire qui est difficile à contrôler.

2. Indication en fonction des types de lésion osseuse

-Comme cela a été évoqué dans le chapitre 2, GARDELLA et RENOARD ont proposé une classification des lésions osseuses.

2.1 Lésions de classe I

-Ces lésions ne permettent en général pas la stabilisation primaire de l'implant, une R.O.G devra donc être mise en place en phase pré-implantaire, avec un bon pronostic car ces lésions ont souvent une morphologie propice au maintien de l'espace.

-La pose de l'implant se fera à l'issue du phénomène de régénération osseuse, c'est-à-dire après 6 mois environ.

-La ré-entrée chirurgicale permettra de déposer la membrane et de contrôler le gain osseux obtenu. S'il est satisfaisant, le praticien pourra procéder à la pose de l'implant.

2.2 Lésions de classe II

-Ces lésions ne permettent pas la stabilisation primaire de l'implant. Elles correspondent souvent à une crête en « lame de couteau ».

-Elles nécessitent une reconstruction osseuse latéralement à la crête résiduelle et éventuellement en hauteur.

-Ces situations sont donc à la limite des indications de la R.O.G, d'autant plus si la composante mésio-distale est étendue, car le maintien de l'espace sous la membrane sera très difficile à obtenir.

-De plus le nombre de parois étant faible (1 à 2), le potentiel cellulaire est très limité.

-La reconstruction de ces défauts relève le plus souvent d'autres techniques que la R.O.G, notamment les greffes osseuses d'apposition.

2.3 Lésions de classe III

-Elles correspondent aux fenestrations, déhiscences et sites d'extractions.

-Ces lésions permettent d'obtenir la stabilisation primaire de l'implant. La mise en place simultanée de l'implant et de la R.O.G est envisageable.

-Le pronostic de la R.O.G est très bon dans les défauts à 3 et 4 parois, car le maintien de l'espacement de la membrane est assez aisé à obtenir.

-Dans les défauts à 2 parois, le praticien devra mettre en œuvre des techniques qui permettront de maintenir l'espace, malgré la morphologie osseuse moins favorable (membrane renforcée, vis d'espacement...)

3. Stratégies de mise en œuvre de la régénération osseuse guidée

-Le praticien implantologiste doit choisir les techniques et la chronologie de traitement qui vont optimiser les résultats esthétiques et fonctionnels de la réhabilitation implantaire et prothétique.

-Il devra également mettre en œuvre les moyens rendant le traitement le moins inconfortable possible pour le patient (nombre d'interventions...).

-Pour mettre en place sa stratégie de traitement, le praticien doit tenir compte de différents facteurs :

- La possibilité de stabilisation primaire de l'implant.
- La taille et le type de défaut osseux.
- Le positionnement idéal de l'implant d'un point de vue esthétique et fonctionnel.
- La morphologie des tissus mous péri-implantaires qui vont déterminer les possibilités de recouvrement de la membrane.

-Ainsi, après l'avulsion de dents devant être remplacées par des implants, le praticien dispose de plusieurs alternatives.

3.1 Implantation immédiate dans le site d'avulsion

3.1.1 Principe

-Certains auteurs proposent de limiter la résorption post-extractionnelle par la pose immédiate d'un implant dans l'alvéole déshabillée (8).

-Cette technique présente l'avantage de limiter le nombre d'interventions, la durée globale du traitement et de permettre le maintien optimal du tissu osseux existant (25).

-La R.O.G peut alors être employée pour corriger le défaut osseux existant autour de l'implant dans la partie coronaire de l'alvéole (24). On pourra récupérer l'os de forage de la partie apicale de l'alvéole comme matériau de comblement.

3.1.2 Précautions de mise en œuvre

La mise en œuvre de cette technique nécessite de respecter un certain nombre de précautions :

- Avulsion atraumatique et vérification de l'intégrité des parois alvéolaires.
- Absence de pathologie infectieuse sur la dent avulsée, ou curetage minutieux des tissus pathologiques.
- Obtention de la stabilité primaire de l'implant en réalisant un forage au-delà de l'apex de la dent avulsée.

- Obtention d'un recouvrement complet de la membrane, sans tensions excessives, par une manipulation adéquate des tissus gingivaux.
- Mise en œuvre d'une stratégie de temporisation prothétique qui va éviter toute pression ou sollicitation sur la zone opérée.
- Cette technique est plus facile à mettre en œuvre pour des dents monoradiculées que pour des dents pluriradiculées, pour lesquelles se posent les problèmes de la stabilisation primaire et de l'axe implantaire.

3.1.3 Avantages et inconvénients de la technique

➤ Avantages :

-Limitation de la résorption post-extractionnelle.

-Mise en place de l'implant dans une position très proche de la racine de la dent qu'il va permettre de remplacer, ce qui va *a priori* permettre de respecter les impératifs fonctionnels et esthétiques.

-Réduction pour le patient du nombre d'intervention et de la durée du traitement. L'effet psychologique pour le patient est également positif : la racine de la dent avulsée est remplacée immédiatement.

➤ Inconvénients :

-La gestion des tissus mous est difficile dans cette technique. La fermeture primaire du site et donc la couverture de la membrane de R.O.G nécessite de tracter le lambeau en direction coronaire, par une incision périostée. Malgré cela, la fermeture hermétique du site est délicate à obtenir sans mettre le lambeau en tension. Le risque d'exposition membranaire et de contamination de la membrane se trouve donc augmenté.

-Le fait de devoir tracter le lambeau en direction coronaire va déplacer la ligne de jonction muco-gingivale en direction coronaire, ce qui peut poser par la suite des problèmes esthétiques.

-Il peut persister dans l'alvéole, même après un débridement soigneux, des éléments contaminés (tissu de granulation) qui peuvent compromettre l'ostéointégration de l'implant.

3.1.4 Indications et contre-indications

➤ Indications

- Dent expulsée de façon traumatique ou fracturée sans reconstitution possible.
- Remplacement d'une dent lactéale n'ayant pas de dent succédanée.
- Dent dont le traitement endodontique est un échec définitif, sans pathologie infectieuse.
- Dent en parodontolyse terminale, ne présentant pas de phénomène infectieux trop marqué.

➤ Contre-Indications

- Impossibilité d'obtenir une stabilité primaire pour l'implant.
- Impossibilité de placer l'implant dans une position acceptable d'un point de vue fonctionnel et esthétique.
- Dent entourée de tissus infectés.

3.2 Implantation différée, après cicatrisation muqueuse

-Comme nous l'avons vu, la principale difficulté de l'implantation immédiate avec mise en place d'une R.O.G réside dans la gestion des tissus mous péri-implantaires. Bien souvent, le recouvrement de la membrane est difficile à obtenir et à maintenir dans le temps. En effet la traction du lambeau nécessaire à la fermeture du site engendre parfois le lâchage des sutures et une exposition membranaire.

- L'idée de différer l'implantation de quelques semaines (4 à 6 semaines en moyenne, après l'avulsion), afin de permettre la cicatrisation des tissus mous et donc de bénéficier de meilleures conditions pour recouvrir la membrane.

-Ce protocole en deux temps permet de limiter les risques d'exposition membranaire et d'optimiser les résultats (48).

3.2.1 Avantages

-La cicatrisation muqueuse va permettre une fermeture plus aisée du site d'implantation et une couverture plus sûre de la membrane.

-Pas de modification de la ligne de jonction muco-gingivale (avantage esthétique).

3.2.2 Inconvénients

-La résorption osseuse post-extractionnelle est très marquée durant les premières semaines, certains auteurs rapportant même une perte de 30% de la hauteur de la table osseuse vestibulaire dans les 4 premières semaines suivant l'avulsion (4).

-Ainsi, cette technique en deux temps est moins intéressante lorsque les corticales osseuses sont très fines, car la résorption osseuse précoce après l'avulsion risque d'être marquée. Dans une telle configuration, l'implantation immédiate, quand elle est réalisable, semble préférable.

3.3 Technique de LANGER

-La technique de LANGER permet de combiner les avantages de l'implantation immédiate et de l'implantation différée : elle consiste à laisser en place la racine devant être remplacée par un implant, laissant la gencive la recouvrir progressivement. Lorsque la dent est recouverte de tissu gingival, le praticien procède à la « découverte » de la racine, puis à l'avulsion de celle-ci et à la mise en place immédiate de l'implant. De cette manière, le volume osseux est conservé jusqu'à l'implantation, et la quantité de gencive disponible permet d'obtenir la fermeture du site et la couverture de la membrane dans les meilleures conditions possibles.

3.4 Implantation sur sites matures

-Dans de nombreux cas, le praticien implantologiste est confronté à des sites matures, correspondant à des dents avulsées depuis un certain nombre de mois ou d'années, ou à des agénésies. Dans ces situations le praticien n'a pas eu la possibilité de guider la cicatrisation osseuse, et est parfois confronté à des défauts osseux ne permettant pas la pose d'un implant.

-La R.O.G est une des techniques qui va permettre la correction des défauts osseux. La chronologie du traitement des sites matures présentant un défaut osseux sera principalement fonction de la possibilité d'obtenir une stabilité primaire de l'implant :

- S'il est possible d'obtenir une stabilité primaire, la R.O.G pourra être mise en place en même temps que la pose de l'implant (lésion de type III).
- S'il est impossible d'obtenir cette stabilité primaire, il faudra mettre en place une R.O.G pré-implantaire, afin de rétablir une morphologie osseuse compatible avec la pose de l'implant. L'implantation pourra se faire à l'issue du phénomène de régénération osseuse, c'est-à-dire environ 6 mois après la mise en place de la membrane.

-La dépose de la membrane et l'implantation se feront lors de la même phase chirurgicale.

5- PROTOCOLE CHIRURGICAL

1. Asepsie opératoire

-Nous savons depuis longtemps que l'utilisation d'un matériau inerte dans un protocole chirurgical peut potentialiser le risque d'infection post-opératoire (32).

-La R.O.G est donc une technique sensible car elle nécessite l'usage de matériaux inertes : membrane, éventuellement biomatériau, le plus souvent au contact d'un implant.

-Il est donc important de tout mettre en œuvre pour limiter le risque d'infection en respectant un certain nombre de règles (106).

1.1 Avant l'intervention

-Les dates de péremption du matériel stérile doivent être vérifiées, ainsi que l'intégrité des emballages.

-Le plateau technique doit être préparé dans une salle stérile (en réalité la moins septique possible), éloignée du lieu de stockage des déchets et de déshabillage.

-La salle d'intervention doit être facilement nettoyable et adaptée à la chirurgie (pas de moquette, plante, faux plafond...), avec uniquement le matériel nécessaire à l'intervention.

-La salle est préparée avant l'intervention : désinfection des sols et des surfaces.

- S'il est présent, le crachoir devra être recouvert d'un champ stérile.

1.2 Asepsie pré-opératoire

-Le praticien porte une tenue de bloc opératoire propre, un masque, une charlotte, des surchaussures. Il réalise un lavage chirurgical des mains, et revêt une casaque stérile, puis des gants stériles à usage unique.

-Il est aidé dans la préparation de la table par son assistante qui lui ouvre les sachets stériles.

-La table d'intervention est préparée juste avant l'arrivée du patient, sur une table recouverte d'un champ stérile et imperméable. Puis la table préparée est recouverte d'un deuxième champ stérile.

-Avant d'entrer dans la salle d'intervention, le patient doit quitter sa tenue de ville (au moins pour le haut du corps) et quitter ses chaussures.

-Il revêt alors une tenue propre (casaque non stérile à usage unique) ainsi qu'une charlotte et des surchaussures.

-Avant l'installation du patient, on procède à une désinfection muqueuse (bain de bouche contenant de la Chlorhexidine à 0,12%)

-Une fois le patient installé on réalise une désinfection cutanée (badigeon de BETADINE® ou de BISEPTINE® en cas d'allergie à l'iode).

-Le patient est alors recouvert d'un champ stérile. On installe alors l'aspiration chirurgicale et le flexible du moteur d'implantologie si la pose de l'implant a lieu dans le même temps.

-La poignée du scialytique est recouverte d'un cache stérile.

1.3 Asepsie per opératoire

- Durant l'intervention les déplacements doivent être limités au maximum.
- Le praticien et son aide doivent disposer de poubelles disposées au sol qui permettent d'éliminer au fur et à mesure les éléments contaminés (compresse...).
- Les règles d'asepsie ayant cours lors des chirurgies dites « propres contaminées » doivent être respectées scrupuleusement.
- Il est recommandé au praticien de changer de gants avant de manipuler la membrane afin de limiter au maximum les risques de contamination.

2. Actes opératoires

Le cas présenté concerne une R.O.G pré-implantaire. Le patient a été traité dans le cadre du Diplôme Universitaire d'Implantologie de la faculté d'odontologie de Toulouse, par le Pr Serge ARMAND et le Dr Virginie KERIQUEL.

2.1 Incisions et tracé du lambeau

- Le tracé du lambeau choisi par le praticien doit répondre aux impératifs suivants :
- Permettre une vision large et complète pour le praticien, qui pourra ainsi débrider efficacement la lésion, visualiser totalement les berges du défaut (49) et mettre en place la membrane dans les meilleures conditions possibles, sans traumatiser les parties molles.

-Permettre une fermeture primaire du site et une cicatrisation de première intention. La membrane devant être au contact du tissu osseux, on réalisera un lambeau de pleine épaisseur muco-périosté.

-L'incision horizontale sur la crête alvéolaire pourra être située légèrement du côté palatin au maxillaire et du côté lingual à la mandibule (49).

-Cette incision devra être étendue au-delà des berges du défaut pour donner un maximum de laxité au lambeau.

- Les incisions verticales de décharge, si elles sont nécessaires, devront :

- Permettre de maintenir une bonne vascularisation du lambeau, afin d'éviter la nécrose du lambeau et l'exposition membranaire.
- Se situer à distance du défaut, afin de ne pas être superposées aux bords de la membrane.

-Idéalement le lambeau doit recouvrir intégralement la membrane et les bords de la membrane doivent se situer à distance de toute incision (2 à 3 mm environ) afin d'assurer la meilleure herméticité possible.



Figure 21: Site présentant un défaut osseux et devant bénéficier d'une R.O.G pré-implantaire.



Figure 22: Réalisation des incisions.



Figure 23: Le lambeau est levé. Le défaut osseux est mis en évidence à l'aide d'une sonde parodontale.

2.2 Préparation du site (44, 69, 95)

-Le défaut osseux doit être préalablement débridé, en éliminant tous les tissus pathologiques (tissu de granulation) qui pourraient compromettre le bon déroulement de la régénération.

-Si l'implant est mis en place en même temps que la R.O.G, le praticien procédera alors à la préparation du site implantaire, dans la situation prévue lors de l'analyse pré-implantaire. Il respectera bien entendu la séquence de forage et le protocole recommandé par le fabricant. L'implant ainsi mis en place possède une stabilité primaire, mais présente un défaut osseux laissant des spires exposées, ce qui va nécessiter la mise en place d'une R.O.G

-Afin de faciliter la formation du caillot sanguin sous la membrane, les corticales osseuses autour du défaut peuvent être perforées à l'aide d'une fraise fine, afin de favoriser le saignement (stimulation endostée).



Figure 24: La lésion est débridée et on réalise une stimulation endostée.

2.3 Mise en place du matériau de comblement

-Outre le rôle évident de maintien de l'espace sous-membranaire, la mise en place d'un matériau de comblement peut potentialiser la formation osseuse.

-L'idéal est de disposer d'os autogène, car c'est le seul à être ostéo-inducteur et ostéoconducteur.

-L'os autogène peut être récupéré lors du forage, ou prélevé en intra-buccal (symphyse, zone rétro-molaire, ramus, épine nasale antérieure).

-Si la quantité d'os autogène est insuffisante, il est possible de le mélanger à un biomatériau (type Bio-oss®).

-Si on ne dispose pas d'os autogène, il est possible d'utiliser un biomatériau seul. Comme nous l'avons vu dans le chapitre 3, les matériaux semblant les plus indiqués pour cette utilisation semblent être les matériaux xénogéniques (type Bio-oss®, GEISTLICH) ou les mélanges biphasés d'hydroxyapatite et de β -TCP (type SBS 60/40®, EXPANSCIENCE).

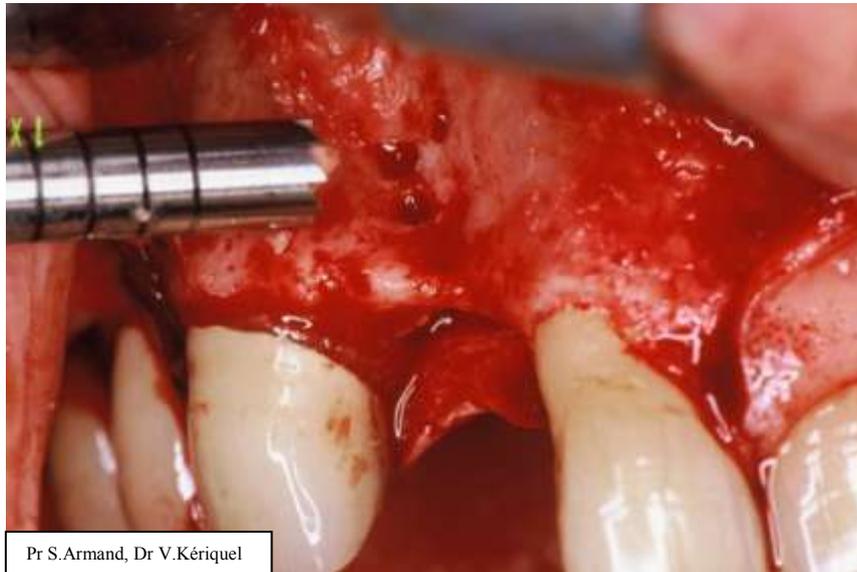


Figure 25: Mise en place d'os autogène prélevé à l'aide du K-system®.

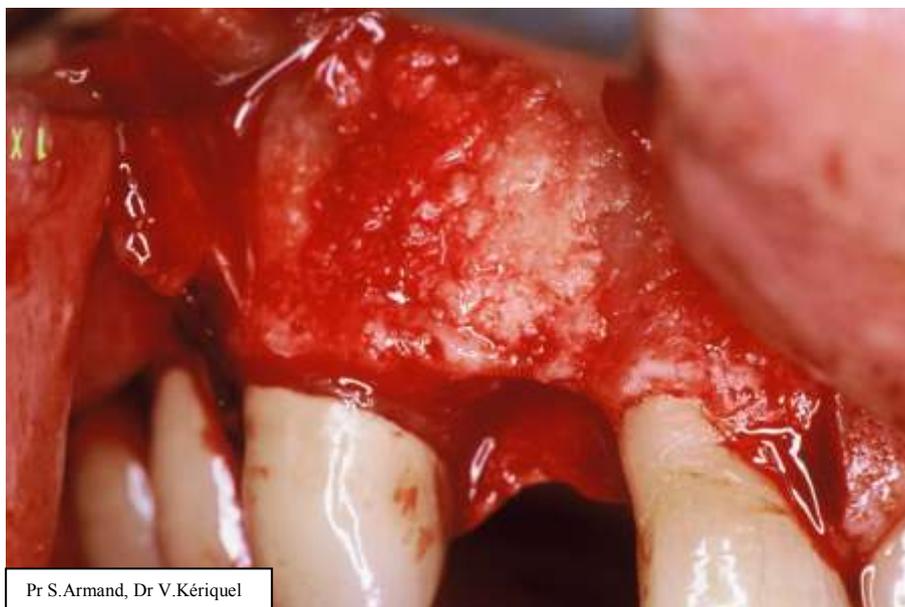


Figure 26: Modelage du greffon dans le défaut osseux

2.4 Mise en place de la membrane

-Dans le cas d'une R.O.G pré-implantaire, il est préférable de choisir une membrane GTAM®, car le deuxième temps opératoire est de toute façon nécessaire pour poser l'implant.

-Dans le cas d'une R.O.G mise en place en même temps que l'implant, une membrane collagène ayant un temps de résorption adaptée pourra être utilisée avec bénéfice (Bio-gide®, GEISTLICH par exemple), car elle ne nécessitera pas de ré-entrée chirurgicale. Dans cette situation le praticien n'aura pas la possibilité de contrôler visuellement le gain osseux.

-La préparation de la membrane est une étape délicate, pour laquelle certaines précautions sont à prendre :

- Avant de manipuler la membrane il est préférable de changer de gants stériles.
- Les manipulations et essayages de la membrane doivent être réduits au maximum, dans le but de limiter le risque de contamination membranaire.
- Dans cette optique, un patron peut être utilisé avec bénéfice : la manipulation de la membrane ne se fera qu'au moment où sa forme idéale aura été trouvée.
- Si la membrane utilisée est une GTAM-TR®, les découpes doivent se trouver à au moins 3 mm d'un renfort en titane.
- La membrane doit recouvrir de 2 à 3 mm les berges du défaut, en étant parfaitement appliquée sur les surfaces osseuses.
- La membrane doit se trouver à au moins 2 mm des dents adjacentes.
- Les bords de la membrane doivent se trouver à distance (3mm minimum) des incisions
- La membrane mise en place ne doit présenter aucun pli ni angle vif.



Figure 27: Essayage et adaptation d'une membrane GTAM-TR4Y®

2.5 Maintien de l'espace et stabilisation de la membrane (88, 95)

-Si la morphologie du défaut osseux ne permet pas le maintien de l'espace sous-membranaire, Des dispositifs de maintien de l'espace devront être mis en place : vis de maintien d'espace à tête large (système Mincro®).

-De même, comme nous avons vu dans le chapitre 2, la mobilisation de la membrane durant la phase de régénération est néfaste pour la formation osseuse. C'est pourquoi il va être important de stabiliser la membrane au maximum, en utilisant la vis de cicatrisation, et éventuellement des vis chirurgicales (système Mincro®) ou des clous (FRIOS® Fixation set), qui devront être déposés par la suite.

-Pour les membranes résorbables, il existe désormais des pointes résorbables (Resor-Pin®, GEISLICH) qui permettent la stabilisation de la membrane et ne nécessitent pas d'être déposées.

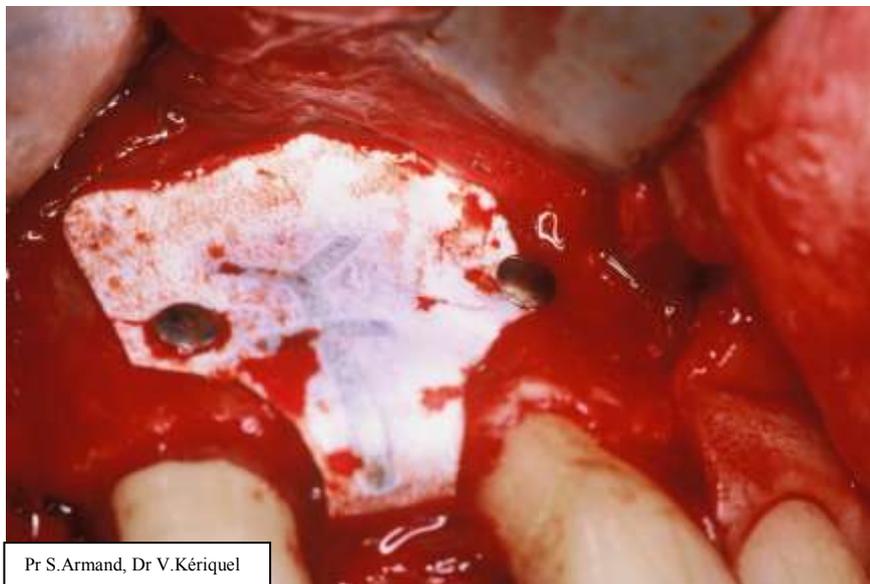


Figure 28: La membrane GTAM-TR® est stabilisée à l'aide de clous (système Friatec,FRIADENT).

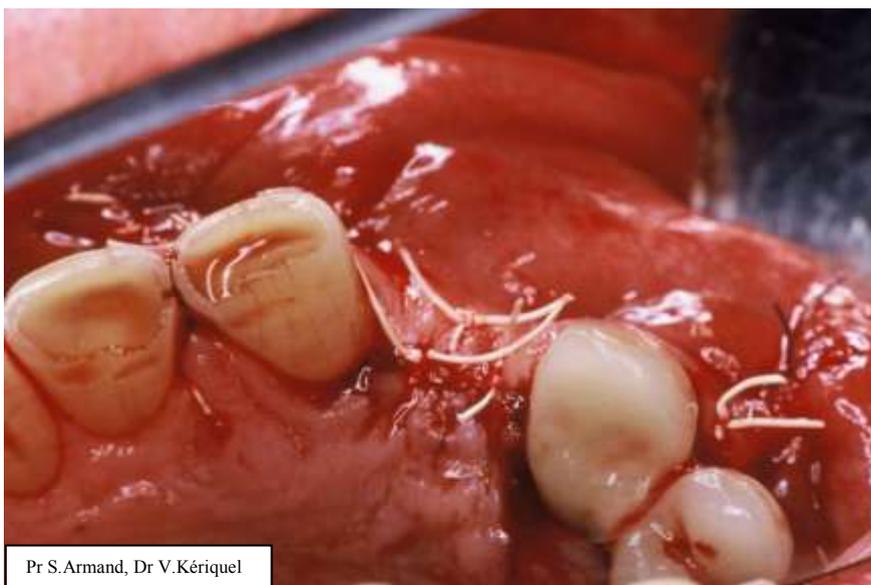
2.6 Fermeture du site (47)

-La fermeture primaire du site et la couverture de la membrane sont indispensables au succès de la R.O.G.

-Afin de permettre la fermeture bord à bord, il pourra être nécessaire de relâcher le périoste par une dissection prudente en direction apicale. Cela aura également pour effet de diminuer la tension du lambeau. Cependant il faudra veiller à ne pas compromettre la vascularisation du lambeau.

-Les sutures devront permettre une bonne fermeture du site. Idéalement, elles se feront par points simples séparés et points matelassiers horizontaux qui permettront un bon placage du lambeau.

-Les fils de suture utilisés seront non résorbables. La société GORE-TEX commercialise des fils de suture en PTFE-e (GORE-TEX® Suture). Ces fils monofilaments sont disponibles en plusieurs diamètres. Grâce aux propriétés du PTFE-e, le fil peut être serti sur une aiguille d'un diamètre très proche de celui du fil. La manipulation de l'aiguille est plus précise et les sutures plus hermétiques. Le matériau étant inerte, le risque de réaction inflammatoire est très limité.



Pr S.Armand, Dr V.Kériquel

Figure 29: Fermeture hermétique du site d'intervention

2.7 Conseils post-opératoires au patient (50)

- Eviter de traumatiser la zone opérée, privilégier une alimentation molle.
- Application d'une poche de froid si un gonflement survient.
- Respect du traitement médicamenteux et des conseils d'hygiène.

3. Actes post-opératoires

3.1 Prescriptions médicamenteuses (89, 95)

3.1.1 Antibiotiques

- De nombreux auteurs conseillent une antibiothérapie (Amoxicilline, 2g/jour, pendant 8 à 10 jours, en commençant la veille de l'intervention ; ou Erythromycine, 1000mg /jour pendant 14 jours).
- Pour d'autres auteurs le risque d'infection en R.O.G n'est pas augmenté en l'absence d'antibiothérapie (40).

3.1.2 Antalgiques

Un antalgique de palier I pourra être prescrit en systématique pendant 3 jours (Paracétamol 500 mg, 2-2-2) puis à la demande. Si cela s'avère insuffisant, on proposera au patient un antalgique de palier II.

3.1.3 Antisepsie locale

Un bain de bouche à la Chlorhexidine sera prescrit jusqu'à la dépose des sutures qui se fera après 10 à 15 jours.

Le patient devra nettoyer les fils quotidiennement avec une gaze imbibée de bain de bouche, et éviter de brosser la zone ou d'utiliser un jet dentaire sur la zone opérée.

3.2 Adaptation de la prothèse transitoire (89, 27)

- Toute pression sur la zone opérée doit être évitée durant la phase de cicatrisation, et ce dans le but d'éviter l'effondrement de la membrane dans le défaut, ou de provoquer une exposition de la membrane.

-C'est pourquoi le port d'une prothèse amovible prenant appui sur la zone opérée sera formellement déconseillé au patient.

-Si le mode de temporisation prothétique est un bridge, les intrados des intermédiaires seront adaptés afin qu'aucune pression ne s'exerce sur la zone de cicatrisation.

3.3 Suivi du patient

-Pendant les 6 premières semaines, le patient sera revu pour un contrôle toutes les semaines. On vérifiera alors le bon déroulement de la cicatrisation et le respect des consignes.

-Ce suivi régulier permettra d'intervenir rapidement en cas de complication.

-La dépose des sutures se fera environ 14 jours après l'intervention.

-Après 6 semaines, les contrôles vont s'espacer pour devenir mensuels.

4. Dépose de la membrane (membrane non résorbable)

4.1 Durée d'enfouissement

-La durée pendant laquelle la membrane doit être laissée en place est fonction du type de défaut osseux à régénérer et de son volume.

-Il est communément admis que la durée minimale d'enfouissement de la membrane est de 6 mois, mais il peut être préférable pour un défaut osseux ayant un volume important de laisser la membrane en place 1 ou 2 mois supplémentaires. La membrane devra être laissée en place maximum 8 mois, passé ce délai, le risque est d'observer une résorption du tissu régénéré.

4.2 Deuxième intervention chirurgicale

-Après avoir réalisé une anesthésie locale de la zone, un lambeau de pleine épaisseur est levé. La membrane est disséquée avec précaution des tissus environnants. Les éventuels clous ou vis de fixation seront également retirés.

-Il est primordial lors de cette étape de ne pas traumatiser le tissu régénéré.

-La dépose de la membrane permettra au praticien d'évaluer la qualité et la quantité de tissu osseux néoformé.

-Une fois la membrane déposée, le praticien peut procéder à la préparation du puits implantaire et à la mise en place de l'implant (cas d'une R.O.G pré-implantaire).

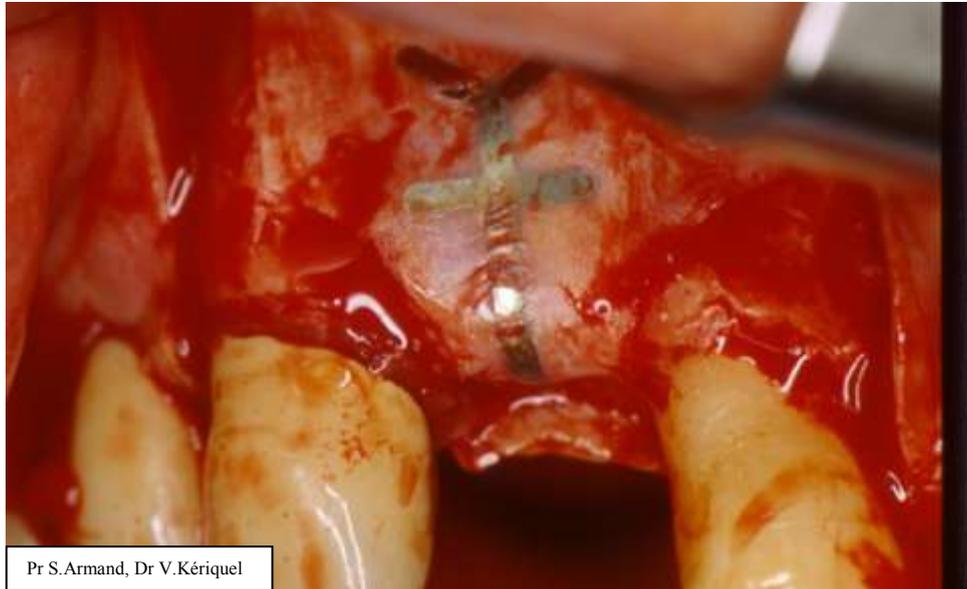


Figure 30: La membrane est bien visible après décollement du lambeau



Figure 31: Après dépose de la membrane, on observe une néo-formation osseuse dans le défaut. Un implant va pouvoir être mis en place dans de bonnes conditions.

6-ECHECS DE LA R.O.G, CONTRE-INDICATIONS

-La R.O.G est une technique éprouvée, qui permet de proposer aux patients la mise en place d'implants dans des situations qui seraient à l'origine peu favorables.

-Cependant la mise en place d'une R.O.G, que cela soit en phase pré-, per-, ou post-implantaire, est une technique exigeante, qui présente des risques d'échec.

-Il appartient au chirurgien-dentiste de connaître les contre-indications à l'utilisation de cette technique, ainsi que de maîtriser les facteurs responsables des échecs liés à la R.O.G afin de savoir réagir lorsque surviennent des complications.

1. Contre-indications

-Les contre indications générales de la R.O.G se recourent avec celles de la pose d'implants. Nous rappellerons ici les principales contre-indications.

1.1 Contre-indications absolues

-Age du patient :

- La pose d'un implant est contre-indiquée chez un jeune patient dont la croissance osseuse n'est pas terminée.
- La mise en place d'une R.O.G péri-implantaire chez un patient trop âgé a un mauvais pronostic, car le potentiel de régénération tissulaire est faible. De même, cette thérapeutique est contre-indiquée chez un patient âgé dont l'état général est altéré.

-Cardiopathies valvulaires à risque Oslerien

-Hémophilie, maladie de Willebrand

-SIDA déclaré

-Diabète non équilibré

-Epilepsie

-Traitement par radiothérapie ou chimiothérapie

-Troubles du métabolisme osseux (maladie de Paget, ostéomalacie, ostéoporose traitée par bisphosphonates...).

-Affection psychiatrique : paranoïa, schizophrénie, démence, troubles de la personnalité.

1.2 Contre-indications relatives.

-Elles nécessitent l'avis d'un médecin, qui pourra décider de suspendre certains traitements :

- Traitement par anti-agrégants plaquettaires ou anticoagulants.
- Traitements par IMAO
- Traitements par corticoïdes

2. Facteurs responsables de l'échec de la R.O.G

2.1 Facteurs techniques

2.1.1 Le plan de traitement

-La mise en place d'une R.O.G est une des étapes d'un plan de traitement global et raisonné, qui a été réfléchi, expliqué au patient, et qui doit permettre le retour à une situation esthétique et fonctionnelle convenant au patient.

- Les indications d'une R.O.G doivent être posées de manière correcte. Il faut que le praticien conserve à l'esprit les limites de la technique : un défaut osseux de grande étendue avec une importante lyse horizontale relèvera par exemple plus des techniques de greffe osseuse d'apposition que de la R.O.G.

-La chronologie de mise en œuvre, les matériaux utilisés, doivent être adaptés à chaque situation clinique.

-Un plan de traitement mal élaboré et une R.O.G mise en place en dehors du champ d'indication de cette technique conduiront inévitablement à un échec.

2.1.2 Habilité de l'opérateur

-La maîtrise technique de l'opérateur et sa connaissance du protocole chirurgical sont un facteur déterminant dans la réussite d'une R.O.G (92).

-Le tracé des incisions doit être parfaitement réalisé, afin qu'elles soient situées à distance des bords de la membrane, et qu'elles puissent permettre une fermeture hermétique du site.

-Les tissus infectés, le tissu de granulation, les résidus de kyste devront être curetés intégralement avant la mise en place de la membrane.

-La découpe de la membrane ne doit pas présenter d'angle vif, et doit permettre de ménager un espace d'au moins 2 mm de distance par rapport aux dents adjacentes.

-La membrane et les matériaux utilisés doivent être manipulés en évitant au maximum toute contamination par la salive.

2.1.3 Asepsie opératoire

-Le respect des règles d'asepsie évoquées dans le chapitre 5 est primordial, et ce en pré- et per-opératoire.

-Tout manquement à ces règles augmente le risque de voir apparaître des complications (106).

2.1.4 Facteurs anatomiques

-L'anatomie de la lésion osseuse peut être définie selon un certain nombre de critères : nombre des parois résiduelles, hauteur et largeur de ces parois, quantité de tissu sain restant, localisation du défaut (maxillaire, mandibule).

-Une bonne observation de l'anatomie de la lésion permet d'une part de poser correctement l'indication d'une R.O.G, et d'autre part d'évaluer les chances de succès du traitement.

-Les études menées montrent clairement que la quantité de tissu osseux régénéré est fonction du nombre de parois résiduelles : le comblement des lésions à 3 parois présente un taux de réussite supérieur aux lésions à 1 paroi (95% de lésions comblées à un an contre 59% pour les défauts à 1 paroi) (45).

-La possibilité de maintien de l'espace sous-membranaire que permet l'anatomie du défaut est également à considérer. Pour une lésion ne permettant pas un maintien naturel de l'espace, il sera indispensable d'utiliser des matériaux permettant d'éviter l'effondrement de la membrane (membrane renforcée, vis d'espacement...).

-Idéalement la gencive doit présenter une bonne épaisseur : un lambeau muco-périosté, s'il est épais présentera un bon potentiel de vascularisation et aura moins de chances de se nécroser lorsqu'il recouvrera la membrane.

2.2 Facteurs bactériens

-Une étude menée sur des prélèvements bactériens réalisés sur des membranes exposées après leur dépose (72) a montré des taux souvent élevés de pathogènes parodontaux (Porphyromonas gingivalis, Prevotella intermedia, ...).

-Ces pathogènes parodontaux colonisent la membrane à partir des lésions parodontales et entraînent une inflammation qui va compromettre la cicatrisation et mener à l'exposition de la membrane (contamination croisée).

-Il est donc indispensable de contrôler les germes pathogènes et de traiter toute lésion parodontale avant d'envisager une R.O.G.

-Il est établi que la présence d'une membrane va créer un contexte favorable au développement de germes anaérobies (64). Ces auteurs préconisent donc la mise en place d'une antibiothérapie par voie générale, en commençant le traitement avant la chirurgie et en le poursuivant au moins 7 jours après.

2.3 Facteurs environnementaux

➤ Le stress

Le stress est reconnu pour être un facteur aggravant des maladies parodontales. Des hypothèses ont été émises pour expliquer ce phénomène :

-Diminution du flux salivaire

-Variations immunologiques affectant la défense de l'hôte

-Modification de la flore bactérienne buccale

-Modification de la concentration salivaire en IgA

D'une manière générale, le stress étant nocif pour le parodonte, il va avoir un impact négatif sur la R.O.G.

➤ Le tabac

-L'effet néfaste du tabac sur le parodonte est connu depuis de nombreuses années. En effet la consommation de tabac entraîne une moins bonne cicatrisation parodontale, car la nicotine induit un ralentissement de la prolifération cellulaire et du métabolisme tissulaire (87). De plus les substances toxiques contenues dans la fumée du tabac provoquent une altération de la fonction des polynucléaires, et donc une augmentation du risque infectieux.

-Chez les patients tabagiques, le risque d'exposition membranaire en R.O.G est donc majoré. Il est donc préférable d'envisager un traitement implantaire avec ou sans R.O.G uniquement après un sevrage tabagique.

3. Complications de la R.O.G : les expositions membranaires

-Le terme d'exposition membranaire correspond au contact direct entre la membrane mise en place et la cavité buccale, entraînant une contamination bactérienne de la membrane.

-En R.O.G, la majorité des échecs observés sont la conséquence d'une exposition membranaire (37).

-L'exposition de la membrane est souvent la conséquence de la nécrose d'une partie du lambeau, ou du lâchage de sutures.

-Le risque d'exposition membranaire augmente dans les cas suivants :

- Parodonte fin : la vascularisation complète du lambeau est délicate à maintenir.
- Membrane rigide : comme nous l'avons vu dans le chapitre 3, le risque d'exposition est plus grand avec les membranes titane qu'avec les membranes résorbables.
- Pression excessive d'une prothèse adjointe : le port d'une prothèse adjointe doit être évité. Si cela est impossible, l'intrados de la prothèse doit être déchargé au maximum au niveau de la zone opérée.



Figure 32: Membrane de R.O.G exposée (d'après document GORE-TEX®)

-Conduite à tenir en cas d'exposition membranaire (62) :

- Ne pas chercher à recouvrir la membrane exposée. Si l'exposition est partielle et qu'aucun signe infectieux n'est cliniquement visible, il est préférable de ne pas réintervenir immédiatement, car un gain osseux reste possible.
- Mettre en place un suivi régulier du patient, au moins une fois par semaine.
- Réaliser une désinfection de la membrane avec de l'eau oxygénée à 3% ou une préparation de chlorhexidine à 0,2%. D'autres auteurs proposent l'utilisation de la Bétadine® stomatologique.
- Des bains de bouche à base de chlorhexidine sont prescrits au patient (3 par jour).
- Il faut essayer de conserver la membrane en place au moins 4 semaines, ce qui correspond au temps nécessaire à la formation d'un tissu ostéoïde dans le défaut.

-Il faudra lors de la dépose de la membrane respecter au maximum ce tissu osseux en formation. Il est possible d'observer des gains osseux conséquents malgré l'exposition partielle d'une membrane, mais cette complication assombrit inévitablement le pronostic de la R.O.G, et nécessite un suivi très attentif de la part du praticien.

-L'exposition totale de la membrane ou l'apparition de signes d'infection nécessitent la prescription d'un traitement antibiotique et la dépose immédiate de la membrane. On cherchera alors à couvrir le tissu ostéoïde en formation de manière hermétique, en réalisant au besoin un apport de tissu gingival par une greffe. Dans ces situations le gain osseux obtenu sera souvent nul ou négligeable.

CONCLUSION

La régénération osseuse guidée est une thérapeutique éprouvée qui permet d'élargir le champ d'indication de l'implantologie, en rendant possible la pose d'implants sur des sites où cela était à l'origine impossible.

Cette technique permet d'améliorer les traitements implantaires et permet lorsque la perte osseuse est limitée d'éviter le recours aux reconstructions pré-implantaires plus lourdes, ainsi qu'aux prélèvements osseux intra- ou extra oraux.

La réussite d'une thérapeutique de R.O.G nécessite de la part du praticien une grande rigueur : il devra poser l'indication de la technique avec précision, et mettre en œuvre le protocole adéquat en respectant toutes les conditions nécessaires au succès de la régénération : préparation du lambeau, préparation du site osseux, découpe et stabilisation de la membrane, maintien de l'espace sous-membranaire, fermeture hermétique du site.

Malgré toutes ces précautions, une complication peut toujours survenir, c'est pourquoi la surveillance du patient se devra d'être très attentive, afin de pouvoir intervenir au plus vite.

En cas d'échec, le praticien devra pouvoir proposer des solutions à son patient : la mise en place d'une nouvelle R.O.G après cicatrisation, ou la mise en œuvre d'une autre technique de reconstruction osseuse.

La R.O.G est une technique qui présente des limites dont le praticien doit être conscient : les défauts osseux volumineux et étendus (crête en « lame de couteau », par exemple) relèveront de techniques plus lourdes telles que les greffes osseuses d'apposition, les distractions alvéolaires, ou la dérotation du nerf alvéolaire inférieur.

Les perspectives de recherche sont intéressantes et devront permettre d'améliorer encore les thérapeutiques de R.O.G.

- La recherche permettra de développer des membranes de plus en plus performantes, et des biomatériaux dont les propriétés se rapprocheront de plus en plus de l'os autogène.
- L'utilisation des facteurs de croissance est également une voie d'avenir. Ils devront permettre d'accélérer la maturation osseuse et d'améliorer les qualités du tissu régénéré. Les concentrés plaquettaires sont une première étape dans cette démarche, même si leur efficacité réelle mérite d'être confirmée par d'autres études.

TABLE DES FIGURES

<u>Figure 1 : Classification de la résorption osseuse verticale (d'après LEKHOLM et ZARB</u>	15
<u>Figure 2 : Exemple de déhiscence péri-implantaire (d'après plaquette publicitaire GORE-TEX®)</u>	17
<u>Figure3 : Membrane en PTFE-e vue au MEB (d'après www.gore.com)</u>	34
<u>Figure 4 : Membrane GTAM® en place, fixée par deux vis (d'après dentalespace.com) Courtoisie du Dr Raphaël BETTACH.</u>	35
<u>Figure 5 : Les deux parties d'une membrane GTAM® (d'après plaquette publicitaire GORE-TEX)</u>	36
<u>Figure 6 : Membrane GTAM-TR9W® en place sur un défaut osseux de grande étendue (d'après dentalespace.com).Courtoisie du Dr Raphaël BETTACH.</u>	37
<u>Figure 7 : Les différentes formes de membrane GTAM-TR® (d'après documentation GORE-TEX)</u>	38
<u>Figure 8 : Membrane titane (d'après dentalespace.com).(Courtoisie du Dr Raphaël BETTACH.)</u>	40
<u>Figure 9 :Treillis Vicryl® mis en place sur un site d'extraction (d'après dentalespace.com).(Courtoisie du Dr Raphaël BETTACH).</u>	41
<u>Figure 10 : Présentation de la membrane Bio-Gide® (d'après geistlich.com)</u>	42
<u>Figure 11 : Structure bi-couche de la membrane Bio-Gide® (d'après geistlich.com)</u>	43
<u>Figure 12: Mise en place d'une membrane Bio-Gide® (d'après geistlich.com)</u>	43
<u>Figure 13 : Le système Mincro® (d'après plaquette publicitaire OSTEOMED)</u>	49
<u>Figure 14 : Prélèvement osseux à distance à l'aide du K-System®</u>	53
<u>Figure 15 : Dispositif Bone Trap (d'après plaquette publicitaire ASTRA TECH)</u>	54

<u>Figure 16 : Récupération de l'os de fraisage à l'aide du Bone Trap® (d'après plaquette publicitaire ASTRA TECH)</u>	54
<u>Figure 17: Mise en œuvre du Bio-oss® (d'après geistlich.com)</u>	57
<u>Figure 18: Défaut osseux comblé par du bio-oss (d'après geistlich.com)</u>	58
<u>Figure 19 : Processus de régénération osseuse par le Bio-oss® (d'après geistlich.com)</u>	59
<u>Figure 20: Implant présentant une déhiscence vestibulaire (d'après geistlich.com)</u>	66
<u>Figure 21: Site présentant un défaut osseux et devant bénéficier d'une R.O.G pré-implantaire.</u>	78
<u>Figure 22: Réalisation des incisions</u>	78
<u>Figure 23: Le lambeau est levé. Le défaut osseux est mis en évidence à l'aide d'une sonde parodontale</u>	79
<u>Figure 24: La lésion est débridée et on réalise une stimulation endostée</u>	80
<u>Figure 25: Mise en place d'os autogène prélevé à l'aide du K-system®</u>	81
<u>Figure 26: Modelage du greffon dans le défaut osseux</u>	81
<u>Figure 27: Essayage et adaptation d'une membrane GTAM-TR4Y®</u>	82
<u>Figure 28: La membrane GTAM-TR® est stabilisée à l'aide de clous (système FRIATEC®, FRIADENT).</u>	83
<u>Figure 29 : Fermeture hermétique du site d'intervention.</u>	84
<u>Figure 30 : La membrane est bien visible après décollement du lambeau.</u>	87
<u>Figure 31: Après dépose de la membrane, on observe une néo-formation osseuse dans le défaut. Un implant va pouvoir être mis en place dans de bonnes conditions.</u>	87
<u>Figure 32: Membrane de R.O.G exposée (d'après document -TEX)</u>	94

TABLES DES ABREVIATIONS

B.M.P: Bone Morphogenetic Protein

D.F.D.B: Demineralised Freeze Dried Bone (Os lyophilisé déminéralisé)

GTAM : Gore-Tex® Augmentation Material.

GTAM-TR : Gore-Tex® Augmentation Material-Titanium Reinforced.

F.D.B: Freeze Dried Bone (os lyophilisé)

F.G.F: Fibroblast Growth Factor

H.G.F: Hepatocyte Growth Factor

I.G.F: Insulin-like Growth Factor

P.D.G.F: Platelet-Derived Growth Factor

P.R.F: Platelet Rich Plasma

P.R.P : Platelet Rich Fibrin

P.T.F.E-e : Polytétrafluoroéthylène expansé.

T.C.P: Phosphate Tricalcique

T.G.F: Transforming Growth Factor

R.O.G : Régénération Osseuse Guidée.

R.T.G : Régénération Tissulaire Guidée.

ANNEXES

Annexe 1 : autorisation de reproduction des figures 2p. 17, 3p. 34, 5p. 36, 7p. 38, 32p. 94:

Dear Sir or Madam,

Whithin the framework of my thesis (about “guided bone regeneration in oral implantology”), for the obtention of the diploma in dental surgery, I would like to reproduce the following document showed on your web-site:

- The document showing the various configurations of GORETEX Regenerative membrane titanium reinforced
- The photography showing a membrane exposure.
- The document showing e-PTFE structure seen with a EBM
- The photography showing The two parts of GTAM membrane.
- The photography “case image 2” in “**Technical Tips to Increase Predictability When Using Gore Regenerative Membranes. Keys to Successful Bone Regeneration Procedures**”

I ask for your authorization to reproduce these photographies to illustrate my thesis.

I am looking forwards to hearing from you, Yours fairthfully,

BLAT julien, (julien.blat@voila.fr)

(Odontolgy student, University of Nantes, FRANCE)

La reponse de GORE MEDICALS:

Message du 07/11/07 à 19h39

> De : "Pamela A Hickey" <phickey@wlgore.com>

> A : Julien.blat@voila.fr

> Copie à : "John P Sullivan" <jpsulliv@wlgore.com>, "Scott A Cahoone" <scahoone@wlgore.com>

> Objet : Image Request

>

> Dear Julien,

>

> With regard to the recent request that you made via our website, please

> find attached the images asked. If you have any questions or need additional information, please let me know.

>

>

>

> **Pam Hickey**

> Media Rep / Event Organizer, GSP

> Medical Products Group

> W. L. Gore & Associates, Inc.

> 301 Airport Road / P. O. Box 1408

> Elkton, MD 21922

> Tel: 410-506-8283

> Mobile: 302-222-9632

> FAX: 410-506-8221>

Annexe 2 : autorisation de reproduction des figures 10p. 42, 11p. 43, 12p.43,

17p. 57, 18p. 58, 19p. 59, 20p. 66 :

Dear Sir or Madam,

Whithin the framework of my thesis (about “guided bone regeneration in oral implantology”), for the obtention of the diploma in dental surgery, I would like to reproduce the following photographies showed on your web-site:

-Photographies of the product line Bio-oss and Bio-Gide (product packing and presentation)

-photographies number 1), 2), 3) of the case concerning “regeneration with simultaneous implantation”

(Prof. Dr. Christoph Hämmerle, Zurich University, Switzerland)

-the photography showing “Bio-Gide®- Bilayer design (SEM 100x)”

-the photography showing bio-gide handling (“Bio-Gide® becomes adhesive when saturated with fluid.”)

I ask for your authorization to reproduce these photographies to illustrate my thesis.

I am looking forwards to hearing from you, Yours faithfully,

BLAT julien, (julien.blat@voila.fr)

(Dental surgery student, University of Nantes, FRANCE)

La reponse de GEISTLICH BIOMATERIALS:

Dear Mr Blat

Thank you for your e-mail and your interest in our products. We are pleased to give you the authorization to use the requested pictures for your thesis.

The authors of the clinical pictures, Prof. Christoph Hämmerle and Prof. Daniel Buser have already given their permission to reproduce their pictures. Please note that these pictures have copyright protection. Please use them only while mentioning the name of the respective treating dentist.

You can download all requested pictures from our ftp-server this very day. I will inform you about the corresponding link this afternoon.

For further information do not hesitate to contact us. Good luck for your thesis!

Yours sincerely,
Geistlich Biomaterials

Lorella Emmenegger
Assistant Marketing

Geistlich Pharma AG Tel. +41-41-492 56 24
Division Biomaterials Fax +41-41-492 56 39
Bahnhofstrasse 40 emmenegger@geistlich.ch
CH-6110 Wolhusen www.geistlich.com

Annexe 3: autorisation de reproduction des figures 4p. 35, 6p. 37, 8p. 40, 9p. 41:

Cher Dr Bettach,

Dans le cadre de ma thèse portant sur « l'apport de la régénération osseuse guidée dans la thérapeutique implantaire », je sollicite votre autorisation pour reproduire des photos de vos cas cliniques figurant sur le site dentalespace.com

Dans l'attente de votre réponse, veuillez recevoir, monsieur, l'assurance de mes sentiments les meilleurs.

Julien BLAT

(étudiant en chirurgie-dentaire, faculté de NANTES)

Julien.blat@voila.fr

La réponse du Dr Raphael BETTACH:

From: "Raphael BETTACH" <bettach@wanadoo.fr>

To: <julien.blat@voila.fr>

Subject: Dr Bettach

Date: Sat, 27 Oct 2007 13:25:14 +0200

Bonjour,

Je viens de recevoir votre message.

Il n'y a pas de problèmes à reproduire des photos de mes cas cliniques à la seule condition que soit noté mon nom dessus, autour ou à côté.

Si vous avez besoin de plus jolis cas sur les membranes résorbables en collagène, je peux vous en envoyer.

Dites moi ce dont vous avez besoin.

Bien cordialement.

Dr Bettach

Annexe 4 : autorisation de reproduction de la figure 13p. 49 :

-----Original Message-----

From: julien.blat@voila.fr [mailto:julien.blat@voila.fr]

Sent: Sunday, October 28, 2007 12:32 PM

To: Web Info

Subject: thesis

Dear Sir or Madam,

Whithin the framework of my thesis (about "guided bone regeneration in oral implantology"), for the obtention of the diploma in dental surgery, I would like to reproduce the following photography showed on your web-site:

-Photography of the Mincro system product.

I ask for your authorization to reproduce this photography to illustrate my thesis.

I am looking forwards to hearing from you, Yours fairthfully,

BLAT julien, (julien.blat@voila.fr)

(Odontolgy student, University of Nantes, FRANCE)

La réponse de OSTEOMED:

From :Roxanne Macias" rmacias@osteomed.com

To: julien.blat@voila.fr

30/10/07 à 17h53

FW: thesis

Dear Mrs. Blat,

Your request to use our photograph is approved.

Regards,

Roxanne Macias

Annexe 5 : autorisation de reproduction de la figure 15p. 54 et 16p.54 :

-----Message d'origine-----

De : julien.blat@voila.fr [mailto:julien.blat@voila.fr] Envoyé : dimanche 28 octobre 2007 18:38 À : +Commande Dentaire, FRPA-Astra Tech; de Goesbriand, Marie Objet :
Autorisation de reproduction pour une thèse

Madame,monsieur

Dans le cadre de ma thèse portant sur « l'apport de la régénération osseuse guidée dans la thérapeutique implantaire », je sollicite votre autorisation pour reproduire des photos figurant sur votre site web :

-La photo montrant le dispositif Bone-Trap®

-Les photos 1, 2, 3 de la procédure clinique du dispositif BoneTrap®

Dans l'attente de votre réponse, veuillez recevoir, madame,monsieur, l'assurance de mes sentiments les meilleurs.

Julien BLAT
(étudiant en chirurgie-dentaire, faculté de NANTES)
Julien.blat@voila.fr

La réponse de ASTRATECH :

-----Message d'origine-----

De :
Envoyé : mercredi 31 octobre 2007 15:51
À : 'julien.blat@voila.fr'
Objet : TR: Autorisation de reproduction pour une thèse

Bonjour Monsieur Blat,

Nous sommes heureux de l'intérêt que vous portez à nos produits.

Je vous prie de bien vouloir trouver ci-joint l'autorisation d'utiliser les images du BoneTrap dans le cadre de votre thèse.

Avez-vous déjà posé des implants ? Passé un DU d'implantologie ?
Quels sont vos projets après votre soutenance de thèse ?

Au plaisir de vous lire,
Bien cordialement

Sophie Gafsou

Communication Manager, Dental Department Astra Tech France 7, rue Eugène et Armand
Peugeot

92563 Rueil-Malmaison Cedex

Tel Service Clients : 0821 20 01 01- Fax Service Clients : 01 41 39 97 42 Tel direct: +33 1 41
39 05 41- Fax direct: +33 1 41 39 02 48

Port: +33 6 78 87 88 87

E-mail: sophie.gafsou@astratech.com

www.astratechdental.fr

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. ADELL R, LEKHOLM U, ROCKLER B et BRANEMARK PI.

A 15-year study of osseointegrated implants in the treatment of the edentulous jaw.
Int J Oral Surg 1981;**6**:387-416.

2. AL RUHAIMI KA.

Bone graft substitutes: a comparative qualitative histologic review of current osteoconductive grafting materials.
Int J Oral Maxillofac Implants 2001;**16**(1):105-114.

3. ANTOUN H.

Reconstruction osseuse par autogreffe préalable à la mise en place d'un implant.
Chir Dent Fr 1998;**878**:31-38.

4. ATWOOD DA.

The problem of reduction of residual ridges.
In : WINKLER J, eds. Essentials of complete denture prosthodontics.
Philadelphie : WB Saunders, 1979:38-59.

5. BAHAT O.

Treatment planning and placement of implants in the posterior maxillae: report of 732 consecutive Nobelpharma implants.
Int J Oral Maxillofac Implants 1993;**8**(2):151-161.

6. BANKS HH.

The healing of intra-articular fractures.
Clin Orthop Relat Res 1965;**40**:17-29.

7. BASSETT CA, CREIGHTON DK et STINCHFIELD FE.

Contributions of endosteum, cortex, and soft tissues to osteogenesis.
Surg Gynecol Obstet 1961;**112**:145-152.

8. BECKER W et BECKER BE.

Guided tissue regeneration for implants placed into extraction sockets and for implant dehiscences: surgical techniques and case report.
Int J Periodont Rest Dent 1990;**10**(5):376-391.

9. BECKER W, BECKER BE, OCHSENBEIN C et coll.

Apposition osseuse autour du filetage exposé d'un implant par utilisation d'une membrane isolante : étude pilote chez le chien.
Rev Int Parodont Dent Rest 1990;**2**:93-100.

10. BECKER W, DAHLIN C, BECKER BE et coll.

The use of e-PTFE barrier membranes for bone promotion around titanium implants placed into extraction sockets: a prospective multicenter study.
Int J Oral Maxillofac Implants 1994;**9**(1):31-40.

11. BENHAMOU A, LEVY J et ALLOUCHE L.

Apport des membranes titane dans la régénération osseuse guidée en implantologie orale.
Chir Dent Fr 1996;**817**:27-34.

12. BERT M.

La prothèse sur implants.
Actual Odontostomatol (Paris) 1987;**160**:763-775.

13. BERT M et MISSIKA P.

Les implants osteointegrables.
Paris : CDP, 1992.

14. BERT M et MISSIKA P.

Le point sur l'osteointegration.
Inf Dent 1994;**76**(30):2603-2604.

15. BETTACH R.

Greffes autogenes et allogenes : l'interet du PRF (platelet rich fibrin).
Implantodontie 2003;**5**:95-100.

16. BLOM EJ, KLEIN-NULEND J, KLEIN CP et coll.

Transforming growth factor-beta1 incorporated during setting in calcium phosphate cement stimulates bone cell differentiation in vitro.
J Biomed Mater Res 2000;**50**(1):67-74.

17. BLOM EJ, KLEIN-NULEND J, YIN L et coll.

Transforming growth factor-beta1 incorporated in calcium phosphate cement stimulates osteotransductivity in rat calvarial bone defects.
Clin Oral Implants Res 2001;**12**(6):609-616.

18. BOIX D, WEISS P, GAUTHIER O et coll.

Injectable bone substitute to preserve alveolar ridge resorption after tooth extraction: a study in dog.
J Mater Sci Mater Med 2006;**17**(11):1145-1152.

19. BOYNE PJ.

Regeneration of alveolar bone beneath cellulose acetate filter implant.
J Dent Res 1964;**43**:826-827.

20. BRANEMARK PI, HANSSON BO, ADELL R J et coll.

Osseointegrated implants in the treatment of edentulous jaw. Experience from a 10-year period.
Scand J Plast Reconstr Surg 1977;**11**:1-132.

21. BURCHARDT H.

Biology of bone transplantation.
Orthop Clin North Am 1987;**18**(2):187-196.

22. CANCIAN DC, HOCHULI-VIEIRA E, MARCANTONIO RA et MARCANTONIO E JR.

Use of BioGran and Calcitite in bone defects: histologic study in monkeys (*Cebus apella*).
Int J Oral Maxillofac Implants 1999;**14**(6):859-864.

23. CARLSSON GE et PERSSON G.

Morphologic changes of the mandible after extraction and wearing of dentures.
Odont Rev 1967;**18**:27-54.

24. CAUDILL RF et MEFFERT RM.

Histologic analysis of the osseointegration of endosseous implants in simulated extraction sockets with and without e-PTFE barriers. 1. Preliminary findings.
Int J Periodont Rest Dent 1991;**11**(3):207-215.

25. CELLETTI R, DAVARPANAH M, ETIENNE D et coll.

Guided tissue regeneration around dental implants in immediate extraction sockets: comparison of e-PTFE and a new titanium membrane.

Int J Periodont Rest Dent 1994;**14**(3):242-253.

26. CHOUKROUN J, DISS A, SIMONPIERI A et coll.

Platelet-rich fibrin (PRF): a second-generation platelet concentrate. Part V: histologic evaluations of PRF effects on bone allograft maturation in sinus lift.

Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 2007;**103**(5):587-593.

27. CORTELLINI P, PINI PRATO G et TONETTI MS.

Periodontal regeneration of human infrabony defects. V. Effect of oral hygiene on long term stability.

J Clin Periodontol 1994;**21**(9):606-610.

28 DAHLIN C, LINDE A, GOTTLOW J et NYMAN S.

Healing of bone defects by guided tissue regeneration.

Plast Reconstr Surg 1988;**81**(5):672-676.

29. DAHLIN C, SENNERBY L, LEKHOLM U et coll.

Generation of new bone around titanium implants using a membrane technique: an experimental study in rabbits.

Int J Oral Maxillofac Implants 1989;**4**(1):19-25.

30. DAVARPANAH M, TECUCIANU JF, SLAMA M et CELLETTI R.

Régénération osseuse en implantologie: utilisation des membranes Gore-tex® GTAM.

J Parodontol 1991;**10**(2):169-176.

31. DONOS N, KOSTOPOULOS L et KARRING T.

Alveolar ridge augmentation using a resorbable copolymer membrane and autogenous bone grafts. An experimental study in the rat.

Clin Oral Implants Res 2002;**13**(2):203-213.

32. ELEK SD et CONEN PE.

The virulence of Staphylococcus pyogenes for man; a study of the problems of wound infection.

Br J Exp Pathol 1957;**38**(6):573-586.

33. FANG TD, NACAMULI RP, SONG HJ et coll.

Guided tissue regeneration enhances bone formation in a rat model of failed osteogenesis.

Plast Reconstr Surg 2006;**117**(4):1177-1185.

34. FLEISHER N, DE WAAL H et BLOOM A.

Regeneration of lost attachment apparatus in the dog using Vicryl absorbable mesh (Polyglactin 910).

Int J Periodont Rest Dent 1988;**8**(2):44-55.

35. FRIEDMANN A, STRIETZEL FP, MARETZKI B et coll.

Histological assessment of augmented jaw bone utilizing a new collagen barrier membrane compared to a standard barrier membrane to protect a granular bone substitute material.

Clin Oral Implants Res 2002;**16**:587-594.

36. FRIEDENSTEIN AJ.

Determined and inductible osteogenic precursor cells.
Ciba Found Symp 1973;**11**:169-175.

37. FUGAZZOTTO PA.

Report of 302 consecutive ridge augmentation procedures: technical considerations and clinical results.
Int J Oral Maxillofac Implants 1998;**13**(3):358-368.

38. GARDELLA J.P et RENOUARD F.

Régénération osseuse guidée, greffe osseuse autogène : limites et indications.
J Parodontol Implantol Orale 1999;**18**(2):127-142.

39. GREAVES P, MARTIN JM et RABEMAMPIANINA Y.

Malignant fibrous histiocytoma in rats at sites of implanted millipore filters.
Am J Pathol 1985;**120**(2):207-214.

40. GYNTHNER GW, KONDELL PA, MOBERG LE et HEIMDAHL A.

Dental implant installation without antibiotic prophylaxis.
Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 1998;**85**(5):509-511.

41. HOCK JM et CANALIS E.

Platelet-derived growth factor enhances bone cell replication, but not differentiated function of osteoblasts.
Endocrinology 1994;**134**(3):1423-1428.

42. HOCK JM, CENTRELLA M et CANALIS E.

Insulin-like growth factor I has independent effects on bone matrix formation and cell replication.
Endocrinology 1988;**122**(1):254-260.

43. HONG L, MIYAMOTO S, HASHIMOTO N et TABATA Y.

Synergistic effect of gelatin microspheres incorporating TGF-beta1 and a physical barrier for fibrous tissue infiltration on skull bone formation.
J Biomater Sci Polym Ed 2000;**11**(12):1357-1369.

44. HUNT DR et JOVANOVIC SA.

Autogenous bone harvesting: a chin graft technique for particulate and monocortical bone blocks.
Int J Periodont Rest Dent 1999;**19**(2):165-173.

45. JONES AA, BUSER D, SCHENK R et coll.

The effect of rhBMP-2 around endosseous implants with and without membranes in the canine model.
J Periodontol 2006;**77**(7):1184-1193.

46. JOVANOVIC SA.

Protected space development for bone formation using reinforced barrier membranes.
In : NEVINS M, MELLONIG JT, eds. Clinical approaches and evidence of success.
Chicago : Quintessence Publishing, 1998:91-98.

47. JOVANOVIC SA et BUSER D.

Guided bone regeneration in dehiscence defects and delayed extraction sockets.
In: BUSER D, DAHLIN C, SCHENK RK, eds. Guided bone regeneration in implant dentistry.
Chicago : Quintessence Publishing, 1994:155-188.

48. JOVANOVIC SA et GIOVANNOLI JL.

Régénération osseuse guidée et ostéointégration.
Réal Clin 1992a;3:371-379.

49. JOVANOVIC SA et GIOVANNOLI JL.

Application des principes de la régénération tissulaire guidée au traitement des défauts osseux péri-implantaires.
J Parodontol 1992b;11:29-44.

50. JOVANOVIC SA, SPIEKERMANN H et RICHTER EJ.

Bone regeneration around titanium dental implants in dehiscence defect sites: a clinical study.
Int J Oral Maxillofac Implants 1992;7(2):233-245.

51. KABASHIMA H et NAGATA K.

Presence of interleukin-4-producing cells for human bone regeneration after application of guided tissue regeneration membranes.
J Endod 2001;27(7):444-448.

52. KASSOLIS JD, ROSEN PS et REYNOLDS MA.

Alveolar ridge and sinus augmentation utilizing platelet-rich plasma in combination with freeze-dried bone allograft: case series.
J Periodontol 2000;71(10):1654-1661.

53. KOHAL RJ, TREJO PM, WIRSCHING C et coll.

Comparison of bioabsorbable and bioinert membranes for guided bone regeneration around non-submerged implants. An experimental study in the mongrel dog.
Clin Oral Implants Res 1999;10(3):226-237.

54. KUSIAK JF, ZINS JE et WHITAKER LA.

The early revascularization of membranous bone.
Plast Reconstr Surg 1985;76(4):510-516.

55. LE NIHOUANNEN D, DACULSI G, SAFFARZADEH A et coll.

Ectopic bone formation by microporous calcium phosphate ceramic particles in sheep muscles.
Bone 2005;36(6):1086-1093.

56. LE NIHOUANNEN D, SAFFARZADEH A, GAUTHIER O et coll.

Bone tissue formation in sheep muscles induced by a biphasic calcium phosphate ceramic and fibrin glue composite.
J Mater Sci Mater Med 2007;10.(Epub)

57. LEE YM, PARK YJ, LEE SJ et coll.

The bone regenerative effect of platelet-derived growth factor-BB delivered with a chitosan/tricalcium phosphate sponge carrier.
J Periodontol 2000;71(3):418-424.

58. LEKHOLM U et ZARB GA.

Patient selection.

In : BRANEMARK PI, ZARB GA, ALBREKTSSON T, eds. Tissue integrated prosthesis, osseointegration in clinical dentistry
Chicago : Quintessence, 1985:199-209.

59. LIND M, DELEURAN B, THESTRUP-PEDERSEN K et coll.

Chemotaxis of human osteoblasts. Effects of osteotropic growth factors.
APMIS. 1995;**103**(2):140-146.

60. LINGHORNE WJ.

The sequence of events in osteogenesis as studied in polyethylene tubes.
Ann NY Acad Sci 1960;**85**:445-460.

61. LU L, YASZEMSKI MJ et MIKOS AG.

TGF-beta1 release from biodegradable polymer microparticles: its effects on marrow stromal osteoblast function.
J Bone Joint Surg Am 2001;**83**-A(Suppl. 1, Pt 2):S82-91.

62. MACHTEI EE.

The effect of membrane exposure on the outcome of regenerative procedures in humans: A meta-analysis.
J Periodontol 2001;**72**(4):512-516.

63. MAO C, SATO J, MATSUURA M et SETO K.

Guided tissue regeneration around dental implants in immediate extraction sockets: comparison of resorbable and nonresorbable membranes.
Chin Med Sci J 1997;**12**(3):170-174.

64. MATTOU P, NOWZARI H et MATTOU C.

Complications post-chirurgicales de la régénération osseuse guidée.
J Parodontol Implantol Orale 1996;**15**(2):185-197.

65. MELCHER AH et DENT HD.

The use of heterogenous anorganic bone as an implant material in oral procedures.
Oral Surg Oral Med Oral Pathol 1962;**15**:996-1000.

66. MERLI M, MIGANI M, BERNARDELLI F et ESPOSITO M.

Vertical bone augmentation with dental implant placement: efficacy and complications associated with 2 different techniques. A retrospective cohort study.
Int J Oral Maxillofac Implants 2006;**21**(4):600-606.

67. MITLAK BH, FINKELMAN RD, HILL EL et coll.

The effect of systemically administered PDGF-BB on the rodent skeleton.
J Bone Miner Res 1996;**11**(2):238-247.

68. MOSES O, PITARU S, ARTZI Z et NEMCOVSKY CE.

Healing of dehiscence-type defects in implants placed together with different barrier membranes: a comparative clinical study.
Clin Oral Implants Res 2005;**16**(2):210-219.

- 69. NKENKE E, RADESPIEL-TRÖGER M, WILTFANG J et coll.**
Morbidity of harvesting of retromolar bone grafts: a prospective study.
Clin Oral Implants Res 2002;**13**(5):514-521.
- 70. NOCITI FH JR, MACHADO MA, STEFANI CM, et coll.**
Absorbable versus nonabsorbable membranes and bone grafts in the treatment of ligature induced peri-implantitis defects in dogs. Part I. A clinical investigation.
Clin Oral Implants Res 2001;**12**(2):115-120.
- 71. NORTON MR, ODELL EW, THOMPSON ID et COOK RJ.**
Efficacy of bovine bone mineral for alveolar augmentation: a human histologic study.
Clin Oral Implants Res 2003;**14**(6):775-783.
- 72. NOWZARI H, MATIAN F et SLOTS J.**
Periodontal pathogens on polytetrafluoroethylene membrane for guided tissue regeneration inhibit healing.
J Clin Periodontol 1995;**22**(6):469-474.
- 73. OGISO B, HUGHES FJ, MELCHER AH et MCCULLOCH CA.**
Fibroblasts inhibit mineralised bone nodule formation by rat bone marrow stromal cells in vitro.
J Cell Physiol 1991;**146**(3):442-450.
- 74. OH TJ, MERAW SJ, LEE EJ et coll.**
Comparative analysis of collagen membranes for the treatment of implant dehiscence defects.
Clin Oral Implants Res 2003;**14**(1):80-90.
- 75. PIATTELLI A, SCARANO A, CORIGLIANO M et PIATTELLI M.**
Comparison of bone regeneration with the use of mineralized and demineralized freeze-dried bone allografts: a histological and histochemical study in man.
Biomaterials 1996;**17**(11):1127-1131.
- 76. PRETORIUS JA, MELSEN B, NEL JC et GERMISHUYS PJ.**
A histomorphometric evaluation of factors influencing the healing of bony defects surrounding implants.
Int J Oral Maxillofac Implants 2005;**20**(3):387-398.
- 77. RINDERKNECHT E et HUMBEL RE.**
The amino acid sequence of human insulin-like growth factor I and its structural homology with proinsulin.
J Biol Chem 1978;**253**(8):2769-2776.
- 78. SANCHEZ AR, SHERIDAN PJ, ECKERT SE et WEAVER AL.**
Regenerative potential of platelet-rich plasma added to xenogenic bone grafts in peri-implant defects: a histomorphometric analysis in dogs.
J Periodontol 2005;**76**(10):1637-1644.
- 79. SANCHEZ AR, SHERIDAN PJ et KUPP LI.**
Is platelet-rich plasma the perfect enhancement factor? A current review.
Int J Oral Maxillofac Implants 2003;**18**(1):93-103.

80. SCARANO A, DEGIDI M, IEZZI G et coll.

Maxillary sinus augmentation with different biomaterials: a comparative histologic and histomorphometric study in man.

Implant Dent 2006;**15**(2):197-207.

81. SCHENK RK, BUSER D, HARDWICK WR et DAHLIN C.

Healing pattern of bone regeneration in membrane-protected defects: a histologic study in the canine mandible.

Int J Oral Maxillofac Implants 1994;**9**(1):13-29.

82. SCHOU S, HOLMSTRUP P, JORGENSEN T et coll.

Anorganic porous bovine-derived bone mineral (Bio-Oss) and ePTFE membrane in the treatment of peri-implantitis in cynomolgus monkeys.

Clin Oral Implants Res 2003;**14**(5):535-547.

83. SCHROEDER HE.

Biopathologie des structures orales. (Traduction française Bohne W.)

Paris : C.D.P., 1986.

84. SEIBERT J et NYMAN S.

Localized ridge augmentation in dogs: a pilot study using membranes and hydroxyapatite.

J Periodontol 1990;**61**(3):157-165.

85. SHAH AK, LAZATIN J, SINHA RK et coll.

Mechanism of BMP-2 stimulated adhesion of osteoblastic cells to titanium alloy.

Biol Cell 1999;**91**(2):131-142.

86. SIGURDSSON TJ, NGUYEN S et WIKESJO UM.

Alveolar ridge augmentation with rhBMP-2 and bone-to-implant contact in induced bone.

Int J Periodont Rest Dent 2001;**21**(5):461-473.

87. SILVERSTEIN P.

Smoking and wound healing.

Am J Med 1992;**93**(1A):22S-24S.

88. SIMION M, MISITANO U, GIONSO L et SALVATO A.

Treatment of dehiscences and fenestrations around dental implants using resorbable and nonresorbable membranes associated with bone autografts: A comparative clinical study.

Int J Oral Maxillofac Implants 1997;**12**(2):159-167.

89. SIMION M, TRISI P, MAGLIONE M et PIATTELLI A.

Bacterial penetration in vitro through GTAM membrane with and without topical chlorhexidine. Application light and scanning electron microscopy study.

J Clin Periodontol 1995;**22**(4):321-331.

90. SOUEIDAN A et HAMEL L.

Peut-on contrôler la résorption osseuse ? En avons-nous les moyens ?

Cah ADF 2000;**8**:10-17.

91. STEPHAN EB, RENJEN R, LYNCH SE et DZIAK R.

Platelet-derived growth factor enhancement of a mineral-collagen bone substitute.

J Periodontol 2000;**71**(12):1887-1892.

92. STRIETZEL FP.

Risks and complications in membrane guided bone regeneration - a retrospective analysis
Implant Dent 2000;**9**(3):261-267.

93. SUWA F, FANG YR, TODA I et coll.

SEM study on microvascular changes following implantation of bone morphogenetic protein combined with hydroxyapatite into experimental bone defects.
J Osaka Dent Univ 1998;**32**(1):27-34.

94. TALLGREN A.

The continuing reduction of the residual alveolar ridges incomplete denture wearers :a mixed longitudinal covering 25 years.
J Prosthet Dent 1972;**27**:120-132.

95. TARNOW DP, WALLACE SS, FROUM SJ et coll.

Histologic and clinical comparison of bilateral sinus floor elevations with and without barrier membrane placement in 12 patients: Part 3 of an ongoing prospective study.
Int J Periodont Rest Dent 2000;**20**(2):116-125.

96. TOUBOUL C, ABENSUR D, VALENTINI P et ABOU M.

Utilisation des membranes en implantologie : revue de littérature et prospective.
Inf Dent 1992;**35**:3051-3057.

97. VAN STEENBERGHE D, JOHANSSON C, QUIRYNEN M et coll.

Bone augmentation by means of a stiff occlusive titanium barrier.
Clin Oral Implants Res 2003;**14**(1):63-71.

98. VEIS AA, TSIRLIS AT et PARISIS NA.

Influence de la situation du site de prélèvement autogène sur l'augmentation du volume de crête dans le traitement des déhiscences implantaires.
Parodont Dent Rest 2004;**24**(2):154-163.

99. WACHTEL H C.

Régénération tissulaire guidée au contact d'implants ostéo-intégrés.
Cah Prothèse 1993;**24**:77-86.

100. WANG EA, ISRAEL DI, KELLY S et LUXENBERG DP.

Bone morphogenetic protein-2 causes commitment and differentiation in C3H10T1/2 and 3T3 cells.
Growth Factors 1993;**9**(1):57-71.

101. WEISS P, LAYROLLE P, CLERGEAU LP et coll.

The safety and efficacy of an injectable bone substitute in dental sockets demonstrated in a human clinical trial.
Biomaterials 2007;**28**(22):3295-3305.

102. WERBITT MJ et GOLDBERG PV.

The immediate implant: bone preservation and bone regeneration.
Int J Periodont Rest Dent 1992;**12**(3):206-217.

103. WIKESJO UM et NILVEUS R.

Periodontal repair in dogs: effect of wound stabilization on healing.
J Periodontol 1990;**61**(12):719-724.

104. WIKESJO UM, QAHASH M, THOMSON RC et coll.

BMP-2 significantly enhances guided bone regeneration.
Clin Oral Implants Res 2004;**15**(2):194-204.

105. ZAMBONIN G, CAMERINO C, GRECO G et coll.

Hydroxyapatite coated with heparin growth factor (HGF) stimulates human osteoblasts in vitro.
J Bone Joint Surg Br 2000;**82**(3):457-460.

106. ZEITOUN R.

Erreurs d'asepsie en chirurgie parodontale et en chirurgie implantaire.
J Parodontol 1992;**14**:7-21.

107. ZHANG Y, LIN Y, QIU LX et WANG X.

Using platelet-rich plasma (PRP) to improve bone regeneration in implant bone defect.
Zhonghua Kou Qiang Yi Xue Za Zhi 2004;**39**(4):269-272.

108. ZITZMANN NU, SCHARER P et MARINELLO CP.

Factors influencing the success of GBR. Smoking, timing of implant placement, implant location, bone quality and provisional restoration.
J Clin Periodontol 1999;**26**(10):673-682.

BLAT Julien.– Apports de la régénération osseuse guidée dans la thérapeutique implantaire.
-118 f. ; ill ;108 réf.; 30cm.-
(Thèse : Chir. Dent. NANTES ; 2007)

Résumé : La régénération osseuse guidée est une technique qui permet de promouvoir la formation osseuse sur un site donné. Elle permet d'élargir le champ d'indication de l'implantologie orale en autorisant le praticien à modifier la morphologie osseuse du site implantaire, que ce soit avant la pose de l'implant, simultanément à celle-ci, ou après la mise en fonction de l'implant.

La mise en œuvre de cette technique exigeante nécessite de la part du praticien une parfaite maîtrise des indications, un choix judicieux des matériaux utilisés, une bonne connaissance des protocoles chirurgicaux, et une aptitude à prendre en charge les éventuelles complications.

Rubrique de classement : IMPLANTOLOGIE

Domaine Bibliodent : IMPLANTOLOGIE

Mots clés Bibliodent: Régénération osseuse, Membrane, Biomatériau, Implants endo-osseux

MeSH : Régénération osseuse /Bone regeneration

Membrane /Membrane

Matériaux biocompatibles/Biocompatible materials

Implants dentaires /Dental implant

Jury :

Président : M. le Professeur O. LABOUX
Assesseur : M. le Docteur A. HOORNAERT
Assesseur : M. le Docteur Y. AMOURIQ
Directeur : Mme le Docteur V. KERIQUEL

Adresse de l'auteur :

8, rue de la préfecture

37000 TOURS