Evaluation de la technique de la membrane induite pour le traitement des pertes de substances osseuses tibiales au CHU de Bordeaux de 2008 à 2014

Mathias Blangis

▶ **To cite this version:**

Mathias Blangis. Evaluation de la technique de la membrane induite pour le traitement des pertes de substances osseuses tibiales au CHU de Bordeaux de 2008 à 2014. Médecine humaine et pathologie. 2016. dumas-01381308

HAL Id: dumas-01381308

https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01381308

Submitted on 14 Oct 2016

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

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

Université Bordeaux 2- Victor Segalen

U.F.R DES SCIENCES MEDICALES

Année 2016 **Thèse N° 3043**

Thèse pour l'obtention du

DIPLOME D'ETAT DE DOCTEUR EN MEDECINE

Présentée et soutenue publiquement le 08 juillet 2016 à Bordeaux par

Mathias BLANGIS

Né le 10 octobre 1985 à Châteauroux (36)

Evaluation de la technique de la membrane induite pour le traitement des pertes de substances osseuses tibiales au CHU de Bordeaux de 2008 à 2014

Directeur de thèse

Monsieur le Docteur Julien PALLARO

Rapporteur de thèse

Monsieur le Docteur Stéphane AUNOBLE

Jury

Monsieur le Professeur Thierry FABRE	Président
Monsieur le Professeur Alain - Charles MASQUELET	Juge
Monsieur le Professeur Olivier GILLE	Juge
Monsieur le Docteur Frédéric - Antoine DAUCHY	Juge
Monsieur le Professeur Vincent CASOLI	Juge
Monsieur le Docteur Julien PALLARO	Juge

REMERCIEMENTS

Au président du jury,

Monsieur le Professeur Thierry FABRE

Professeur des Universités – Praticien Hospitalier,

Chef de service de Chirurgie Orthopédique CHU de Bordeaux

Je vous remercie d'avoir accepté de présider ce jury. Vos qualités humaines et l'étendue de vos compétences chirurgicales sont pour moi un exemple. Soyez assuré de mon respect.

A mon directeur de thèse,

Monsieur le Docteur Julien PALLARO

Chirurgien orthopédiste,

Clinique Saint Martin Pessac

Je te remercie d'avoir accepté de diriger cette thèse. Merci pour ton enseignement et ta disponibilité. Sois assuré de ma reconnaissance et de mon amitié. J'espère que nous aurons la chance de retravailler ensemble.

A mon rapporteur de thèse,

Monsieur le Docteur Stéphane AUNOBLE

Maitre de Conférence des Universités – Praticien Hospitalier,

Unité d'Orthopédie et de Traumatologie, Rachis 2,

Service du Professeur LE-HUEC CHU de Bordeaux

Je te remercie d'avoir accepté d'être le rapporteur de cette thèse.

Tu as pris de ton temps personnel pour me permettre de présenter cette thèse et je t'en suis très reconnaissant.

Aux membres du jury,

Monsieur le Professeur Alain- Charles MASQUELET

Professeur des Universités – Praticien Hospitalier,

Service de Chirurgie orthopédique

Hôpital Saint- Antoine APHP

Je vous suis infiniment reconnaissant de me faire le plaisir et l'honneur d'avoir accepté de venir juger cette thèse à Bordeaux. J'espère avoir acquis les concepts de votre technique de reconstruction. Soyez assuré de mon plus profond respect et de mon admiration.

Monsieur le Professeur Olivier GILLE

Professeur des Universités – Praticien Hospitalier

Unité d'Orthopédie et de Traumatologie, Rachis 1

Service du Professeur VITAL CHU de Bordeaux

Je vous remercie d'avoir accepté de juger cette thèse. Vos compétences et votre efficacité chirurgicale sont exemplaires. J'ai beaucoup appris à vos côtés. Je vous en suis très reconnaissant. Soyez assuré de mon admiration. Merci d'avoir veillé à la faisabilité de mon post internat.

Monsieur le Docteur Frédéric-Antoine DAUCHY

Praticien Hospitalier,

Service des Maladies Infectieuses et Tropicales,

Service du Professeur DUPON CHU de Bordeaux.

Je te remercie d'avoir accepté de juger cette thèse. Merci d'apporter une expertise médicale indispensable au jugement de ce travail. La multidisciplinarité que tu apportes à ce jury est une chance. Sois assuré de ma reconnaissance.

Monsieur le Professeur Vincent CASOLI

Professeur des Universités – Praticien Hospitalier

Service de Chirurgie Plastique Reconstructrice et Esthétique- Brûlés,

Service du Professeur PELISSIER CHU de Bordeaux.

Je vous remercie d'avoir accepté de juger cette thèse. Votre expertise de chirurgien plasticien est une chance pour nous autres orthopédistes. Soyez assuré de ma reconnaissance.

A mes maîtres d'internat, merci pour votre enseignement,

Monsieur le Docteur Frédéric LAGARDE, attention aux fausses bonnes idées.

Monsieur le Docteur Denis DAUPHIN

Monsieur le Docteur Yann BASSO, Game over.

Monsieur le Docteur Patrick LESIMPLE

Monsieur le Docteur Mohammed ACRA, toi aussi ?

Monsieur le Docteur Jean-Marc ROGERO

Monsieur le Docteur Vincent DABADIE, tu vas voir la chirurgie c'est facile.

Monsieur le Professeur Jean-Marc VITAL

Monsieur le Professeur Vincent POINTILLARD, cher maître.

Monsieur le Professeur Dominique CHAUVEAUX

Monsieur le Docteur Yann WIART

Monsieur le Docteur Vincent SOUILLAC

Monsieur le Docteur Olivier LAFFENETRE

Monsieur le Docteur Éric LASSEUR, exceptionnellement nous allons faire comme d'habitude fils.

Monsieur le Docteur Stéphane COSTES

Monsieur le Docteur Prakash DINDOYAL, attends 15 secondes, hummmmm.

Monsieur le Docteur Sabri MAHJOUB, la peau est ton amie.

Monsieur le Docteur Gautier METMER

Monsieur le Docteur Clément TOURNIER, merci mec.

Madame le Docteur Marie-Laure ABI-CHAHLA, merci, pour de vrai.

Monsieur le Docteur Yan Lefèvre, merci pour tout, mais je n'arrive toujours pas à couper la broche en plein milieu.

Monsieur le Docteur Jean Roger PONTAILLER, je ne vous demanderai plus si vous allez bien, j'ai compris.

Monsieur le Professeur Éric DOBREMEZ

Madame le Docteur Maya LOOT, quelle jeunesse.

Monsieur le Docteur Benoît GHEYSENS, attention y'a du monde.

Monsieur le Docteur François MINET, le dernier des chirurgiens du corps humain.

Madame le Docteur Emilie CHARMOILLE

A mes Chefs de Cliniques, merci

Monsieur le Docteur Alexandre DHENIN et son cheval.

Monsieur le Docteur Jean BERNARD

Monsieur le Docteur Frédéric SIBILLA

Monsieur le Docteur Charles RIVIERE, clairement, tu ne peux pas dire ça.

Monsieur le Docteur Julien ABAD, qui veut seulement rentrer chez lui.

Monsieur le Docteur Nicolas POMMIER

Monsieur le Docteur Julien LUCAS Y HERNANDEZ

Monsieur le Docteur Bertrand DUNET, merci pour ta rigueur, j'ai beaucoup appris grâce à toi depuis l'externat…

Madame la Docteur Marie DABILLY, bravo pour la sœur de Pierrette.

Monsieur le Docteur Rémy MARIEY, au drill ou au ciseau, bravo.

Monsieur le Docteur Julien RIGAL, je ne connais toujours pas l'angulation moyenne dans le plan sagittal de T7…

Monsieur le Docteur Arnaud COGNIET

Monsieur le Docteur Vincent CHALLIER et à son oncle.

Monsieur le Docteur Louis BOISSIERE, bravo pour ta luge.

Monsieur le Docteur Rafael De BARTOLO, est ce que tu trouves ça normal ?

Monsieur le Docteur Thibault MASQUEFA

Monsieur le Docteur Jérémy KNAFO

Monsieur le Docteur Nicolas VERDIER, c'est impossible.

Madame le Docteur Alexandra ERBLAND qui n'a pas encore été ma chef de clinique.

A mes proches,

A ma famille

A mes parents sans qui je n'aurais pas pu accomplir ce parcours. Merci de m'avoir porté et supporté jusqu'ici. Vous avez été présents toutes ces années… Je vous aime.

A Nadège ma belle-mère préférée, désolé d'avoir été chiant toutes ces années, je suis très content que l'on soit proches aujourd'hui.

A mes grands-parents.

A mes frères et sœur, Thomas, Vivien, Flora et Thibault vous êtes des modèles pour moi, je suis fier de vous. Je vous aime.

A toute ma famille.

A ma belle famille

Merci de m'avoir ouvert votre foyer avec tant de gentillesse.

A Choupy

Tu es une magnifique rencontre, merci pour ta gentillesse.

A mes amis

A Pierrot et Crix, vous méritez une mention particulière. Je suis fier d'être votre ami et de conserver ces liens malgré la distance. Revenez vite.

A Lulu, berlue...

A Momo Boussier !!

A Sylvain Béboux, Jérémy Quichon et Souleymane.

A Sofian et Hichem, à nos soirées orléanaises. Encore merci pour votre visite surprise.

A Nicolas et Jeanne, cher binôme j'espère que nous n'aurons plus à faire l'albatros. Jeanne merci de m'avoir donné le goût de la chirurgie.

A Marie, moi aussi j'adore confronter nos points de vue si différents…

A Juju, tu peux revenir au cinéma quand tu veux, aucune scène d'incendie à prévoir.

A Lolo, tu es un excellent acteur mais tu es surtout un chic type.

A la team de Labenne beach, merci de m'avoir accueilli dans votre famille… La maison est peut-être encore en vente ?

A Anne-Laure et Benjamin, encore toutes mes félicitations… N'oubliez pas de me laisser le « Smect » de temps à autre.

A Julia et Matthieu, nous viendrons dans votre restaurant étoilé à vélo !

A Julien et Dorothée, dommage qu'on ne se voit pas plus souvent, de bons ciné en prévision ?

A Hélo et Yann, à quand le bloc tous les trois ?

A Marielle et Farid, il reste encore des arbres à couper avant votre mariage ?

A Thibault et Elodie, la prochaine fois qu'on vient vous voir, on reste.

A Beesham et Marie, on pensera bien à vous au mois d'août !

A Hélène et Bertrand, on vous rejoint bientôt !!

A Madame Bailly.

A mes sous colleurs de l'externat Benjamin Taton et Anna Roudier.

A Daniel Larrieu, merci pour ton aide concernant les statistiques.

A mes co-internes

De Périgueux, Anne Coffee et Gabo (qui vole un œuf vole un…).

De Mont de Marsan, Gabo Rupestre et Julien.

Du 6ème, Cédric et Stéphane, ce semestre gardera une saveur différente.

De Libourne, à Paul Crémer et nos discussions interminables pendant les trajets.

Du 8ème, vous êtes devenus mes CCA, reste plus que toi Anaïs.

Des urgences pédiatriques, Anne So la pro des AMO (voie de Henry à réviser), Antoine (merci fils), Thomas (je suis heureux que tu aies trouvé ta voie), Morgane (quand tu veux pour faire du rachis…) et Vianney.

De Chirurgie vasculaire, Aurélie.

Vitaliens, les petits lapins, le petit et rapide Soufiane, Houssamarc, le président de l'ITC, (sexy) Majeed, et PetitA la brâleuse.

Du 8ème de nouveau, Paul, Thomas, Corentin, Antoine, Morgane, Sylvain et Clément.

Et à tous mes autres co-internes, orthopédistes ou non…

A Toi que je ne connais pas encore mais que j'aime déjà ! Nous t'attendons avec impatience.

A Florence, merci pour TOUT… Merci de nous faire le plus beau des cadeaux. Je suis fier de toi. Je t'aime.

TABLE DES MATIERES

REMERCIEMENTS 3
ABREVIATIONS 14
INTRODUCTION 15
GENERALITES 16
A/ Consolidation osseuse 16
B/ Perte de substance osseuse (PSO) et classifications 16
C/ Amputation ou reconstruction 18
D/ Pseudarthrose septique de jambe 18
1/ Généralités 18
2/ Physiopathologie 19
3/ Classification de Cierny-Mader 19
4/ Prise en charge 21
E/ Technique de la membrane induite 22
1/ Historique 22
2/ Technique opératoire 22
3/ Caractéristiques de la membrane 31
4/ Caractéristiques de l'os néoformé 37
F/ Alternatives de reconstruction 39
1/ Autogreffe osseuse isolée 39
2/ Raccourcissement aigu 39
3/ Transfert osseux libre vascularisé 39
4/ Technique d'Ilizarov 39
5/ Technique de Papineau 41
OBJECTIF DE L'ETUDE 43
MATERIELS ET METHODES 43
A/ Type d'étude 43
B/ Critères d'inclusion 43
C/ Critères d'exclusion 43
D/ Réalisation 43
E/ Recueil de données 44
F/ Analyse des données 45
RESULTATS 47
A/ Description des résultats 47
1/ Caractétisques de la population 47

2/ Répartition dans le temps 47
3/ Caractéristiques cliniques 48
4/ Délai d'intervention 50
5/ Nombre d'interventions 50
6/ Délai de consolidation 51
7/ Délai de suivi 52
8/ Résultats d'axe tibial 52
9/ Technique et ciment 52
10/ Matériel d' ostéosynthèse 52
11/ Type de greffe et matériel de comblement au moment de T2 54
12/ Infection 54
13/ Interventions des chirurgiens plasticiens 55
B/ Appariement des résultats : 56
1/ Consolidation et tabac 56
2/ Infection et tabac 56
3/ Consolidation et PSO 56
4/ Consolidation et temps T1-T2 57
5/ Consolidation et type de greffe au moment deT2 57
6/ Consolidation et type d'ostéosynthèse au moment de T2 57
7 / Axe et matériel d'ostéosynthèse 57
8/ Infection et matériel d'ostéosynthèse 58
9/ Temps entre T1 et T2 et lambeaux de recouvrements 58
DISCUSSION 60
A/ Principaux résultats 60
B/ Discussion des résultats 60
1/ Comparaison avec la littérature 63
2/ Autres techniques de reconstruction osseuse 64
3/ Autres utilisations de la technique 64
4/ Limites de cette étude 65
CONCLUSION 66
ANNEXE 67
Annexe1 : D'après AO trauma 67
Annexe 2 : Classification de Gustillo 68
Annexe 3 : Tableau des caractéristiques des patients inclus 69
Annexe 3 : Tableau des caractéristiques des patients inclus (suite) 81
BIBLIOGRAPHIE 90

SERMENT D'HIPPOCRATE 94

ABREVIATIONS

- HAS : Haute autorité de santé.
- PSO : Perte de substance osseuse.
- SOFCOT : Société française de chirurgie orthopédique et traumatologique.
- LEAP: Lower extremity assessment project.
- Classification AO : Classification association ostéosynthèse.
- OTA : Orthopaedic trauma association.
- PMMA : Polyméthacrylate de méthyle.
- DCO : Damage control orthopaedic.
- T1 : Premier temps de Masquelet.
- T2 : Deuxième temps de Masquelet.
- BMP: Bone morphogenetic protein.
- TGFß1: Transforming growth factor beta-1.
- VEGF: Vascular endothelial growth factor.
- IL: Interleukine.
- HBMSC: Human Bone Marrow Stromal Cells.
- TOLV : Transfert osseux livre vascularisé.
- CHU : Centre hospitalo-universitaire.
- CROP : Compte rendu opératoire.
- CRP : Protéine C réactive.
- AMO : Ablation de matériel d'ostéosynthèse.
- ECM : Enclouage centro médullaire
- RIA : Reamer Irrigator Aspirator.
- PA : Paquet-année.
- AOMI : Artériopathie oblitérante des membres inférieurs.
- PAL : Phosphatase alcaline.
- DDN : Date de naissance.
- RBcement : Refobacin bone cement.
- GITP : Greffe inter tibio péronière.
- IMDM : Iscove's Modified Dubelcco's Medium
- CS: Cortico-spongieux
- S: Spongieux

INTRODUCTION

La prise en charge d'une perte de substance osseuse est un défi majeur pour le chirurgien orthopédiste à cause du risque d'infection, du temps de consolidation et des mauvais résultats cliniques à long terme (1).Les traitements de référence pour ces pertes osseuses sont le transfert osseux libre ou vascularisé et le transport osseux segmentaire selon Ilizarov. Depuis 1986, Masquelet utilise la technique de la membrane induite pour le traitement des pertes de substance osseuse septique ou non (2).

En 2010 la SOFCOT (Société française de chirurgie orthopédique et traumatologique) a réalisé un symposium concernant la prise en charge des pertes de substance osseuse (3). Dans cette série la technique de la membrane induite avait été utilisée dans 41% des reconstructions. Nous avons réalisé une étude originale concernant l'évaluation de la technique de la membrane induite pour les prises en charge des pertes de substances osseuses tibiales au CHU de Bordeaux de 2008 à 2014.

GENERALITES

A/ Consolidation osseuse

L'os possède une capacité unique de consolidation. Cette consolidation repose sur le « diamond concept » (4) qui regroupe quatre paramètres : l'ostéoconduction, l'ostéoinduction, l'osteogénicité et la stabilité mécanique.

L'HAS (Haute Autorité de Santé) a proposé en 2013 les définitions suivantes (5) :

- Ostéoconduction: propriété passive d'un matériau à recevoir la repousse osseuse, par invasion vasculaire et cellulaire à partir du tissu receveur au contact de ce matériau.
- Ostéoinduction: processus de stimulation par des protéines conduisant à la prolifération et/ou à la différentiation de cellules souches en matrice osseuse minéralisable.
- Ostéogenèse: processus de formation de la matrice osseuse sans indication sur l'origine cellulaire (issue de la greffe ou de l'hôte).

La pseudarthrose concerne 6% des fractures et jusqu'à 100% en cas de perte de substance segmentaire.(6)

B/ Perte de substance osseuse (PSO) et classifications

En 2010 la SOFCOT a réalisé un symposium concernant les reconstructions de pertes de substance osseuse d'origine traumatique (3). La prise en charge de ces PSO représente un challenge majeur.
Les PSO peuvent être d'origine traumatique, infectieuse ou tumorale.
Les PSO traumatiques peuvent être immédiates ou secondaires au débridement radical des pièces osseuses contaminées ou dévascularisées (7). Ces PSO diaphysaires représentent un défi de reconstruction. Il peut s'agir d'une PSO primaire dans le cadre d'une fracture ou d'une PSO secondaire dans le cadre d'une exérèse osseuse (8).
On peut utiliser 2 classifications pour étudier les PSO : celle de la SOFCOT ou celle de *Paley et Catagni* (3).

- La classification de la SOFCOT décrit la PSO, en 4 groupes, en fonction de sa taille et de son caractère en biseau ou segmentaire.

Type 1		PSO < 2cm		
Type 2		2cm<PSO<5cm		
Type 3		5cm<PSO<10cm		
Type 4		10cm<PSO		

Tableau 1: Classification de la SOFCOT pour les pertes de substance osseuse (3)

- Classification de *Paley et Catagni :* étudie les pseudarthroses avec perte de substance osseuse et les groupe selon 2 types : A pour PSO inférieure à 1cm et B pour les PSO segmentaires supérieures à 1cm avec des sous-types étudiant le raccourcissement.

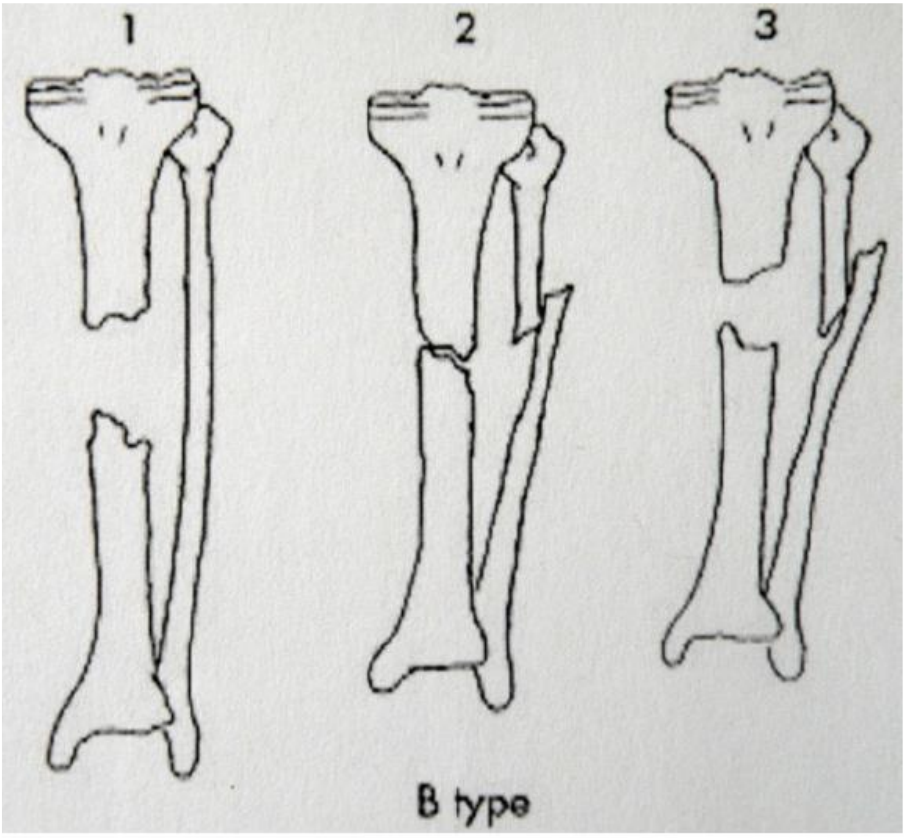


Figure 1 : Classification de Paley et Catagni sur les PSO segmentaires supérieures à 1cm (3) :
1) PSO sans raccourcissement ; 2) absence de PSO apparente avec un raccourcissement à évaluer ; 3) perte de substance osseuse associée à un raccourcissement

Il existe la notion de PSO de taille critique. En traumatologie cela correspond à une PSO qui est associée à un traumatisme de haute énergie. Il s'agit d'un défect osseux qui ne peut se combler sans intervention. Il n'existe pas de consensus sur la définition de cette taille critique, mais Mauffrey et al. la définissent à partir de 2 cm et/ou supérieur à 50% d'un défect circonférentiel (9). Ils le pondèrent en fonction de l'état de santé du patient et de son âge.
Ziran écrit qu'une perte de substance de taille critique est la plus petite PSO qui ne va pas consolider spontanément (10).

C/ Amputation ou reconstruction

L'étude LEAP(11), étude multicentrique et prospective a inclus 397 patients victimes de traumatismes sévères du membre inférieur sous le fémur distal de type Gustillo IIIb,c et certaines a. Avec 7 ans de recul, les auteurs concluent que les résultats fonctionnels sont équivalents dans les groupes reconstructions et amputations. Les patients amputés récupèrent plus rapidement mais atteignent un plateau en termes de résultats fonctionnels à 6 mois.

Barwel et al retrouvent les mêmes résultats chez des patients militaires (12).

Masquelet décrit un projet dit PRS : possible, raisonnable et souhaitable.

Makenzie et al, dans une étude économique qui reprend les patients de l'étude LEAP concluent que le coût d'une reconstruction de membre ou d'une amputation est identique dans les deux premières années mais que le coût des soins à vie d'une reconstruction est trois fois moins important que pour une amputation(13).

D/ Pseudarthrose septique de jambe

1/ Généralités

La pseudarthrose de jambe est une complication fréquente notamment en cas de fracture ouverte (14).Devant la complexité de la prise en charge, Le Nen (15) préfère parler de traumatisme ouvert de la jambe plutôt que de fracture ouverte de jambe. Tay et al ont comparé de manière rétrospective 423 patients qui ont présenté des fractures de type 32 et 42 de la classification AO (annexe1). Un suivi à un an a permis de montrer que les patients consolidés ne retrouvent pas leur état antérieur malgré la modernité des traitements. Les patients présentant un retard de consolidation ou une pseudarthrose ont de plus mauvais résultats (16).

Le scanner n'est pas un bon examen diagnostique de la pseudarthrose puisque sa sensibilité est de 100% mais que sa spécificité est de 62% (17).
L'état des parties molles est évalué par la classification de Gustillo (annexe2), même si cette classification montre une grande variabilité inter-observateur (18).

La définition de la pseudarthrose de jambe reste controversée mais Hak et al considèrent que la pseudarthrose de jambe est définie par un manque de consolidation 9 mois après le traitement ou par l'absence de signes de consolidation radiologique sur 3 mois consécutifs(19). Le tibia est la zone la plus commune des pseudarthroses septiques. Le taux d'infections post traumatiques dépend de la sévérité du traumatisme (20).

Tableau 2 : Taux d'infections post traumatiques selon la sévérité du traumatisme (21)

	Taux d'infections
Gustillo 1	0 à 2%
Gustillo 2	10%
Gustillo 3	10 à 50%

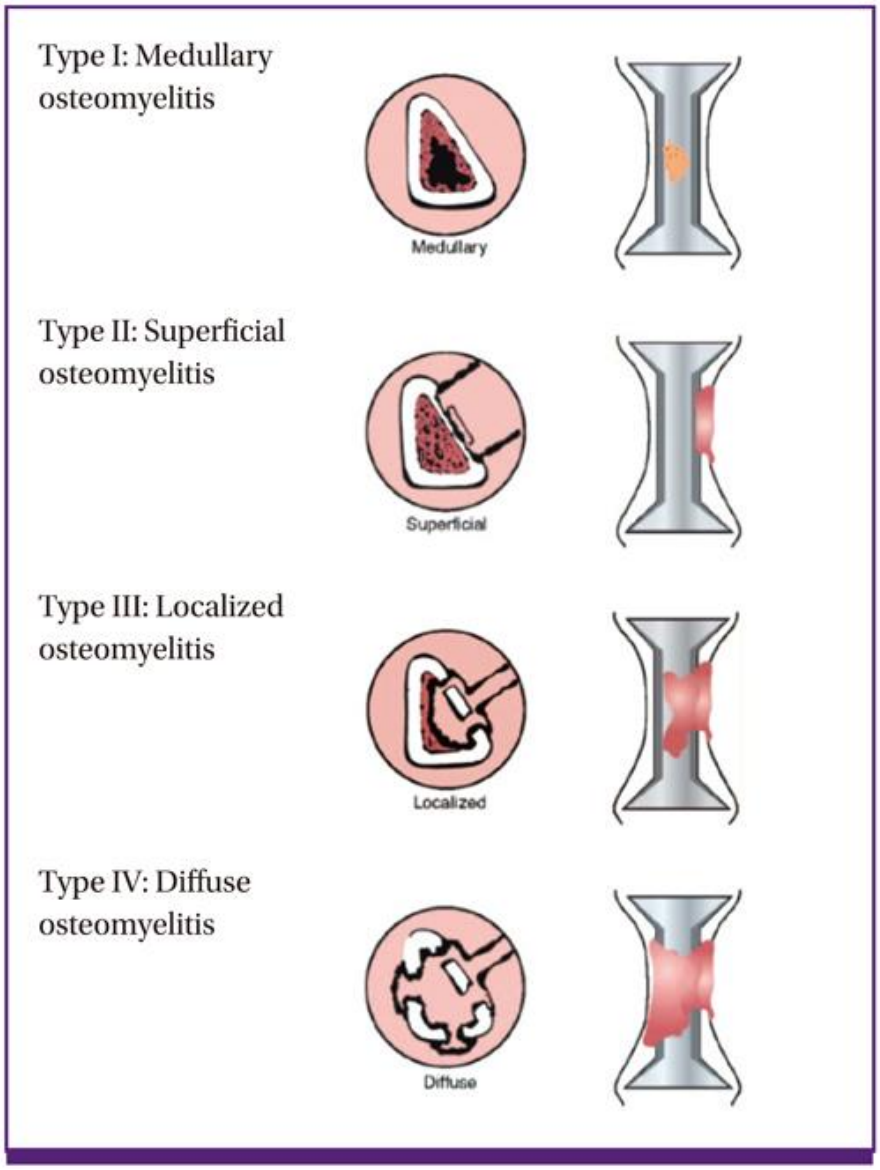
Le traitement des infections post traumatiques repose sur un débridement radical, une antibiothérapie adaptée, locale et systémique, une stabilisation et la couverture par des tissus mous du foyer de pseudarthrose.

2/ Physiopathologie

La présence d'un biofilm (22) assure le développement et la persistance de l'infection. La formation de ce biofilm est favorisée par la présence de matériel implantable. L'os infecté va nécroser. Pour contenir cette infection, de l'os néoformé va la séquestrer. Ce phénomène pérennise l'infection. L'infection osseuse chronique résulte de l'infection d'un tissu non viable et d'une réponse ineffective de l'hôte (17).

3/ Classification de Cierny-Mader (23)

Décrite en 1985, cette classification des infections osseuses est basée sur la lésion anatomique de l'os concerné. Elle classe l'infection osseuse en quatre stades avec une conséquence thérapeutique pour chaque stade.
La pseudarthrose septique correspond à un stade 4.



<u>Figure 2 :</u> Classification de Cierny-Mader (24)

Cette classification s'intéresse également à classer les malades en 3 groupes A, B ou C en fonction de leurs capacités physiologiques.

Le groupe A regroupe les patients sans comorbidité, le groupe C regroupe les patients pour lesquels le risque opératoire est supérieur à celui de la maladie. Le groupe B regroupe les patients présentant des comorbidités locales ou systémiques (tableau 3).

<u>Tableau 3 :</u> Comorbidités présentées par les patients du Groupe B de la classification de Cierny- Mader

Facteurs systémiques	Facteurs locaux
Malnutrition	Lymphœdème chronique
Immunodépression	Stase veineuse
Hypoxémie chronique	Artérite
Maladie carcinologique	Cicatrice extensive
Diabète sucré	Fibrose radique
Age > 80 ans	
Insuffisance rénale ou hépatique	

4/ Prise en charge

La prise en charge complexe doit être expliquée au patient. Les comorbidités qui sont classées dans le groupe B de la classification de Cierny-Mader doivent être prises en compte.

Le débridement des tissus infectés doit se faire sans garrot et concerne la peau, les tissus mous et l'os. L'os viable saigne, c'est le signe de Paprika(20) qui indique la limite du débridement osseux. Des prélèvements profonds à visée bactériologique sont réalisés. L'espace créé par le débridement peut être comblé par du ciment PMMA imprégné d'antibiotique thermostable. L'antibiothérapie locale se fera sous forme de ciment antibiotique sous forme de perle (« antibioticbeads ») pour augmenter la surface de contact avec les antibiotiques ou sous forme d'un spacer monobloc.

Les antibiotiques les plus utilisés sont la gentamicine, la tobramycine et la vancomycine. L'incorporation de l'antibiotique peut être préparée par l'industrie en amont ou être réalisée en per opératoire en ajoutant au ciment de la poudre antibiotique. Il existe aussi des transporteurs résorbables comme le sulfate de calcium qui est un substitut osseux résorbable (25).

L'antibiothérapie locale a montré une efficacité au moins identique à l'antibiothérapie systémique dans le traitement de ces infections (20).
La délivrance locale permet d'atteindre une concentration locale élevée avec un passage et une toxicité systémique faible. Le problème de l'antibiothérapie locale réside dans l'ablation du ciment obligeant un second temps chirurgical. Pour lutter contre ce problème, des transporteurs résorbables chargés d'antibiotiques peuvent être utilisables (ciment résorbable ou substitut osseux type sulfate de calcium) (23). Un lambeau de couverture peut s'avérer nécessaire. Si la taille de PSO atteint une taille critique, elle sera traitée par une technique adaptée de reconstruction (21).

E/ Technique de la membrane induite

1/ Historique

La technique de la membrane induite ou technique de Masquelet a été décrite pour la première fois en 1986. Il s'agit d'une technique innovante en 2 temps chirurgicaux qui permet le traitement de PSO des os longs, étendue sans limite théorique de taille (26). Masquelet a publié une première série de 35 patients de 1986 à 1999 qui présentaient des PSO pour fractures ouvertes et pseudarthroses, septiques ou non. Cette série comptait 27 reconstructions de tibia, 2 de fémurs et 6 cas de membre supérieur. Les PSO étaient comprises entre 4 et 25 cm. La consolidation radiologique était acquise à 4 mois. L'appui total était autorisé à 8.5 mois en moyenne (6 à 17 mois) (27).

En 1995 à Davos, a été mise en place une étude expérimentale qui devait vérifier le rôle de cette membrane dans la consolidation osseuse. Dans une deuxième série, prospective, de 2001 à 2003, les auteurs ont associé à la technique de la membrane induite l'utilisation d'un facteur ostéo-inducteur, le BMP7. Cette association n'a toutefois montré aucune amélioration de la consolidation osseuse. Il s'agit d'une technique simple et transmissible (26). Sa simplicité contraste avec la complexité des traumatismes.

2/ Technique opératoire

Cette technique peut être effectuée dans le cadre de l'urgence mais ne rentre pas dans le cadre du DCO (Damage control orthopaedic) (3, 23, 28). Elle sera alors réalisée lors du parage initial ou entre le 4ème et le 15ème jour (28). Elle ne nécessite pas le recours à des techniques microchirurgicales (29).

a/ Premier temps opératoire T1

Le premier temps dépend de l'étiologie de la PSO et consiste en l'induction d'une membrane bioactive (6) par un espaceur ou spacer en ciment PMMA positionné dans la PSO (27). Si l'infection est la cause de la PSO le débridement radical et l'irrigation sont essentiels (26).

La PSO sera ensuite traitée de manière uniforme quelle que soit son origine. Cette technique nécessite une stabilisation osseuse, dans son article princeps Masquelet a exclusivement utilisé la fixation externe pour le segment jambier.

Le rôle du ciment est double :

- Rôle mécanique :

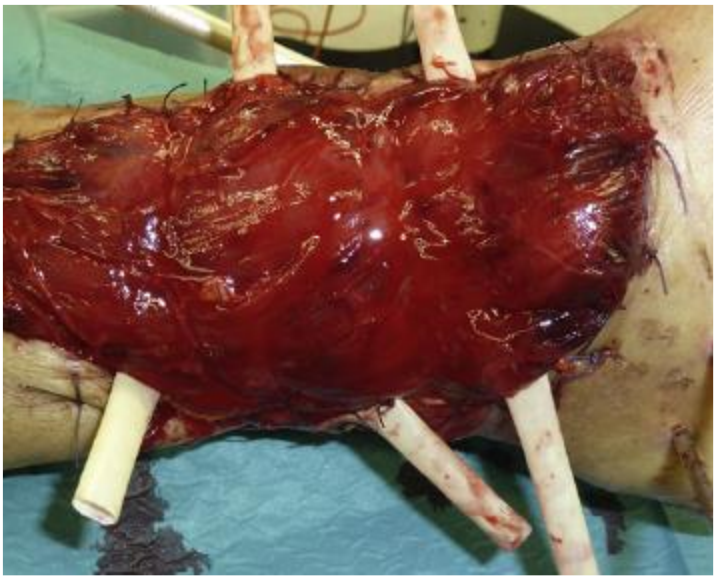
Le ciment préserve un espace de reconstruction et rend impossible l'envahissement par la fibrose. Ce spacer assure aussi une stabilité relative du foyer de fracture. Le spacer en ciment se comporte comme un corps étranger. S'il n'existe pas de signes d'infection à son contact, cela traduit de bonnes conditions locales pour la greffe osseuse (21).

- Rôle biologique :

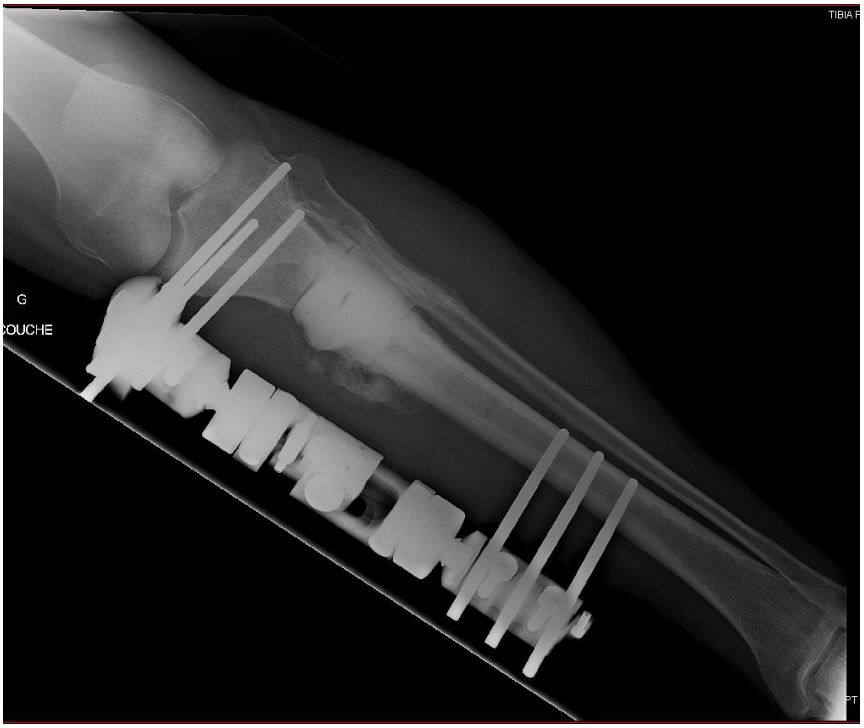
Induire une membrane pseudo-synoviale dont nous reviendrons sur les caractéristiques biologiques. Cette membrane n'est pas unique puisqu'elle est aussi présente à l'interface os-ciment des implants scellés.

Cette entretoise en ciment doit être recouverte de parties molles, impliquant la participation d'un lambeau dans 28 des 35 cas présentés dans la première série de Masquelet (27).

Figure 3 : PSO de 6 cm post traumatique à J5 après débridement radical : fracture ouverte Gustillo 3b quart distal de jambe, comblement du défect avec un spacer en ciment pour la réalisation de T1 de Masquelet



<u>Figure 4 :</u> Couverture de l'entretoise en ciment par un lambeau musculaire libre, ici un gracilis



<u>Figure 5</u> : Radio de jambe de face. 1er temps de la membrane induite suite à une résection osseuse pour pseudarthrose septique avec fixateur externe monoplan

Figure 6 : Radio de jambe de face : 1er temps de la membrane induite suite à PSO post traumatique. Noter le manchonnage du ciment et le contact avec la fibula ostéosynthésée

b/ Deuxième temps opératoire T2

Le second temps est celui de la reconstruction osseuse (30). Ce deuxième temps s'effectue à distance du premier temps opératoire T1. Masquelet et al conseillent d'effectuer ce temps T2 entre 6 et 8 semaines. Ce terme n'est pas strict puisqu'il doit attendre et respecter la cicatrisation des parties molles (6, 17, 27). Ce temps consiste en l'ablation du spacer en ciment après incision prudente de la membrane induite par ce même ciment.

Figure 7 : Incision prudente de la membrane induite lors du T2 de la technique de Masquelet pour PSO diaphysaire tibiale proximale (23)

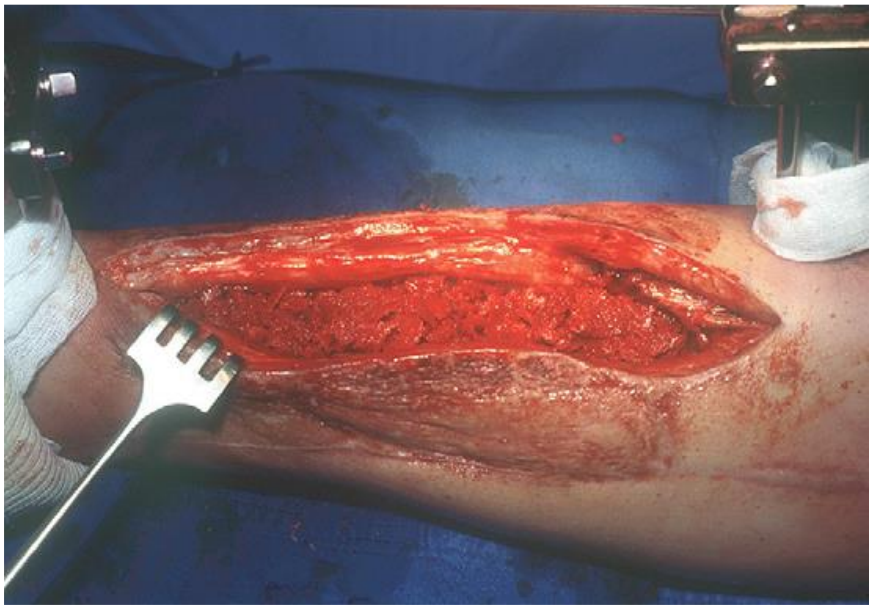
Figure 8: Ablation du ciment lors du T2 de la technique de Masquelet pour PSO diaphysaire tibiale proximale (23)

Figure 9 : Espace de reconstruction permis par la présence de ciment: ici la membrane induite mesure 3 mm d'épaisseur (23)

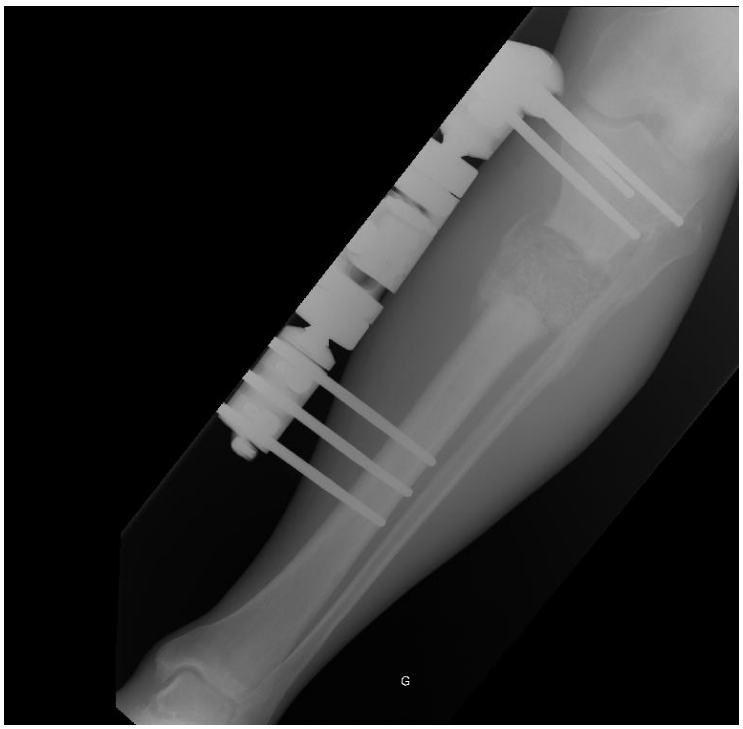
Ce deuxième temps permet la réalisation de prélèvements à but bactériologique et un deuxième débridement des tissus nécrotiques et/ou infectés (26). En cas de persistance d'infection ce temps permet un nouveau débridement et la mise en place d'un nouveau spacer cimenté, il s'agit alors du temps T1 bis (2).

Les extrémités osseuses sont reperméabilisées et « pétalisées » en fins copeaux corticaux. Cette décortication se fera au contact de la membrane.
La cavité laissée par l'ablation du spacer est un véritable espace de reconstruction qui doit être greffé par de l'os spongieux autologue non vascularisé en fins copeaux. La membrane est ensuite suturée sur la greffe, la contenant ainsi dans une chambre biologique.

Figure 10 : Utilisation d'autogreffe spongieuse morcelée pour le comblement (27)



<u>Figure 11</u> : Autogreffe spongieuse morcelée en place (25)



<u>Figure 12</u> : Radio de jambe deuxième temps de la membrane induite, comblement avec de la greffe cortico- spongieuse et du substitut osseux

c/ Détails techniques

Cette technique est d'une apparente simplicité mais des détails techniques doivent être respectés (31).

- Au premier temps :

  - Le ciment doit manchonner les extrémités osseuses saines et débridées.
  - Le ciment doit être surdimensionné en calibre (32).
  - Au segment jambier, le ciment doit se poser sur la fibula qu'il faut intégrer au projet de reconstruction.
  - Le ciment doit être retiré provisoirement pendant la phase ultime thermique de polymérisation afin d'éviter l'apparition de nécrose thermique (33).

- Au deuxième temps :

  - Ablation prudente du ciment à la scie ou à l'ostéotome.
  - Reperméabilisation du canal médullaire de manière bilatérale.
  - Incision prudente de la membrane.
  - La greffe autologue spongieuse doit fournir des copeaux de l'ordre de 1 à 2mm³.
  - La greffe spongieuse ne doit pas être lavée.
  - Au segment jambier la technique de Masquelet doit être protégée par une greffe inter-tibio-fibulaire bipolaire.

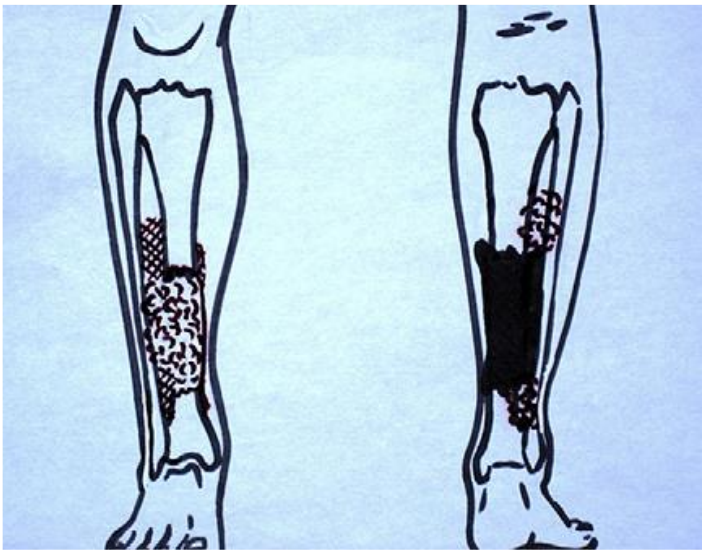


Figure 13: Greffe inter-tibio-fibulaire(2)

- En cas d'insuffisance, la greffe peut être complétée par du substitut osseux synthétique ou de l'allogreffe à condition de ne pas dépasser le ratio 1 pour 3 en faveur de l'autogreffe spongieuse.
- Masquelet conseille de « tasser la greffe spongieuse jusqu'à obtenir au doigt une résistance élastique comparable à celle d'un ballast de chemin de fer lors du passage du train ».
- Le renforcement ou le changement de l'ostéosynthèse doit être discuté(10).
- Si le moyen d'ostéosynthèse est une plaque ou une ostéosynthèse centromédullaire, il ne doit pas être modifié au deuxième temps.

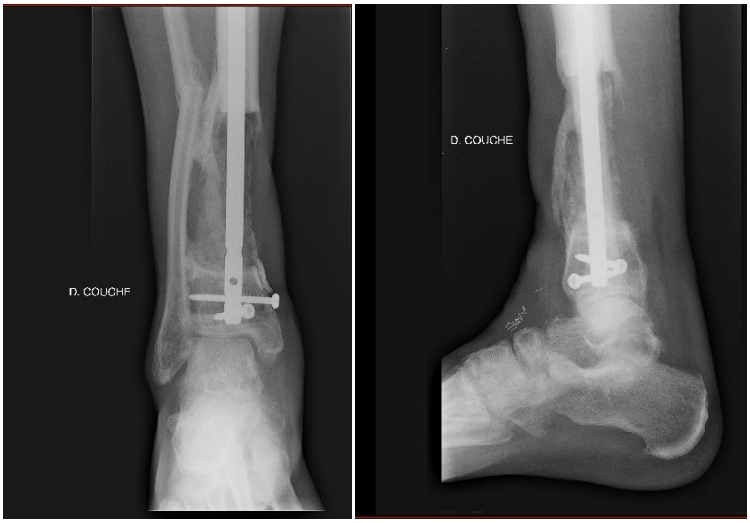


Figure 14 : Exemple de T2 avec enclouage centro médullaire

3/ Caractéristiques de la membrane

a/ Généralités

Les études expérimentales ont succédé aux constatations cliniques (34). Ces expérimentations animales cherchaient à expliquer comment cette membrane induite, à corps étranger, protégeait la greffe de la lyse en milieu vascularisé et comment elle en favorisait la corticalisation (35). La formation de cette membrane pseudo-synoviale correspond à une métaplasie.

Il s'agit d'une membrane composée de 2 couches (2). La couche interne ou endo-luminale est composée de cellules disposées en palissade avec un épithélium interne au contact du ciment. La couche externe se structure parallèlement au corps étranger et se compose de fibroblastes, de myofibroblastes et de collagène de type1 (36). Pélissier a montré qu'à partir de la deuxième semaine, la membrane ressemble à une membrane à corps étranger avec un grand nombre de cellules multinucléées.

Il a réalisé une étude histologique et biochimique chez le lapin (37) et a étudié la membrane à 2, 4, 6, 8 semaines après l'implantation du ciment.

- A deux semaines :

L'examen microscopique révèle la formation d'une membrane fibreuse bi-couche.

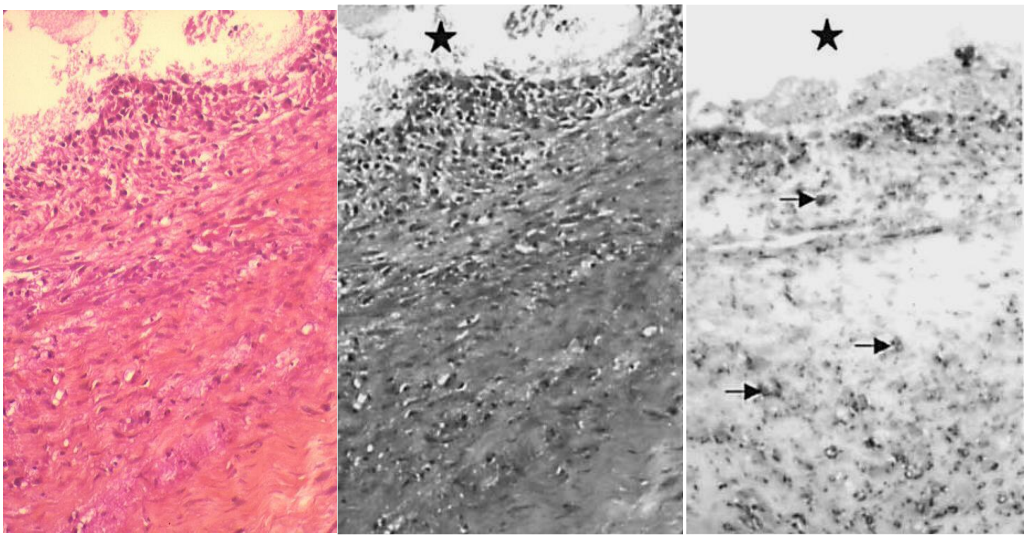


Figure 15 : Examen microscopique à deux semaines de la membrane induite.
★, ciment ; → immuno coloration du VEGF

- A quatre semaines :

On observe un appauvrissement de la réaction oedémateuse.

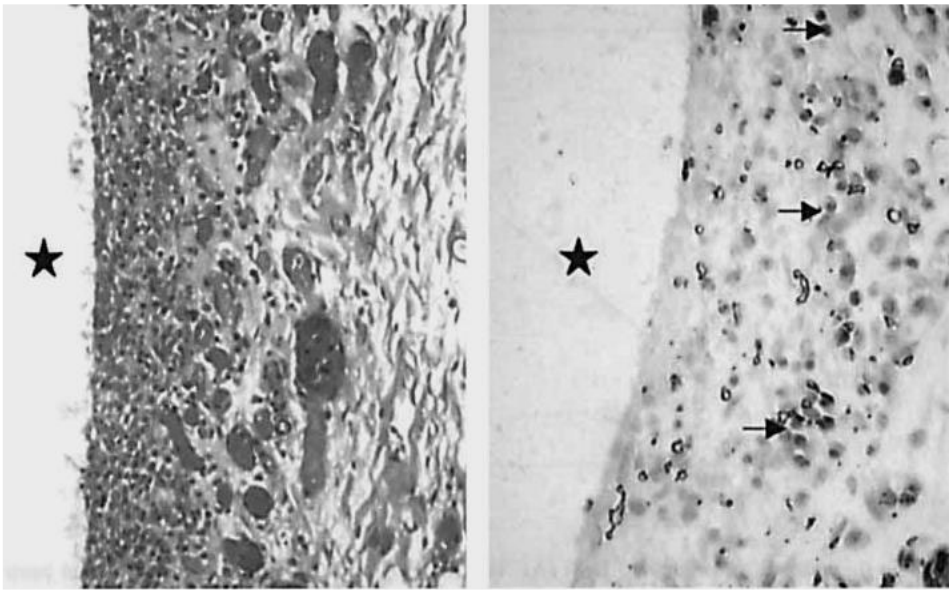


Figure 16 : Examen microscopique à quatre semaines de la membrane induite.
✶, ciment ; →, immuno coloration du VEGF

La couche externe s'organise parallélement à la surface du spacer en ciment. Quelques microvillosités sont apparues. Il existe une proportion de microvillosités différentes en fonction du caractère lisse ou rugueux du spacer. De larges vaisseaux se sont développés dans la couche externe.

- A six et huit semaines :

L'étude a montré une diminution de la réaction inflammatoire et du nombre de cellules multinuclées.

b/ Facteurs de croissance sécrétés par la membrane

Cette membrane secrète des facteurs de croissance dont les rôles sont les suivants :

- Le VEGF est le principal facteur de l'angiogenèse qu'il induit. Il active également la différentiation cellulaire vers la lignée ostéoblastique.

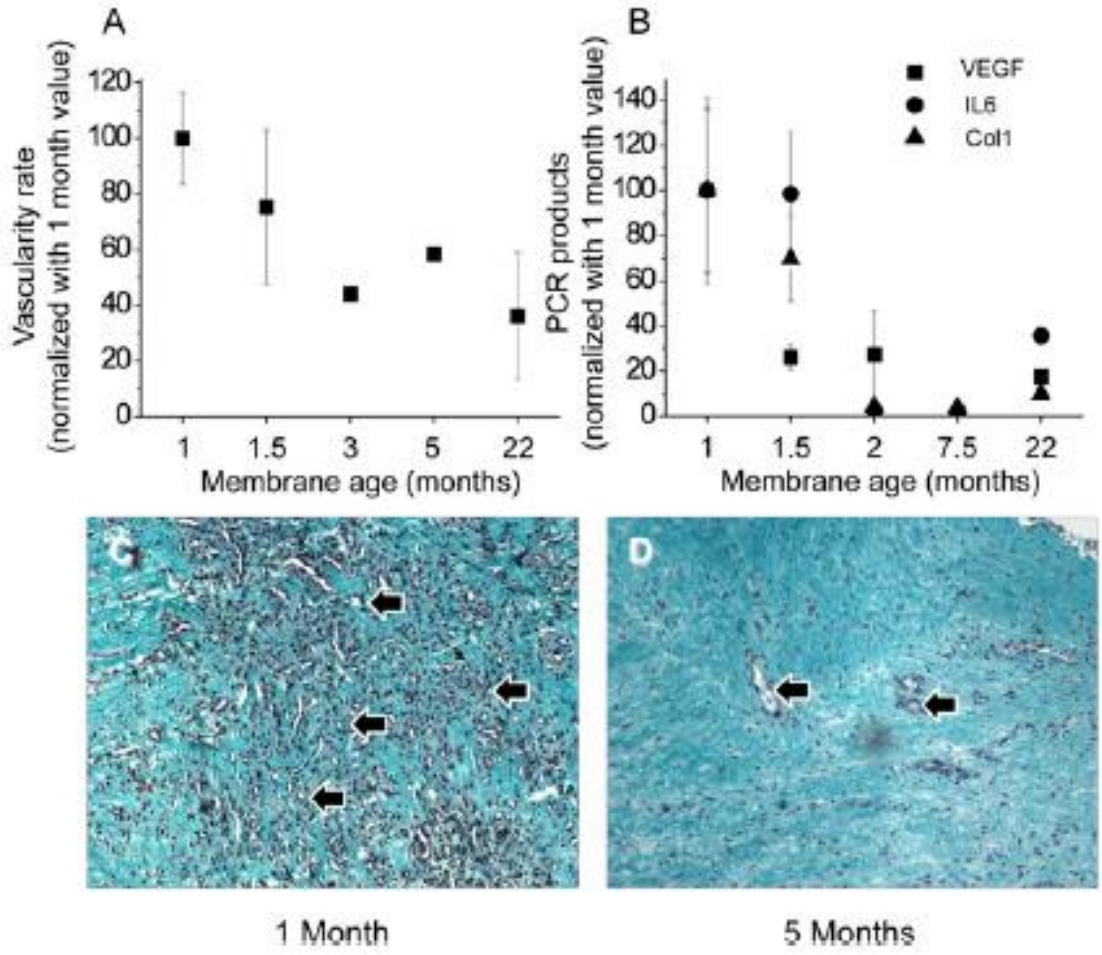
- Le TGF-β1 est une cytokine qui stimule la prolifération des ostéoblastes et assure un rôle dans la production de la matrice extracellulaire.

- La BMP2 est une protéine ostéo inductrice qui favorise la régénération osseuse.

L’action combinée du VEFG et de BMP2 favorise la différentiation des cellules souches vers la lignée ostéoblastique (38). D’autres auteurs (36, 32) ont recensé des protéines telles que le *Core-binding factor alpha (1*) ou les interleukines 6 et 8 (IL-6 et IL-8). Ces différents facteurs ont des actions variées (tableau 4).

Tableau 4 : Rôle des différents facteurs de croissance (38)

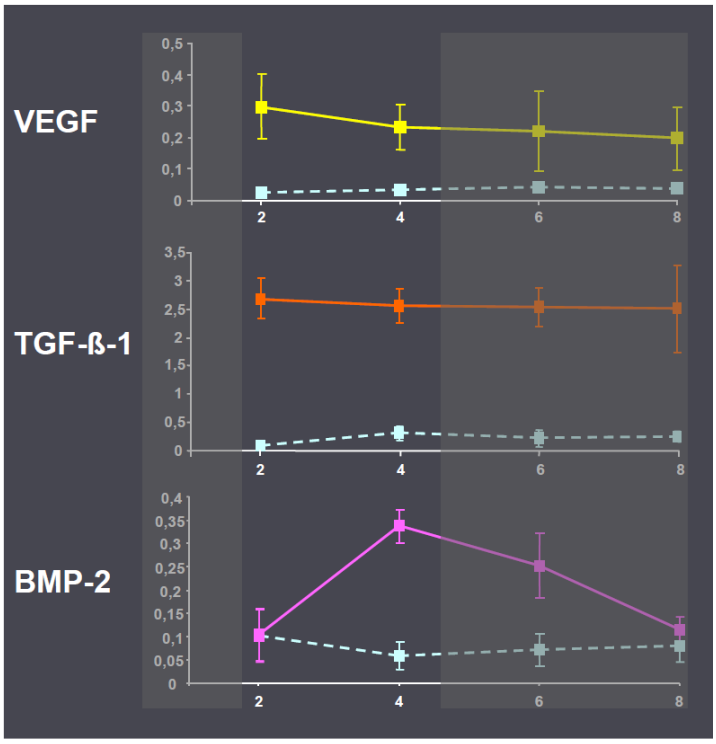
Immunohistochemistry factors	
	Role
Bone morphogenic protein 2 (BMP2)	Anabolic
Vascular endothelial growth factor (VEGF)	Angiogenisis
von Willerbrand Factor (vWF)	Angiogenisis
Transforming growth factor beta (TGFβ)	Multiple roles
Interleukin 6 (IL-6)	Inflammatory
Interleukin 8 (IL-8)	Inflammatory



<u>Figure 17</u>: Effets de l'âge de la membrane induite sur la vascularisation de la membrane et la sécrétion des facteurs de croissance (les flèches indiquent les vaisseaux sanguins) (39).

La vascularisation de la membrane diminue du premier au cinquième mois. Il en est de même pour la sécrétion de VEGF et IL6 (39).

Les auteurs ont comparé les facteurs de croissance sécrétés par la membrane induite avec un groupe témoin. Le groupe témoin était du tissu sous cutané. L'étude retrouve des différences significatives en faveur de la membrane induite. Un pic de BMP2 à 4 semaines a été observé, indiquant le meilleur moment pour réaliser le deuxième temps T2 (32). La membrane sécrete une forte concentration de ces facteurs de croissance (40).



<u>Figure 18</u>: Comparaison des facteurs de croissances sécrétés par la membrane induite avec un groupe témoin.
Trait plein : membrane induite ; trait discontinu : groupe témoin, (abscisses : temps en mois , ordonnées : concentration) d' après Pelissier (36).

Les auteurs ont aussi étudié la prolifération cellulaire de HBMSC (cellule stromale de moelle osseuse humaine) avec les protéines provenant du groupe témoin en milieu de culture et avec les protéines des membranes induites à 2 et 4 semaines.

On retrouve une augmentation significative de la prolifération cellulaire en présence de la membrane induite de deux ou quatre semaines.

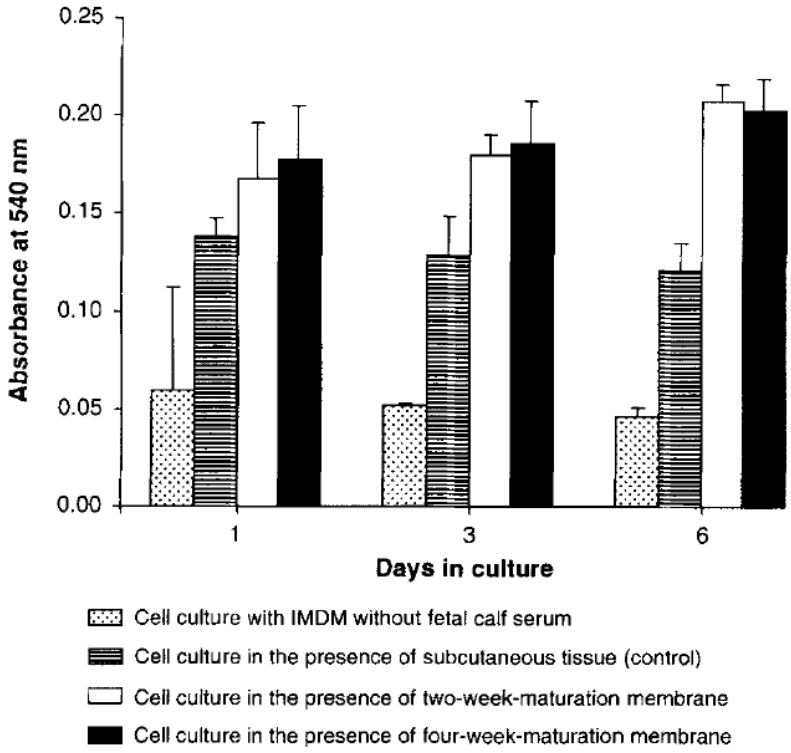


Figure 19: Prolifération cellulaire

Les auteurs ont étudié la différentiation cellulaire par mesure de l'activité de la phosphatase alcaline :

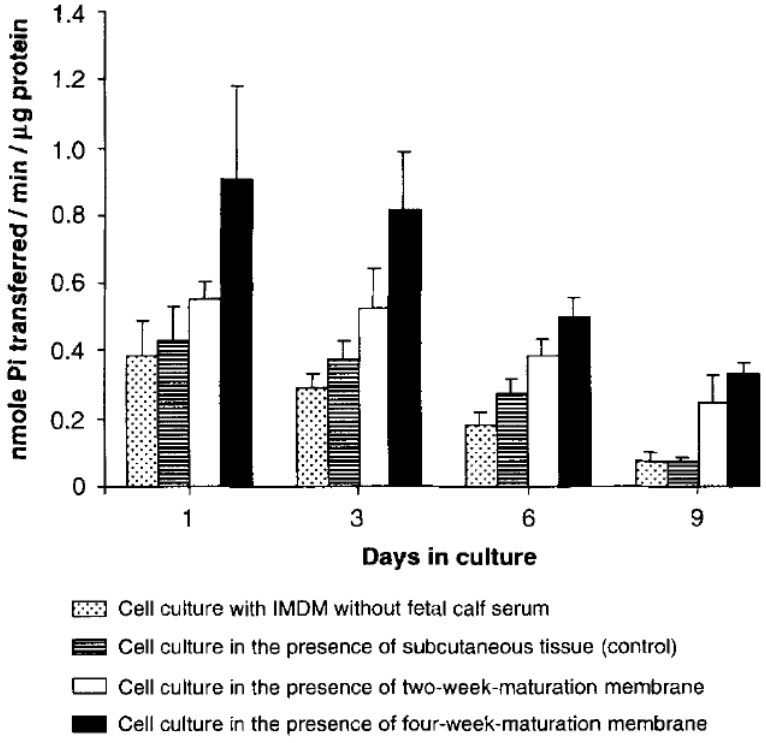


Figure 20: Mesure de l'activité de la phosphatase alcaline

On remarque que la différentiation vers la lignée ostéoblastique, objectivée par la présence de PAL est significativement augmentée en présence de membrane induite de deux ou quatre semaines.

4/ Caractéristiques de l'os néoformé (34)

L'examen macroscopique et microscopique d'un patient amputé en trans-tibial 10 mois après la réalisation de la technique de la membrane induite (T2) retrouve au niveau de la greffe un aspect habituel avec un cortex et un os spongieux.

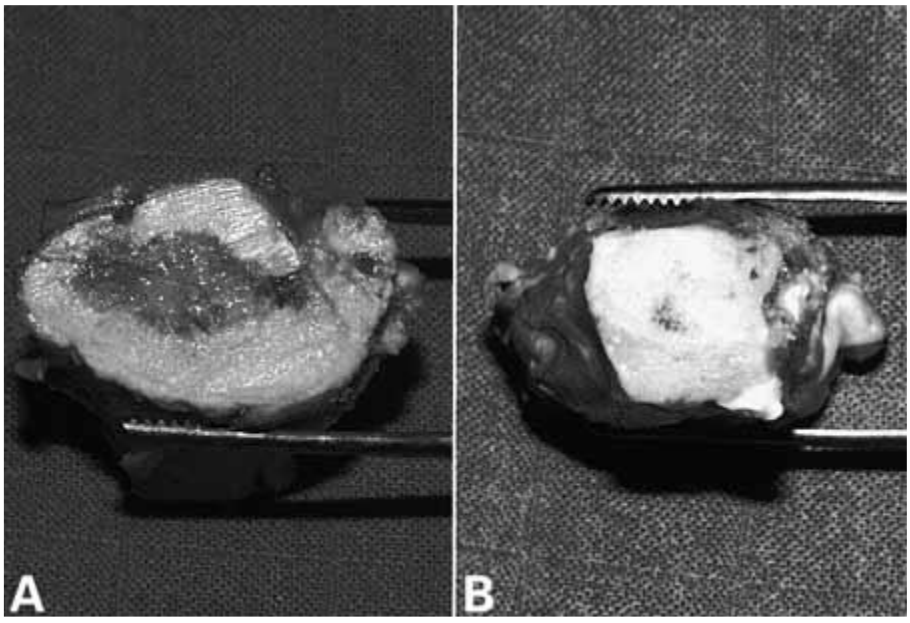
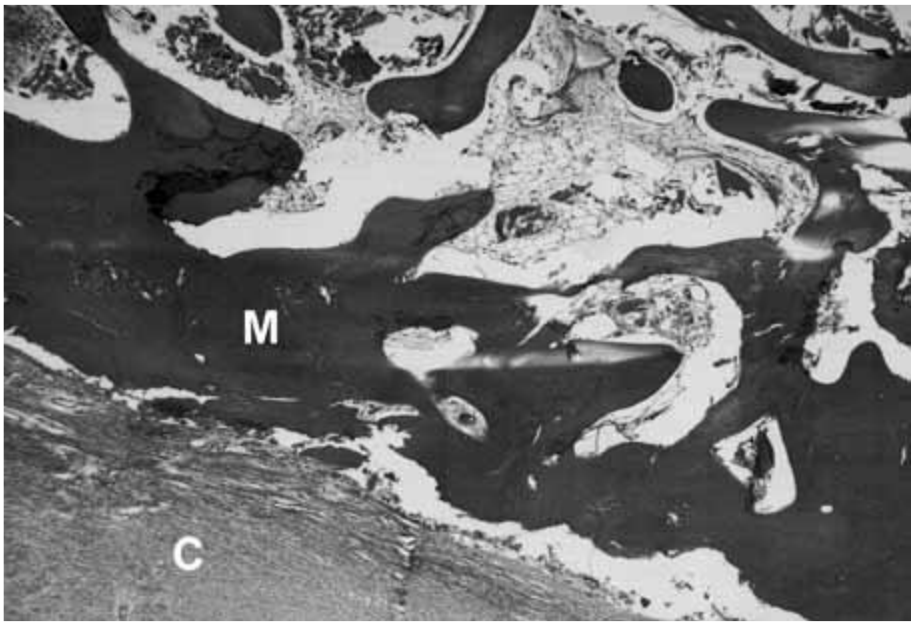
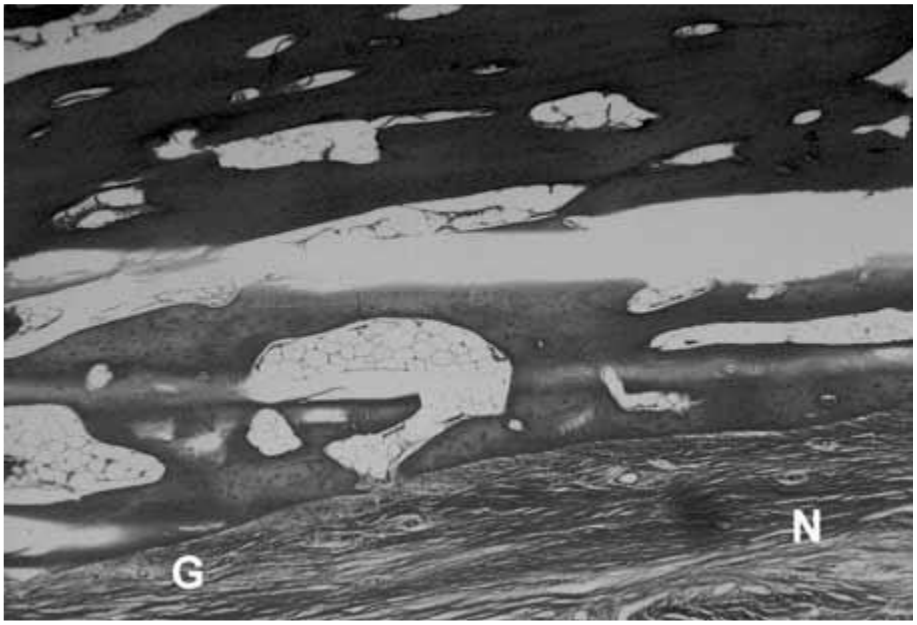


Figure 21 : Aspect macroscopique de l'os néoformé. A) os issu de la coupe tibiale, B) os issu de la greffe



<u>Figure 22</u> : Aspect microscopique de l'os néoformé coupe transverse à travers la greffe. C, os cortical ; M, cavité médullaire



<u>Figure 23 :</u> Au niveau de la greffe : section longitudinale passant par la jonction os normal, greffe osseuse. N, os normal ; G, greffe osseuse

F/ Alternatives de reconstruction

Il existe peu de consensus sur le traitement des grandes PSO (3).

1/ Autogreffe osseuse isolée

Elle a été décrite par Albee pour la première fois en 1915. Au-delà de 4 à 5 cm, l'autogreffe isolée est déconseillée (35). Masquelet parle de cannibalisme de la greffe dans un milieu vascularisé. Pour les PSO de taille inférieure, l'autogreffe osseuse est le gold-standard puisque c'est la seule qui possède les propriétés combinées d'ostéoconduction, d'ostéoinduction et d'ostéogénicité. Le résultat de cette greffe dépend directement de la qualité osseuse des extrémités de la PSO. Par ailleurs elle n'entraîne pas de complications immunologiques ou infectieuses.

2/ Raccourcissement aigu

Tolérable jusqu'à 3 cm pour l'humérus (41), il se conçoit aussi à la jambe. Il peut permettre la fermeture des parties molles dans le cas de la traumatologie ouverte. Ce raccourcissement peut devancer une technique d' allongement.

3/ Transfert osseux libre vascularisé (TOLV)

Il s'agit principalement de la technique de fibula libre vascularisée. Cette technique assure un temps de consolidation court qui peut être inférieur à 4 mois (27). Elle expose en revanche à un temps d'intervention prolongé et à une morbidité du site prélevé. Une nécrose de l'os transféré est possible par échec de l'anastomose (1). Enfin elle requiert l'expérience d' une équipe entrainée.

4/ Technique d'Ilizarov

Cette technique de transport osseux segmentaire est fondée sur la théorie d'ostéogénèse en distraction décrite par Ilizarov. Elle peut être réalisée par fixateur

externe circulaire ou mono-latéral. Iacobellis, dans une série de 100 patients, décrit les complications suivantes (42, 43) :

- Refracture
- Consolidation prématurée nécessitant une nouvelle corticotomie
- Trouble de l'axe
- Récurrence de l'infection
- Raideur du genou après transport fémoral
- Pseudarthrose au site d'amarrage
- Infections des fiches de fixateur externe

Pour Paley, le principal inconvénient est la durée du maintien du fixateur externe (42).

Pour Ronga, il faut rajouter les douleurs pendant le transport et l'absence de consolidation au niveau du site receveur (docking site) (1).

Des modifications ont été décrites, comme son utilisation sur un clou centromédullaire (44) diminuant ainsi le temps de port du fixateur externe et le taux d'infection au niveau des fiches du fixateur externe.

La durée de traitement est donc directement corrélée à la taille de la PSO à traiter. Pour Mackenzie (13), une PSO de 10 cm nécessite 10 à 12 mois de traitement. Cette technique préserve le stock osseux et maintient la trophicité du pied dans le cadre du segment jambier en permettant un appui précoce (4).

En 1982, Umiarov a décrit une modification permettant la traitement synchrone de la PSO et du défaut de couverture des parties molles dans laquelle la plaie est laissée ouverte (45). C'est l'ostéplastie épidermo- fasciale.

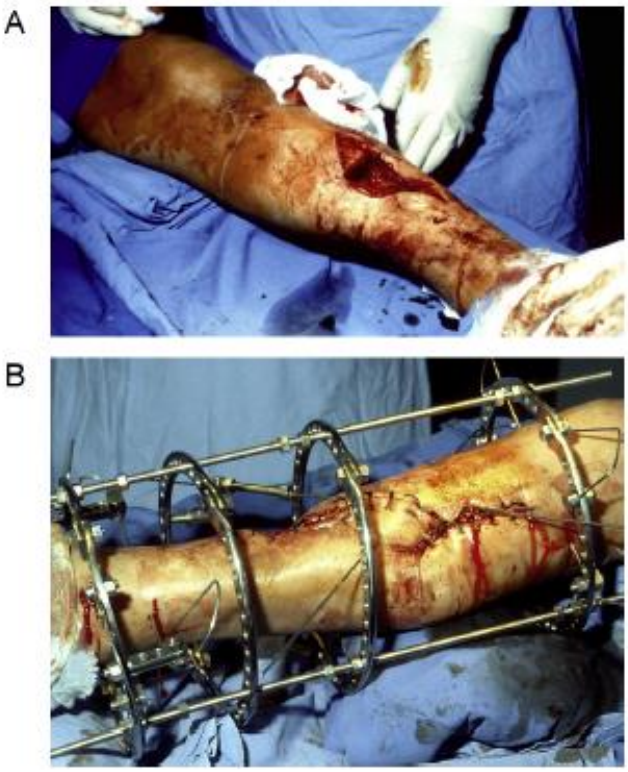


Figure 24 : Photo de la technique d'Umiarov. A) Tibia après corticotomie et excision des zones cutanées nécrosées ; B) Aspect en fin de procédure

5/ Technique de Papineau

Papineau a décrit en 1979 une technique de prise en charge des ostéomyélites ou des pseudarthroses septiques des os longs. Cette technique comporte plusieurs étapes. La première consiste en un débridement radical des tissus osseux et des tissus mous infectés ou nécrosés. Ce débridement osseux radical préserve la corticale postérieure (46), c'est la saucérisation. Des prélèvements à visée bactériologique sont réalisés et permettront une antibiothérapie adaptée. Le débridement peut être répété. Des pansements avec irrigation sont réalisés jusqu' à obtention d'un tissu de granulation. Cette granulation permet la seconde étape. Il s'agit d'une greffe osseuse spongieuse autologue « laissée à l'air libre ». Cette greffe bénéficie également de pansement avec irrigation. La couverture cutanée est assurée par cicatrisation dirigée ou par l'utilisation de lambeaux. L'immobilisation peut être effectuée par une ostéosynthèse par fixateur externe ou par une immobilisation plâtrée (47).

Des modifications techniques ont été décrites comme l'ajout d'un pansement à pression négative (48).

Cependant cette technique offre une reconstruction fragile, une qualité des tissus qui est médiocre , un risque d'infection chronique et nécessite une longue phase de soins

hospitaliers (14). Cette technique reste peu utilisée : 4% dans la série de la SOFCOT (3).

OBJECTIF DE L'ETUDE

Notre objectif principal était d'évaluer l'efficacité de la technique de la membrane induite au CHU de Bordeaux dans la prise en charge des pertes de substances osseuses tibiales. Cette efficacité était appréciée par la consolidation osseuse et la guérison de l'infection.

MATERIELS ET METHODES

A/ Type d'étude

Nous avons réalisé une étude rétrospective descriptive monocentrique au CHU de Bordeaux de 2008 à 2014.

B/ Critères d'inclusion

Ont été inclus tous les patients de plus de 15 ans pris en charge au CHU de Bordeaux selon la technique de la membrane induite pour les PSO de tibia de 2008 à 2014.

C/ Critères d'exclusion

Ont été exclus tous les patients qui ne présentaient pas de perte de substance supérieure à 2cm.

D/ Réalisation

L' intervention de reconstruction osseuse de la membrane induite ne possède pas de codage CCAM propre. Grâce à l'aide du service de l'information médicale du CHU, nous avons pu utiliser le logiciel Business Object qui nous a permis de sélectionner les dossiers dans le logiciel Dx Care par les mots-clefs suivants : « fracture et ciment », « ostéite et ciment », « pseudarthrose et ciment » dans les domaines de chirurgie orthopédique et de chirurgie plastique.

Nous avons également effectué la recherche « Masquelet et ciment » dans le domaine de l'hôpital de jour d'infectiologie.

Ce logiciel ne permettait pas une recherche antérieure à 2008.

E/ Recueil de données

Nous avons consulté les dossiers des patients pré-sélectionnés par le logiciel Business Object sur le logiciel Dx Care du CHU de Bordeaux.

Les données recueillies étaient les suivantes :

- L'âge des patients au moment de T1.
- Les classifications des fractures selon la classification AO OTA (annexe 1).
- L'étiologie des fractures.
- Le caractère fermé ou ouvert des fractures était recherché et classé selon la classification de Gustillo.
- Le caractère de la perte de substance infectée, que nous avons classé selon la classification de Cierny- Mader.
- Le statut de la fibula.
- La taille de la PSO était mesurée de face et de profil en mesurant les PSO sur les 4 corticales et en faisant la moyenne pour aboutir à une PSO en cm grâce au logiciel Dx win et la fonction mesure de distance. La Taille des PSO a été mesurée sur la radiographie simple sur une incidence de face et de profil après T1.
- Les délais entre les temps T1 et T2 ont été recherchés et donnés en jours.
- Le nombre d'interventions concernant uniquement les interventions à but orthopédique.
- Le nombre d'interventions avant T1 et à partir de T1 a été recherché.

- Le délai de consolidation a été apprécié sur les radiographies simples sur une incidence de face et de profil. La consolidation était admise quand 3 corticales sur 4 étaient consolidées. Ceci permettait d'attribuer une consolidation au type 3 de Cierny- Mader.

- Les délais de consolidations étaient exprimés en mois et ont été recherchés depuis T1 et T2.
- Les résultats d'axe et de longueur ont été mesurés sur le logiciel Dx win de face et de profil grâce aux outils de mesure d'angle et de longueur. La mesure de l'angulation tibiale de face était mesurée entre les épines tibiales un point au centre de la diaphyse et le centre du pilon tibial. Une valeur était considérée comme normale si elle était égale à 180 +/- 2°. De profil, la même méthode de mesure était pratiquée avec une valeur normale identique à la face.
- Le type de ciment était recherché dans le CROP.
- Le type de matériel d'ostéosynthèse était apprécié dans le CROP ou sur les radiographies de contrôle.
- Le délai d'appui partiel ou complet était recherché dans les comptes rendu de consultation et le cas échéant dans les CROP.
- Le type de matériel de comblement et de greffe était recherché dans le CROP.
- Les statuts tabagiques et diabétiques étaient recherchés dans le dossier informatisé dans la section antécédents ou dans la macrocible d'entrée préalable à l'hospitalisation. Les patients présentant un tabagisme sevré étaient considéré comme non fumeurs.
- Le statut de l'infection était recherché dans les résultats de bactériologie au moment de T1 et dans le compte rendu de l'hospitalisation à l'hôpital de jour d'infectiologie. Les patients étaient considérés comme guéris selon 3 critères clinico-biologico-radiologiques. La clinique recherchait l'absence de signes inflammatoires ou de fistulisation. La biologie recherchait une CRP inférieure à 10mg/L. La radiographie simple recherchait l'absence d'ostéolyse active et la présence de consolidation. Ces 3 critères étaient nécessaires pour affirmer la guérision de l'infection. La date d'arrêt des antibiotiques étaient précisée.
- Les différents types bactériologiques étaient précisés au temps T1.
- L'intervention des chirurgiens plasticiens était recherchée dans le dossier informatisé. Seul la réalisation de lambeau positivait leur intervention.On a recherché le recours à un lambeau musculaire, à un lambeau fascio-cutané ou une utilisation mixte de ces deux types. La présence de greffe de peau ou l'utilisation de derme artificel ne classait pas dans le groupe intervention des plasticiens. De même les interventions de chirurgie plastique avant T1 n'étaient pas prises en compte.

F/ Analyse des données

L’analyse des données a été réalisée grâce aux logiciels excel et IBM SPSS.

Un tableau analytique résume ces données (tableau d'annexe 3).

RESULTATS

A/ Description des résultats

1/ Caractétisques de la population

Nous avons utilisé un échantillon de 34 patients dans cette étude : 30 hommes et 4 femmes avec un âge moyen de 42 ans (σ= 16 ans). Dans cet échantillon, un seul patient était diabétique de type 2. Il y avait 14 sujets fumeurs, 20 sujets non fumeurs et 2 patients présentaient une AOMI.

Tous les patients ont bénéficié d'une chirurgie de reconstruction du segment tibial selon la technique de la membrane induite.

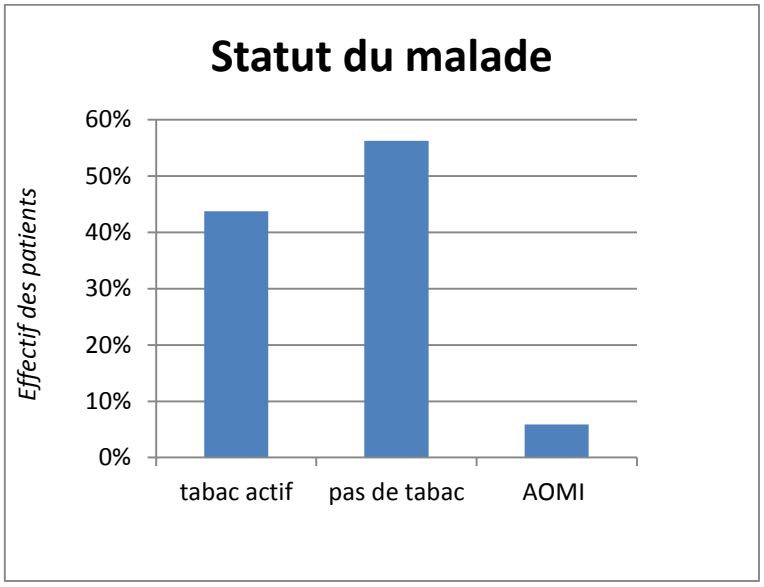


Figure 25 : Statut du malade

2/ Répartition dans le temps

Le premier temps T1 de la chirurgie était réalisé entre 2008 et 2014.

3/ Caractéristiques cliniques

- *Etiologies des PSO :*

Parmis les 34 patients :

- 25 patients (73.5%) présentaient une pseudarthrose septique et donc une PSO segmentaire. Un patient, le numéro 7 présentait une pseudarthrose septique post résection osseuse à but carcinologique.

- 8 patients (23.5%) présentaient une PSO cavitaire septique de type Cierny-Mader 3.

- Un seul (3%) patient présentait une PSO post traumatique.

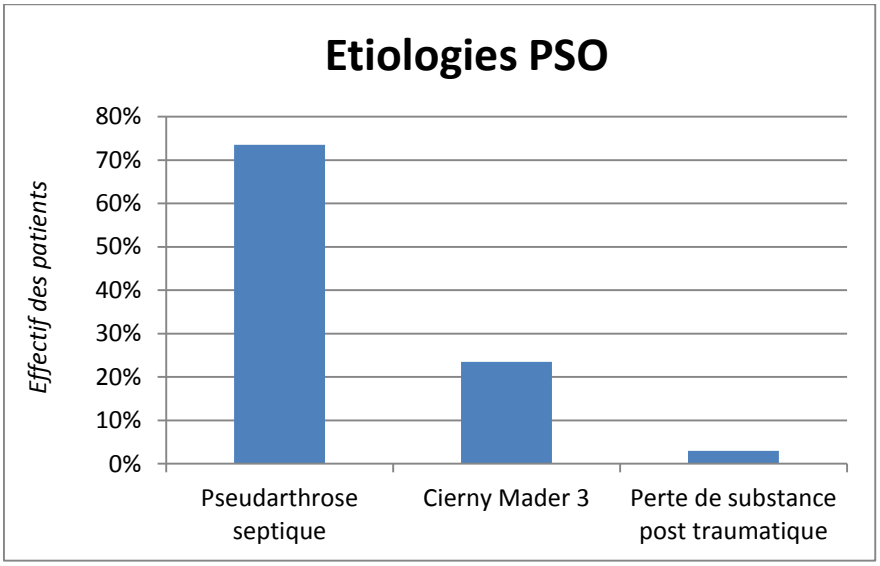


Figure 26 : Etiologies des PSO

La taille moyenne des PSO était de 7.13 cm (σ= 3.99cm).

La borne inférieure était de 2 cm, la borne supérieure était de 12.4 cm.

On peut les classer selon la classification de la SOFCOT (tableau 5).

Tableau 5 : Taille des PSO selon la classication de la SOFCOT

Type 1 : < 2cm	Type2 : entre 2 et 5 cm	Type 3 : entre 5 et 10 cm	Type 4 : > 10cm
0%	32,30%	53%	14,70%

- *Etat de la fibula :*

L'état de la fibula a été vérifié au moment du traumatisme. Elle était fracturée dans 25 des cas et intègre dans 9 cas.

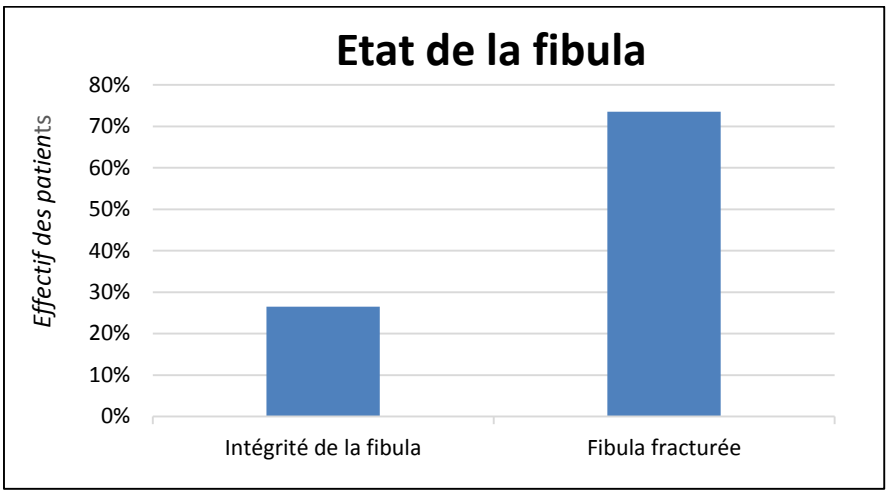


Figure 27 : Etat de la fibula

- *Fractures de tibia :*

Les fractures de tibia étaient ouvertes dans 24 cas (72.7%).

Pour caractériser les ouvertures cutanées nous avons utilisé la classification de Gustillo (annexe 2). Cependant les résultats n'ont pas été utilisés puisque le type d'ouverture était inconnu dans 10 cas (41.6%). Nous avons inclus un patient pour lequel le statut cutané était inconnu.

Le type de fracture du segment tibial a été étudié selon la classification de l'AO OTA (annexe 1). Il y avait 6 fractures (18.2%) de type 41, 17 (51.5%) de type 42 et 10 (30.3%) de type 43.

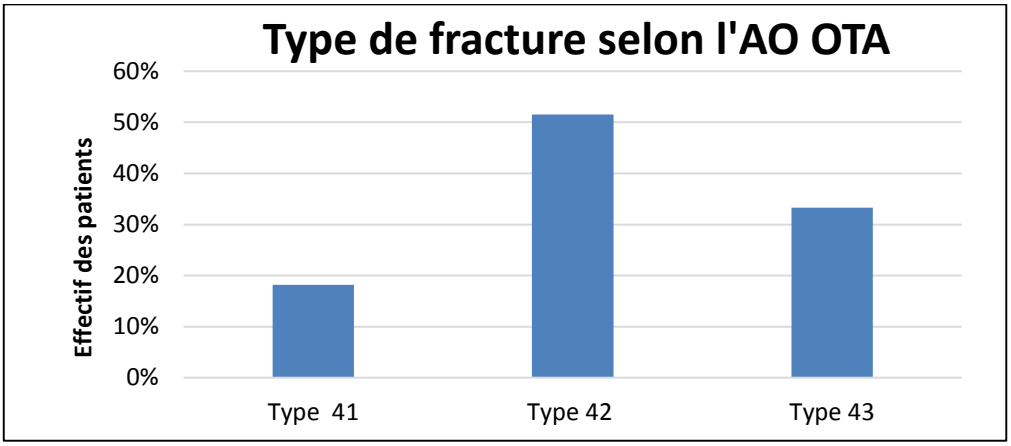


Figure 28 : Type de fracture selon l'AO OTA

4/ Délai d'intervention

Nous avons recueilli le temps en jours entre les deux temps T1 et T2. Si un deuxième temps T1 était réalisé, il était noté T1 bis et c'est le temps entre T1 bis et T2 qui était mesuré.

Le temps moyen T1-T2 était de 127 jours (σ 57 jours).

La borne inférieure était de 44 jours. La borne supérieure était de 280 jours.

5/ Nombre d'interventions

Le nombre d'interventions réalisées par les chirurgiens orthopédistes à but osseux était noté. Les AMO comptaient pour une intervention au même titre que T1 ou T2.

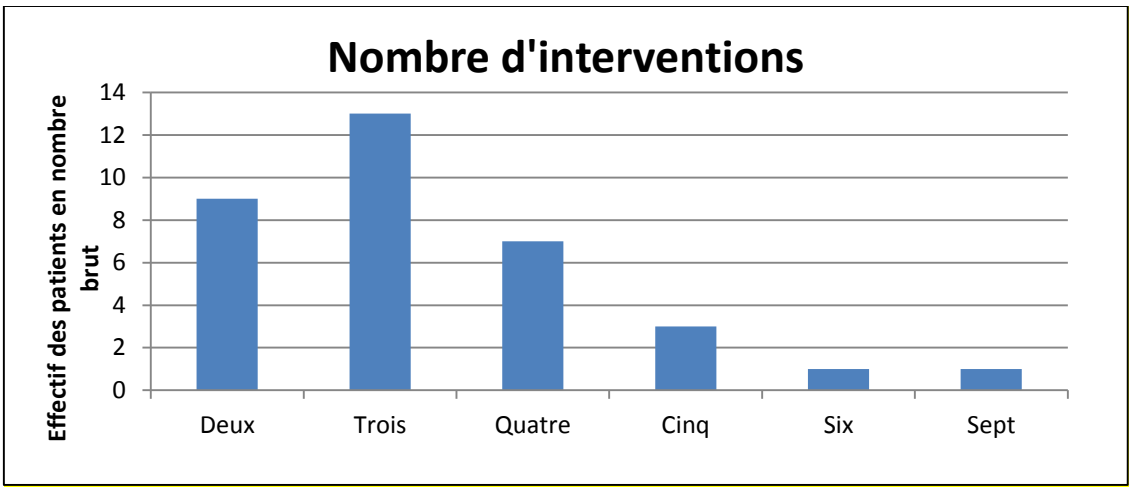


Figure 29 : Nombre d'interventions à but osseux réalisées

6/ Délai de consolidation

19 patients (55.9%) ont consolidé, 6 (17.6%) malades ont été amputés et ont été considérés comme non consolidés. 8 sont encore en cours de consolidation et sont considérés comme non consolidés. Une patiente a été perdue de vue.

Le délai moyen de consolidation depuisT1 était de 14.9 mois (**σ**=6.7 mois).

Le délai moyen de consolidation depuis la greffe (T2) était de 10.8 mois (**σ=**5.8 mois).

La borne inférieure était de 7 mois, la borne supérieure était de 30 mois.

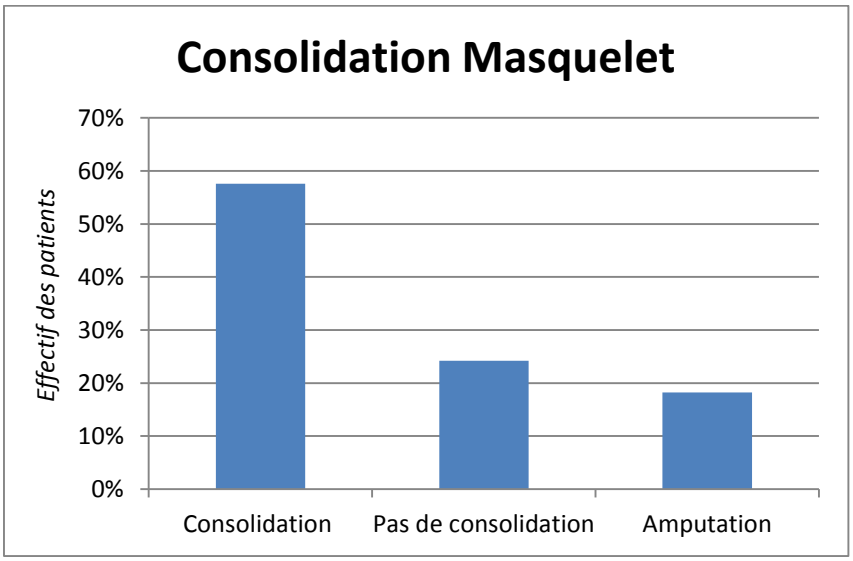


Figure 30: Statut de la consolidation

7/ Délai de suivi

Le délai moyen de suivi était de 23.07 mois (σ 8.37 mois) avec des valeurs limites à 11 et 47 mois.

Le délai de suivi n'a pas été pris en compte pour les malades amputés.

8/ Résultats d'axe tibial

- *Sur la face :*

- 6 patients (31.6%) présentaient un tibia varus avec une moyenne de 9.3°.

- 5 patients (26.3%) présentaient un tibia valgus avec une moyenne de 4.4 °.

- *Sur le profil :*

- 3 patients (15.8%) présentaient un flessum avec une moyenne de 8.7°.

- 2 patients (10.5%) présentaient un recurvatum avec une moyenne de 7.5°.

9/ Technique et ciment

31 ciments (91%) utilisés étaient aux antibiotiques. En revanche, le type d'antibiotique n'était pas systématiquement spécifié. Chez 3 (9%) patients, le type de ciment n'a pas été retrouvé.

10/ Matériel d' ostéosynthèse

- *Au moment de T1 :*

- 25 patients (73.6%) ont bénéficié d'un fixateur externe monoplan.
- 1 patient (2.9%) a bénéficié d'un enclouage centro médullaire verrouillé.
- 8 patients (25.5%) n'ont pas eu d'ostéosynthèse.

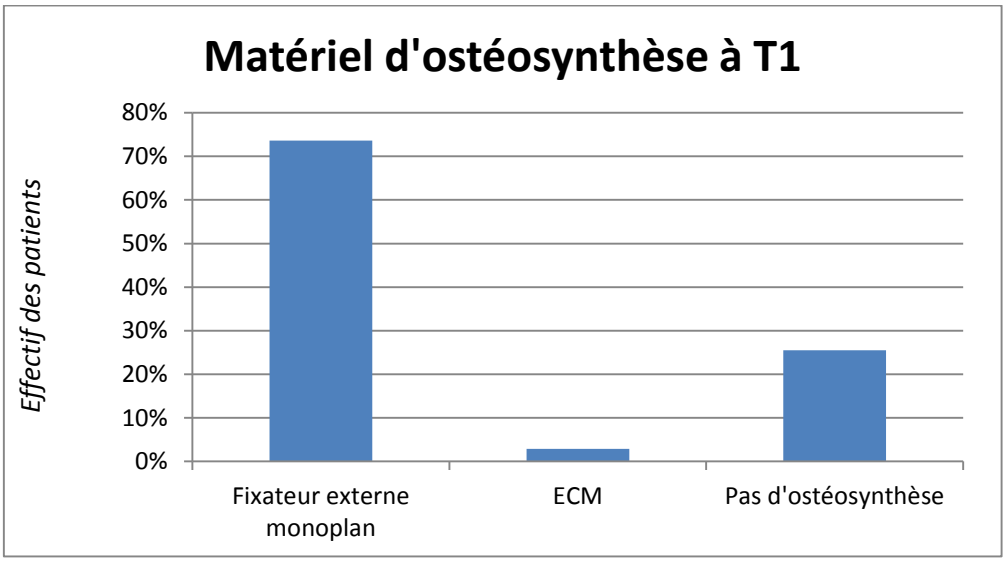


Figure 31: Matériel d'ostéosynthèse utilisé à T1

- *Au moment de T2 :*
  - 11 patients (38%) ont bénéficié d'un fixateur externe monoplan.
  - 10 patients (34.5%) ont bénéficié d'un enclouage centro médullaire verrouillé.
  - 3 patients (10.3%) ont bénéficié d'une ostéosynthèse à foyer ouvert type plaque vissée.
  - 5 patients (17.2%) n'ont pas eu d'ostéosynthèse.

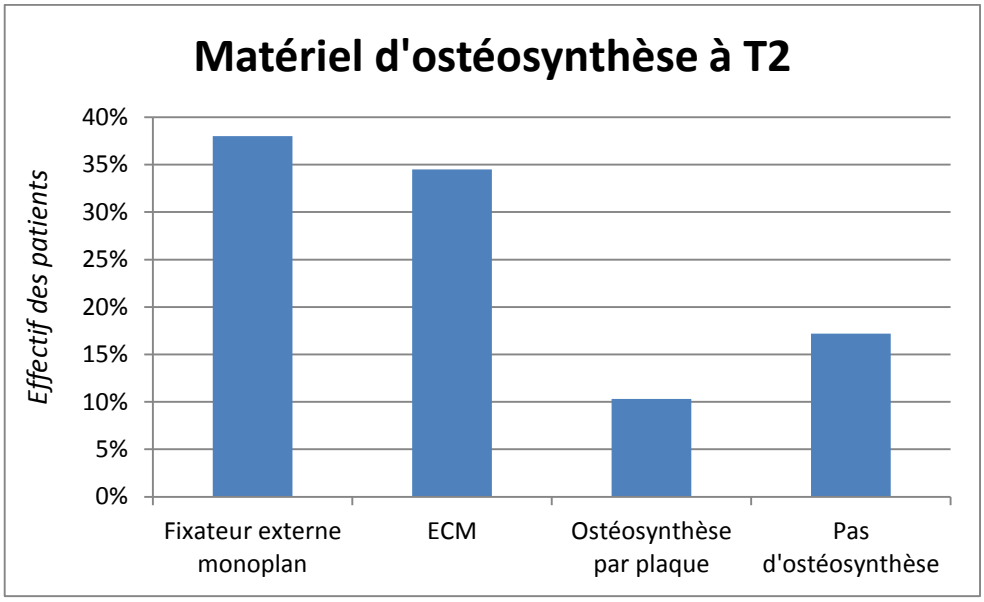


Figure 32 : Matériel d'ostéosynthèse utilisé à T2

11/ Type de greffe et matériel de comblement au moment de T2

La technique du RIA a été utilisée 11 fois (37.9%) dont 6 fois seule (20.7%).

L'autogreffe osseuse au dépend de la crête iliaque a été utilisée 20 fois (68.9%) dont 12 fois seule (41.4%).

La greffe était cortico- spongieuse dans tous les cas sauf un.

Du substitut osseux synthétique a été utilisé 6 fois (20.7%) mais jamais seul.

Une fibula vascularisée a été utilisée.

Du PRP a été utilisé une fois avec de l'autogreffe osseuse iliaque.

Une allogreffe de tête fémorale a été utilisée une fois en complément d'autogreffe osseuse iliaque.

12/ Infection

Parmi nos 34 patients :

- 23 patients (67.7%) ont guéri de l'infection osseuse
- 8 patients n'ont pas guéri
- 3 patients présentaient un statut inconnu vis-à-vis de l'infection

- 3 patients ont guéri de l'infection sans avoir consolidé

Dans 74% des cas parmis les patients guéris, la guérison était affirmée après un délai supérieur à un an de l'arrêt des antibiotiques.

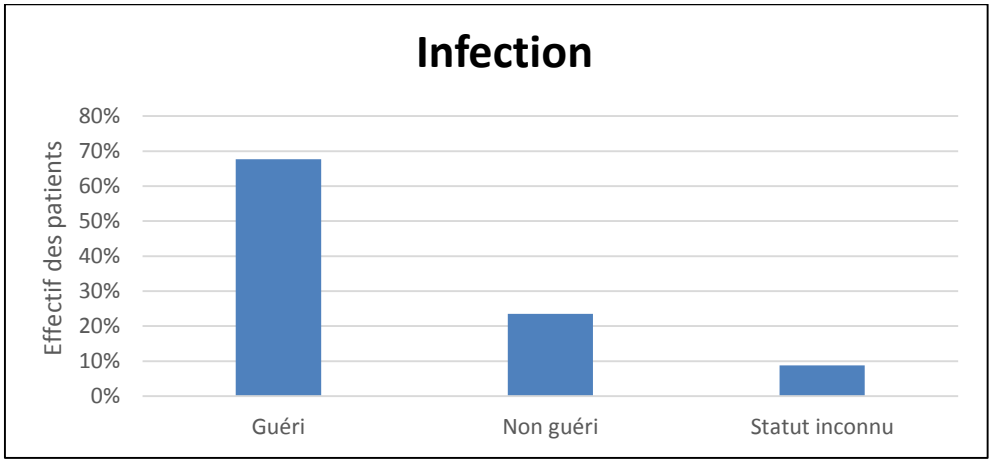


Figure 33 : Statut des patients face à l'infection

13/ Interventions des chirurgiens plasticiens

Les chirurgiens plasticiens sont intervenus dans 22 cas (64.7%).

Ils ont réalisé 15 lambeaux musculaires dont 11 lambeaux musculaires libres et 4 lambeaux musculaires pédiculés et 3 lambeaux fascio graisseux.

Ces 2 types de lambeaux ont été réalisés chez 4 patients, ils ont été décrits dans le groupe des lambeaux mixtes.

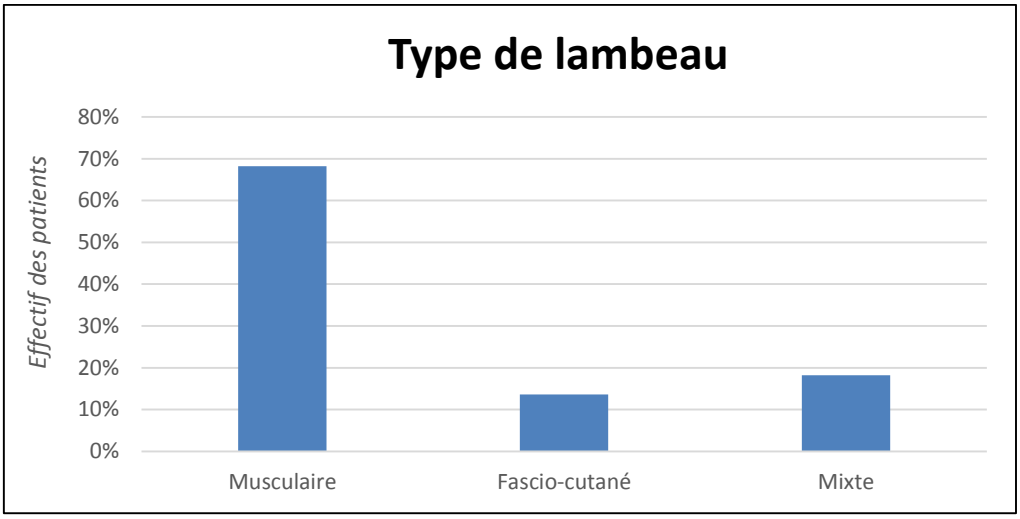


Figure 34 : Type de lambeau utilisé par les plasticiens

B/ Appariement des résultats :

1/ Consolidation et tabac

Les patients non-fumeurs ont consolidé en 14.5 mois versus 14.6 mois pour les patients fumeurs.

2/ Infection et tabac

64% des patients fumeurs ont guéri de l'infection contre 70% des patients non-fumeurs.

3/ Consolidation et PSO

Nous avons utilisé une corrélation de Pearson pour rechercher un rapport entre le temps de consolidation et la taille des PSO. Il n'y avait pas de lien significatif entre ces deux données (p=0.806).

4/ Consolidation et temps T1-T2

Toujours avec la même corrélation de Pearson, nous n'avons pas retrouvé de lien significatif entre la consolidation et le temps T1-T2 (p=0.719).

5/ Consolidation et type de greffe au moment deT2

L'autogreffe iliaque a mené à une consolidation à 15.75 mois en moyenne (σ7.06).

Le RIA a mené à une consolidation à 15.66 mois en moyenne (σ 7.45).

6/ Consolidation et type d'ostéosynthèse au moment de T2

Le temps moyen de consolidation des patients traités par fixateur externe était de 18.25 mois (σ7.6).

Celui des patients traités par enclouage centro-médullaire était de 13.41 mois (σ5.1).

7 / Axe et matériel d'ostéosynthèse

Le tableau 6 résume les valeurs moyennes d'axe tibial de face et de profil en fonction du moyen d'ostéosynthèse.

Tableau 6 : Ostéosynthèse et axe tibial

	De Face	De Profil
T2 Fixateur externe monoplan	3,1° de varus	normo axé
T2 Enclouage centro-médullaire	normo axé	normo axé

8/ Infection et matériel d’ostéosynthèse

Les patients ayant bénéficé d’un fixateur externe au moment T2 ont guéri de l’infection dans 67% des cas contre 89% pour ceux traités avec l’enclouage centro-médullaire.

9/ Temps entre T1 et T2 et lambeaux de recouvrements

La durée entre les deux temps T1 et T2 était en moyenne de 159 jours (**σ**= 74) pour les patients ayant bénéficié d’un lambeau musculaire, contre 86 jours (**σ**= 7.8) pour les patients ayant bénéficié d’un lambeau fascio cutané.

Enfin pour les patients ayant bénéficié d’un lambeau mixte le temps moyen était de 139 jours (**σ**= 57).

Tableau 7 : Principales caractéristiques étudiées :

Patient	Age à T1	Taille de PSO (cm)	Tabac	Délai T1-T2 (jours)	Statut infectiologique	Consolidation
1	48	6.3	+	71	guéri	consolidé
2	44	6	-	44	guéri	consolidé
3	41	6	-	56	guéri	consolidé
4	27	5.4	-	135	guéri	consolidé
5	60	5	-	134	guéri	consolidé
6	28	5.3	+	122	non guéri	non consolidé
7	32	10.4	-		non guéri	non consolidé
8	43	8.5	-	233	guéri	consolidé
9	27	11	+	95	non guéri	non consolidé
10	46	4.7	+	50	guéri	consolidé
11	61	7.5	-	76	guéri	consolidé
12	20	10.8	-	153	guéri	consolidé
13	36	6.7	-	203	guéri	non consolidé
14	30	8.5	-	229	guéri	consolidé
15	46	3.7	-	165	guéri	consolidé
16	18	5	-		non guéri	non consolidé
17	47	2.5	-	89	inconnu	non consolidé
18	36	9	+	81	guéri	non consolidé
19	64	2	-	120	guéri	consolidé
20	26	5.4	+	174	inconnu	non consolidé
21	67	3,6	-	145	non guéri	consolidé
22	56	2.6	-	111	guéri	non consolidé
23	54	6	-	63	inconnu	non consolidé
24	22	3.4	-	123	guéri	consolidé
25	16	7.5	-	90	guéri	consolidé
26	68	5.5	-	90	guéri	consolidé
27	52	3	-	192	guéri	consolidé
28	44	3.5	+		non guéri	non consolidé
29	28	10	+	234	non guéri	non consolidé
30	27	3.9	+		non guéri	non consolidé
31	58	6.1	-	198	guéri	consolidé
32	63	2.5	+		guéri	inconnu
33	48	5.2	+	280	guéri	non consolidé
34	44	12.4	+	117	guéri	consolidé

DISCUSSION

A/ Principaux résultats

Les 34 patients inclus présentaient un double problème de PSO et d'infection osseuse. Nos critères principaux de jugement pour l'évaluation de la technique de la membrane induite étaient la consolidation osseuse et la guérison de l'infection.

Concernant la consolidation osseuse, 19 patients ont été traités efficacement par cette technique. Dans notre série, il n'y avait pas de lien significatif entre la consolidation et la taille de la PSO en accord avec ce qu'écrit Masquelet (49). Concernant la guérison de l'infection, 23 patients ont guéri.

B/ Discussion des résultats

D'après Pélissier et Masquelet, le temps idéal de réalisation du second temps T2 se situe à 4 semaines du premier temps T1, date à laquelle la sécrétion de BMP 2 est maximum, à condition que la cicatrisation des tissus mous soit acquise. Cependant pour les patients de cette étude la moyenne du délai entre T1 et T2 était de 157 jours. Selon la corrélation de Pearson, nous n'avons pas montré de lien significatif entre le délai T1-T2 et le temps de consolidation. Taylor précise qu'avec un délai retardé de T2 de 4 à 19 mois il n'a pas constaté de signe de dégradation de la membrane induite (31).

Dans la série de la SOFCOT de 2010, les auteurs rapportent une moyenne de 6,11 interventions jusqu'à consolidation (3). Nous n'avons pas pu comparer avec nos résultats puisque nous n'avons pas retrouvé l'intitulé de ces interventions et que nous avons choisi de ne comptabiliser que les interventions à but osseux dans un souci de précision et d'exhaustivité. Par ailleurs, une des critiques de cette technique est la double étape chirurgicale. Or, pour nous, le traitement d'une PSO septique doit comporter au minimum deux étapes. Par conséquent cette critique fréquemment retrouvée dans la littérature n'est pas recevable (50).

Seuls 19 patients ont consolidé. Nous avons considéré les patients amputés comme non consolidés. Les patients en cours de consolidation ont également été considérés comme non consolidés, affectant ainsi possiblement les statistiques négativement. Le temps de recul peut avoir été trop court chez ces patients chez qui nous avons considéré la consolidation comme une simple donnée radiologique. Les patients perdus de vue ont également été considérés comme non consolidés. Pour pouvoir

comparer nos résultats avec ceux de la littérature nous avons exprimé le temps de consolidation depuis T1 et T2

Masquelet conseille l'utilisation de ciment sans antibiotique pour la réalisation du spacer lors de T1, afin de ne pas masquer les signes d'infections locaux lors du temps T2. Nous avons quasi exclusivement utilisé un spacer aux antibiotiques.

Dans sa première série, Masquelet a utilisé le fixateur externe comme moyen d'ostéosynthèse exclusif au niveau du segment jambier. Dans notre série, 73.6% des patients ont bénéficié d'un fixateur externe au temps T1 contre 38% au temps T2. Parallèlement, au temps T1 2.9% des patients ont bénéficié d'une ostéosynthèse par enclouage centromédullaire contre 34.5% au temps T2. Les avantages du clou (30) sont la possibilité d'un appui précoce, la diminution de complications mécaniques par rapport au fixateur externe, l'augmentation de la surface de la membrane à son contact et la diminution du volume de greffe à utiliser. Les inconvénients sont la majoration du risque septique. En fait, le clou n'augmente pas le risque septique mais le retarde (30). Dans notre série, les patients traités par fixateur externe au moment de T2 présentaient un varus moyen de 3.1° alors que ceux traités par un enclouage centromédullaire étaient normo axés. Dans notre série, le temps de consolidation des patients traités par clou était plus faible que celui des patients traités par fixateur externe. Nous pensons que cette ostéosynthèse est plus adaptée à cette technique que la fixation externe.

Comme le rappelle Wong il n'existe pas à ce jour d'étude concernant la biomécanique la plus adaptée (51). O' Malley a proposé de contenir la greffe autour du clou par une cage en titane (52).

Nous avons tenté de mesurer le temps entre T1 et le retour de l'appui pour pouvoir comparer nos résultats à ceux de Masquelet mais les données recueillies étaient trop diverses : appui complet, appui partiel, appui contact, appui 10% sans précision chronologique.

Dans la technique originale, le matériel de comblement était de l'autogreffe osseuse spongieuse. Cette autogreffe peut être prélevée au dépend des crêtes iliaques avec des complications bien connues ou par la technique du RIA. Stafford (6) a traité 19 PSO tibiales grâce à la technique du RIA sans complication au niveau de la prise greffe. Ces complications potentielles sont la fracture du fémur iatrogène, l'embolie graisseuse, l'hémorragie et les ossifications hétérotopiques. En moyenne le RIA peut ramener un volume supérieur à 50cc alors qu'une prise de greffe au niveau de la crête iliaque postérieure ramène en moyenne 38cc. Par ailleurs cette technique de prise de greffe présente également des avantages biologiques avec des concentrations plus élevées que dans l'os provenant des crêtes iliaques de 5 facteurs de croissance : le aFGF (acidic Fibroblast Growth Factor), le PDGF (Platelet Derived Growth factor),

l'IGF-1 (Insulin Like Growth Factor 1), la BMP-2 (Bone Morphogenic Protein 2) et le TGF-β1 (Transforming growth factor beta 1). Dans notre série les patients ont consolidé sans différence dans les 2 groupes RIA (15,66 mois) et crête iliaque (15,75 mois).

Le tabac augmente le taux de monoxyde de carbone (CO) circulant. Le CO diminue le flux sanguin, diminue l'apport de lymphocytes et diminue l'efficacité des lymphocytes T (53). Le tabac retarde ou altère les capacités de consolidation osseuse. Il augmente les infections. Au total, il y a un bénéfice orthopédique à l'arrêt du tabac. Dans notre série, les patients non-fumeurs ont consolidé plus rapidement que les patients fumeurs et ont guéri plus souvent de l'infection que les patients fumeurs. Kwong a montré que les fractures de tibia chez le patient fumeur consolident avec 4 semaines de retard par rapport au patient non-fumeur de manière significative (54). Ce résultat est en accord avec notre étude.

Les patients ont été suivis en hôpital de jour d'infectiologie. Nous avons pu affirmer la guérison de l'infection, à plus d'un an de l'arrêt des antibiotiques, dans 18 cas c'est un critère majeur dans les recommandations d'infectiologie (55). Le critère prédictif le plus important concernant la guérison de l'infection est le débridement radical (23). Les données bactériologiques concernant l'écologie bactérienne au moment de T1 ont été collectées mais les données étaient trop diverses pour pouvoir être analysées. Nous avons collecté pour chaque patient le type de bactérie retrouvée sur les prélèvements au moment de T1.

Les lambeaux de recouvrement sont choisis en fonction de la localisation de la couverture à effectuer, de la taille de la couverture et des conditions locales et vasculaires. En sachant que le délai optimum T1 T2 doit être de 4 semaines, à condition d'une cicatrisation des parties molles, nous avons voulu comparer le délai T1 T2 en fonction du type de lambeau. Dans notre série le délai T1 T2 était plus faible dans le groupe traité par lambeau fascio-cutané. Liu (56) a suggéré que la qualité de la membrane pouvait être influencée par les tissus mous. Une étude a été menée chez le lapin. La membrane induite développée en sous cutané était plus épaisse mais moins vascularisée. Celle générée dans un environnement musculaire était plus fine mais plus vascularisée. Par ailleurs, les auteurs ont retrouvé une résorption osseuse moindre dans le groupe sous cutané. Ce qui justifie selon eux l'utilisation de lambeau fascio-cutané.

1/ Comparaison avec la littérature

Il existe au moins 6 séries dans la littérature rapportant l'utilisation de la membrane induite pour le traitement de PSO. Nous avons décidé de comparer notre série à la série historique de Masquelet (35), à la série du symposium de la SOFCOT de 2010 (4) et à la série de Ristiniemi et al (57).

Dans sa première série de 1986 à 1999, rétrospective, Masquelet a inclus 27 PSO tibiales de 5 à 24 cm dont 23 étaient des pseudarthroses septiques ou des fractures infectées. Pour rappel, dans notre série, tous les patients sauf un ont été traités pour PSO septique. Toutes les ostéosynthèses étaient assurées par une fixation externe. La réalisation d'une GITP était systématique. Cette GITP repose sur une fibula continue. La consolidation était acquise dans 89% des cas. Il a dû réaliser 2 amputations et déclare une ostéite résiduelle. Masquelet a décrit ses résultats à partir de la greffe (T2). Une consolidation radiologique était notée à partir de 4 mois. La consolidation osseuse impliquant une marche sans protection était acquise à partir de 8.5mois. Dans une seconde série prospective, l'ajout de BMP7 n'a pas amélioré les résultats pour le traitement de 9 PSO tibiales post pseudarthrose septique.

Dans son symposium de 2010, la SOFCOT (3) a étudié de manière rétrospective la prise en charge des PSO. La technique de la membrane induite était la plus utilisée. Les auteurs ont ainsi rapporté 61 PSO de tibia traitée par la technique de la membrane induite de 1988 à 2009. 57% des patients présentaient des PSO dites d'emblée et 43% des PSO étaient secondaires à une infection ou à une nécrose. Les auteurs rapportent 86% de consolidation à 14.6 mois en moyenne de T1. Ces résultats n'étaient pas influencés par la taille de la PSO ou par la présence de GITP. 17% de leurs patients présentaient des défauts d'alignement. La GITP a été réalisée dans 15 cas seulement mais aucun de ces patients n'a montré d'échec de la technique. Avec l'association de la GITP le temps moyen de consolidation était de 10 mois contre 16.5 mois sans GITP (50). 6 patients ont été amputés.

Dans sa série, Ristiniemi et al ont utilisé la technique de la membrane induite pour le traitement de PSO post fracture de jambe. Avec une PSO moyenne de 52mm, à 40 semaines 22 des 23 fractures avaient consolidé (57).

Dans la première série de Masquelet, même si les PSO étaient plus importantes que dans notre série, nos résultats sont moins bons en termes de consolidation et de temps de consolidation. Ceci peut s'expliquer. Tout d'abord les patients non encore consolidés sont considérés comme non consolidés et un patient est perdu de vue dans notre suivi. Ensuite, nos patients étaient plus âgés, 42 ans en moyenne contre 32 ans dans la série de Masquelet. Enfin nous n'avons pas utilisé la GITP de manière systématique et le ciment sans antibiotique comme le défend Masquelet. Selon Fitoussi (58), la GITP peut être utilisée seule ou en association avec d'autres techniques.

En termes de temps de consolidation, nos résultats correspondent avec ceux de la SOFCOT même si nos PSO étaient d'étiologies différentes et que dans notre série les PSO étaient supérieures. En revanche ce symposium montre 90% de consolidation sans distinction toutes PSO confondues ou 86% de consolidation pour le PSO tibiales, ce qui est supérieur à notre série (56%).

2/ Autres techniques de reconstruction osseuse

Le taux de consolidation retrouvé dans la technique de l'ostéogénèse en distraction est de 94% (11). Il a été décrit l'utilisation simultanée de la membrane induite et du transfert osseux segmentaire (59). Cette ostéogénèse en distraction peut se faire selon deux techniques, la première se fait suivant une compression puis une distraction, la seconde se fait suivant un transfert osseux simple. Atef n'a pas noté de différence significative entre les 2 techniques (7).

Le transfert de fibula vascularisée permet une consolidation rapide en moyenne de 6 à 9 mois, avec un taux de consolidation >95% (60).

Dans la série de la SOFCOT (4), le délai moyen de consolidation est plus faible avec la technique de la membrane induite qu'avec les autres techniques de reconstruction (14.4 mois contre 14.9 mois) de manière non significative.

Ces techniques nécessitent une expertise en reconstruction osseuse et pour le transfert osseux vascularisé, une expertise microchirurgicale.

3/ Autres utilisations de la technique

Cette méthode de reconstruction osseuse a été utilisée avec succès dans d'autres situations. En effet, cette technique a été utilisée chez l'enfant (61-63, 40), pour le membre supérieur (32, 41) ou le pied (64).

4/ Limites de cette étude

Nous avons réalisé un travail original dans un centre référence de traitement des infections ostéo-articulaires. Nous avons inclus de manière exhaustive les patients traités au CHU de Bordeaux pour PSO tibiales.

Nous avons réalisé une étude descriptive, rétrospective, monocentrique, ce qui en fait un travail de faible puissance statistique. Cette étude correspond à un grade C des recommandations de l'HAS. Par ailleurs, même si notre série est monocentrique, sa réalisation n'a pas été uniforme puisque multi opérateur pour une population hétérogène ayant subi des traumatismes hétérogènes. Notre série de 34 patients est insuffisante statistiquement pour réaliser les comparaisons par le test T de student mais elle est supérieure à la série historique de Masquelet de 27 patients.

Par ailleurs, les patients ont été traités par des chirurgiens différents avec des expériences hétérogènes dans le domaine de la reconstruction osseuse.

Notre méthode de travail comporte un biais de confusion puisqu'il s'agit d'une cohorte sans groupe contrôle. Pour diminuer le biais de confusion nous n'avons exclu aucun patient de l'étude.

Un biais de mesure peut se discuter puisque les mesures ont été réalisées par un seul observateur. En revanche toutes les mesures ont été réalisées de manière équivalente.

Dans cette étude rétrospective, le risque de biais de sélection est important. Pour tenter de le diminuer, nous avons peu de patient perdu de vue. En effet seul un patient présente un statut de consolidation osseuse inconnue et 3 patients ont un statut de guérison de l'infection inconnu.

Un biais de suivi est aussi possible puisqu'au jour de recueil des données, le suivi n'est pas assez long pour une partie des patients. Pour limiter ce biais, nous avons limité notre inclusion aux patients dont le T1 était réalisé en 2014.

Les différences de nos résultats avec ceux de la littérature peuvent s'expliquer par le manque de puissance et les limites de cette étude.

CONCLUSION

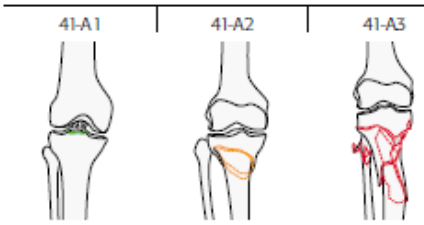
La technique de la membrane induite est une technique simple pour le traitement d'une situation complexe. Aux vues de notre étude et de la littérature, nous pensons que la technique de la membrane induite est une technique adaptée à la prise en charge des PSO tibiales septiques ou non. Il est important que le patient se sèvre de son tabagisme le cas échéant. Le matériel de comblement doit préférentiellement être pris au dépend du fémur selon la technique du RIA. La technique de GITP doit être systématiquement réalisée au moment du 2ème temps de la chirurgie. On utilisera préférentiellement un enclouage centromédullaire comme moyen d'ostéosynthèse. Il faudra veiller à respecter le délai de 4 à 6 semaines entre les temps T1 et T2. Mais il faudrait réaliser une étude de plus grande puissance pour affirmer ces recommandations.

Cette technique peut évoluer, elle laisse des questions en suspens. Existe-t-il d'autres facteurs sécrétés par la membrane? Y a-t-il un spacer idéal? L'ingénierie tissulaire pourra-elle fabriquer une membrane artificielle permettant de se passer du premier temps? Le matériel de comblement pourrait-il être remplacé par un substitut osseux réalisant une épargne du stock osseux du patient? Peut-on réaliser le T2 systématiquement à 4 semaines avec une autre voie d'abord vierge de chirurgie?

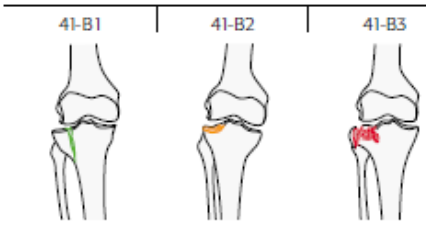
ANNEXE

Annexe1 : D'après AO trauma

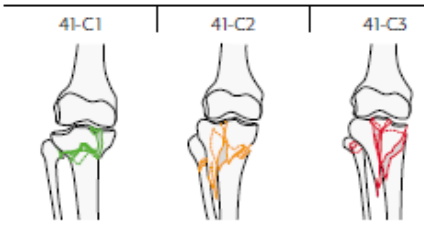
41 proximal



41-A extraarticular fracture
41-A1 avulsion
41-A2 metaphyseal simple
41-A3 metaphyseal multifragmentary



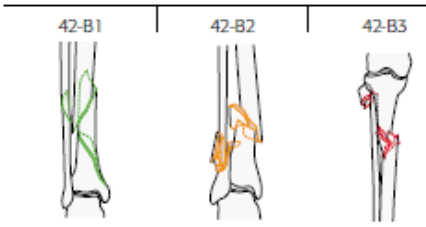
41-B partial articular fracture
41-B1 pure split
41-B2 pure depression
41-B3 split-depression



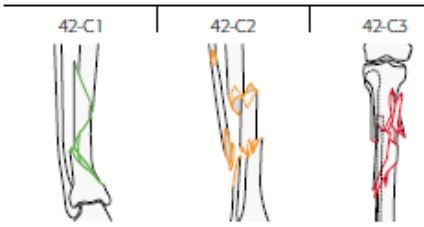
41-C complete articular fracture
41-C1 articular simple, metaphyseal simple
41-C2 articular simple, metaphyseal multifragmentary
41-C3 articular multifragmentary

42 diaphyseal

42-A simple fracture
42-A1 spiral
42-A2 oblique (> 30°)
42-A3 transverse (< 30°)



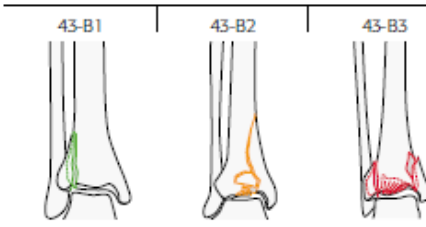
42-B wedge fracture
42-B1 spiral wedge
42-B2 bending wedge
42-B3 fragmented wedge



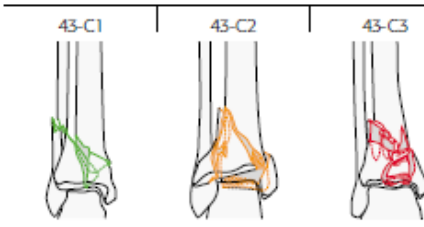
42-C complex fracture
42-C1 spiral
42-C2 segmental
42-C3 irregular

43 distal

43-A extraarticular fracture
43-A1 simple
43-A2 wedge
43-A3 complex



43-B partial articular fracture
43-B1 pure split
43-B2 split-depression
43-B3 multifragmentary depression



43-C complete articular fracture
43-C1 articular simple, metaphyseal simple
43-C2 articular simple, metaphyseal multifragmentary
43-C3 articular multifragmentary

Annexe 2 : Classification de Gustillo

Grade	Description	Energie
I	Plaie < 1 cm	Basse
II	Plaie 1-10 cm	Moyenne
IIIA	Lésions tissulaires étendues, > 10 cm, ne nécessitant pas de lambeau	Haute
IIIB	Lésions > 10 cm, atteinte marquée du périoste, os exposé, lambeau nécessaire	Haute
IIIC	Atteinte artérielle nécessitant une reconstruction vasculaire	Haute

Annexe 3 : Tableau des caractéristiques des patients inclus

	Age à T1	Indication	Taille PSO	Délai d'intervention	Nombre d'interventions	Délai Consolidation Depuis T1	Délai de consolidation Depuis T2
1	48 ans	fracture 42 A fermée en 2006 avec fracture fibula associée accident sportif en 2006 pseudarthrose septique	6,3 cm	T1: 20 04 11 T2: 30 06 11 délai T1 T2: 71 jours	Avant T1 : 2 Ostéosynthèse par plaque AMO A partir de T1 : 3 T1 T2 AMO fixateur	7 mois	5 mois
2	44 ans	fracture ouverte de jambe gauche Gustillo 3 C fracture fibula associée 42B2 accident de ski pseudarthrose septique	6 cm	T1: 19 09 11 T2: 02 11 11 délai T1T2: 44 jours	Avant T1 : 1 A partir de T1 : 4 T1 T2 AMO fixateur externe Greffe osseuse CS + ostéosynthèse	12 mois	10.5 mois
3	41 ans	AVP moto le 18.01.2010 fracture ouverte jambe Gustillo inconnu	6 cm	T1: 26 09 11 T2: 18 11 11 Délai T1 T2: 56 jours	Avant T1 : 3 Ostéosynthèse par plaque Dermo-fasciotomie de Décharge	14 mois	12 mois

		Genou flottant Droit 42C3 fracture bifocale de fibula Syndrome de loge de jambe: dermo-fasciotomie. Pseudarthrose septique			AMO A partir de T1 :3 T1 T2 AMO fixateur externe		
4	27 ans	Accident motocross le 07 07 11 fracture 42 B2 ouverte Gustillo 3b malléole externe associée jambe gauche Pseudarthrose septique	5.4 cm	T1: 17 10 11 T1 bis: 06 01 12 T2: 25 04 12 Délai T1 bisT2: 135 jours	Avant T1 : 1 Ostéosynthèse par fixateur externe A partir de T1 :7 T1 T1bis Mobilisation fixateur externe T2 changement fixateur externe GITP reprise GITP	17 mois	12.5 mois
5	60 ans	Accident de tracteur le 17 09 2010 Fracture 42C3 ouverture Gustillo 3a fracture fibula associée Pseudarthrose septique	5 cm	T1: 11 01 12 T2:24 05 12 délai T1 T2: 134 jours	Avant T1 : 1 Ostéosynthèse par fixateur externe A partir de T1 :4 T1 T2 Pseudarthrose: biopsie osseuse Cure de pseudarthrose	30 mois	25.5 mois
6		42 B3 jambe droite ouverte Gustillo 2	5.3 cm	T1: 12 03 12 T2: 12 07 12	Avant T1 : 3	Jamais de consolidation	Jamais de consolidation

	28 ans	Association fracture bifocale de fibula Syndrome de loge plaie artère tibiale post suturée Association fracture plateau tibial interne droit Ostéosynthèse par fixateur externe 01 12: pseudarthrose septique		Délai T1 T2: 4 mois	Ostéosynthèse par fixateur externe Dermo fasciotomie de décharge AMO du fixateur externe A partir de T1 :6 T1 T2 Evacuation hématome au niveau de la prise de greffe: crête iliaque reprise de l'ostéosynthèse de T2 Amputation jambe trans tibiale		
7	32 ans	Ostéosarcome tibia gauche Résection + allogreffe en 07/2011 pseudarthrose septique en 07/2012 Fibula intacte	10.4 cm	T1: 26/07/2012	Avant T1 : 2 Résection sarcome Autogreffe osseuse A partir de T1 :3 T1 correction du varus amputation trans articulaire pour persistance de l'infection	Jamais de consolidation	Jamais de consolidation
8	43 ans	contexte incertain Fracture ouverte Gustillo 3b 43A1 jambe droite le 21 03 13 fibula: fracture bi focale	8.5 cm	T1: 29 04 13 T2: 18 12 13 Délai T1 T2: 233 jours	Avant T1 : 2 Ostéosynthèse par fixateur externe Changement de fixateur externe A partir de T1 :3 T1 AMO fixateur externe	12 mois	4 mois

		Pseudarthrose septique			T2		
9	27 ans	2011 fracture 41A3 ouverte Gustillo gauche (hors centre) ostéosynthèse par plaque vissée 10/2011: infection osseuse stade 3 de Cierny- Mader fibula: fracture diaphyse supérieure associée	11 cm	T1: 12 06 13 T1 bis le 22/07/13 T2: 25 10 13 Délai T1bis T2 : 95 jours	Avant T1 : 2 Ostéosynthèse par plaque AMO puis fixateur externe A partir de T1 : 3 T1 T1 bis T2	pas de consolidation en 01/2015: soit 18 mois après T1	Pas de consolidation
10	46 ans	accident sportif en montagne fracture droite des 2 os ouverte ouverture inconnue Traité hors centre par fixateur externe puis ostéosynthèse par plaque fibula: fracture diaphyse 41A 2-3 pseudarthrose septique	4.7 cm	T1: 20 11 13 T2: 09 01 14 délai T1 T2: 50 jours	Avant T1 : 4 Ostéosynthèse par fixateur externe AMO fixateur externe et greffe osseuse + plaque AMO à 2 reprises A partir de T1 :2 T1 T2	14 mois	12 mois
11	61 ans	fracture 43 fermée gauche	7.5 cm	T1: 29 10 13 T2: 13 01 14 délai T1 T2: 76 jours	Avant T1 : 4 Ostéosynthèse par plaque	11 mois	8.5 mois

		ostéosynthèse par plaque vissée en 07/2012 fibula: fracture de la malléole externe ostéosynthésée par broche centro médullaire Nécrose cutanée: AMO+ fixateur externe pseudarthrose septique			AMO et fixateur externe Décortication et greffe osseuse autologue Modification du fixateur externe A partir de T1 :3 T1 AMO fixateur externe T2		
12	20 ans	AVP le 02 04 13 fracture ouverte de jambe droite type 42 Gustillo inconnu Fracture associée bifocale de fibula 1/3 < et 1/3 > Prise en charge initiale hors centre Pseudarthrose septique	10.8 cm	T1: 23 04 13 T1 bis: 13 08 13 T2: 13 01 14 Délai T1 bis T2: 153 jours	Avant T1 : 1 Ostéosynthèse par fixateur externe A partir de T1 :4 T1 T1 bis AMO fixateur externe T2	12.5 mois	8.5 mois
13	36 ans	AVP en 07/2012 fracture fermée type 43 Fibula intacte Traitée hors centre par plaque vissée AMO le 10 01 13	6.7 cm	T1: 27 06 13 T2: 16 01 14 délai: 203 jours	Avant T1 : 2 Ostéosynthèse par plaque AMO A partir de T1 :5 T1 AMO fixateur externe T2	Pas de consolidation à 19 mois	Pas de consolidation

		devant cicatrice inflammatoire pseudarthrose septique			dynamisation du clou par AMO vis de verrouillage proximale AMO clou pour ré-enclouage		
14	30 ans	accident sportif de surf le 08 10 13 fracture fermée du tibia gauche 42A1 Fibula intacte traitée par enclouage centro médullaire verrouillé : nécrose cutanée ostéite post traumatique : type 3 de Cierny-Mader	8.5 cm	T1: 14 02 14 T2: 01 10 14 Délai T1 T2: 229 jours	Avant T1 : 1 Enclouage centro médullaire A partir de T1 :2 T1 + AMO clou T2	10 mois	2.5 mois
15	46 ans	fracture de jambe le 05 05 2011 type AO: 43A. fracture ouverte, Gustillo inconnu Ostéosynthèse par plaque vissée hors centre ostéite post traumatique type 3 de Cierny-Mader	3.7 cm	T1: 02 07 13 T1 bis: 17 10 13 T2: 31 03 14 Délai T1 T2: 165 jours	Avant T1 : 2 Ostéosynthèse par plaque AMO A partir de T1 :4 T1 T1bis AMO FE T2	21 mois	16 mois
16	15 ans	AVP scooter genou gauche flottant fracture ouverte Gustillo 1	5 cm	T1: le 27 06 14	Avant T1 : 3 Enclouage centro médullaire		Pas de consolidation

		type 41A2 Fibula intacte Syndrome de loge: dermofasciotomie Pseudarthrose septique : fracture infectée			Dermofasciotomie de décharge Fixateur externe A partir de T1 :2 T1 Amputation de jambe		
17	47 ans	AVP moto fracture type 43 A3 gauche ouverte Gustillo 2-3a ostéosynthèse par fixateur externe PSO post traumatique fracture diaphyse Fibula tiers moyen associée	2.5 cm	T1: 05 09 14 T2: 031214 Délai T1 T2: 89 jours	Avant T1 : 1 Ostéosynthèse par fixateur externe A partir de T1 :3 T1 AMO fixateur externe T2	pas de consolidation à 10 mois	Pas de consolidation
18	36 ans	AVP voiture le 26 12 13 fracture 2 os de la jambe type 42B3 association bi focale de la Fibula ouverte type Gustillo 3a ostéosynthèse par fixateur externe pseudarthrose septique	9 cm	T1: 24 09 14 T1 bis: 31 10 14 T2: 20 01 15 délai T1bis T2 : 81 jours	Avant T1 : 4 Ostéosynthèse par fixateur externe Modification du fixateur AMO Enclouage centro médullaire A partir de T1 :4 T1 T1 bis T2 pseudarthrose: ré enclouage le 07/10/15	pas de consolidation à 12 mois	Pas de consolidation

19	64 ans	Fracture ouverte jambe droite écrasement malléole externe associée 43A3 Gustillo 3b fixateur externe 07/2014 pseudarthrose septique	2 cm	T1:050814 T2:031214 Délai T1 T2: 120 jours	Avant T1 : 2 Fixateur externe Modification du fixateur externe A partir de T1 :3 T1 AMO fixateur externe T2	10 mois	6 mois
20	26 ans	AVP moto le 17 10 14 Gustillo 3b fracture fibula embrochée par broche centro médullaire, associée fixateur externe + VAC Cierny-mader stade 3	5.4 cm	T1: 12 12 14 T2: 04 06 15 Délai T1 T2 : 174 jours	Avant T1 : 1 Ostéosynthèse par fixation externe A partir de T1 :2 T1+ lambeau T2	Pas de consolidation à 11 mois	Pas de consolidation
21	67 ans	fracture par écrasement 43B/C fracture fermée intégrité de la fibula nécrose cutanée ostéite précoce Stade 3 de Cierny-mader	T1 bis:3,6cm	T1: 29 08 14 T1 bis: 06 10 14 T2: 29 02 15 Délai T1 bis T2: 145 jours	Avant T1 : 2 Ostéosynthèse par plaque AMO et fixateur externe A partir de T1 :4 T1 T1 bis AMO fixateur externe T2	8 mois	3 mois
22	56 ans	écrasement de jambe par tracteur fracture 42B3 ouverte Gustillo 3B	2.6 cm	T1: 13 10 14 T1 bis: 21 10 14 T2: 09 02 15	Avant T1 : 1 Ostéosynthèse par fixateur externe A partir de T1 :4	pas consolidé à 8 mois	Pas de consolidation

		fracture malléole externe associée fixateur externe et VAC Pseudarthrose septique		Délai T1 T2: 111 jours	T1 T1 bis AMO fixateur externe T2		
23	54 ans	accident de chasse 08 11 2007 fracture type 42 ouverte Gustillo 3a Fibula : fracture de la diaphyse 1/3 moyen Fixateur externe Pseudarthrose septique	6 cm	T1: 12 12 2007 T1 bis: 18 02 08 T2: 21 04 2008 Délai T1 T2: 63 jours	Avant T1 : Ostéosynthèse par fixateur externe A partir de T1 :5 T1 T1 bis T2 AMO fixateur externe GITP	pas consolidé en 11 /2011	Pas de consolidation
24	22 ans	AVP le 16 10 09 fracture fermée 42B1 gauche fracture bi focale associée de la Fibula enclouage centro médullaire Syndrome de loge pseudarthrose septique	3.4 cm	T1: 04 01 10 T2: 05 10 Délai T1 T2: 123 jours	Avant T1 : 2 Enclouage centro médullaire Dermofasciotomie de décharge. A partir de T1 :4 T1 T2 AMO fixateur externe cure de pseudarthrose	24 mois	20 mois
25	16 ans	AVP scooter fracture ouverte des 2 os de la jambe droite AO 42 Gustillo 3c Pseudarthrose septique	7.5 cm	T1: 19 10 09 T1 bis: 29 03 10 T1 bis bis: 31 03 10 T2: 29 06 10 Délai T1 bis bis T2: 90 jours	Avant T1 : 1 Ostéosynthèse par fixateur externe A partir de T1 :5 T1 T1 bis T1 bis bis	25 mois depuis T1 bis bis	22 mois

					AMO fixateur externe GITP		
26	68 ans	fracture ouverte des 2 os de la jambe droite fermée 43A3 Ostéosynthèse par plaque vissée Pseudarthrose septique	5.5 cm	T1: 09 04 10 T2: 08 07 10 Délai T1 T2: 90 jours	Avant T1 : 2 Ostéosynthèse par plaque AMO + fixateur externe A partir de T1 :3 T1 AMO fixateur externe T2	23 mois	20 mois
27	52 ans	hors centre: fracture gauche ouverte Gustillo 1 43A malléole externe associée stade 3 de Cierny-mader	3 cm	T1: 04 10 T2: 13 08 10 Délai T1 T2 :192jours	Avant T1 : 2 Ostéosynthèse par plaque AMO A partir de T1 :2 T1 T2	7 mois	2.5 mois
28	44 ans	AVP : fracture 42C2 ouverte 2 os jambe droite Gustillo inconnu. trifocale de fibula Enclouage centro médullaire verrouillé pseudarthrose septique	3.5 cm	T1: 22 08 11 pas de T2	Avant T1 : 2 Enclouage centro médullaire AMO et fixateur externe A partir de T1 :2 T1 Amputation trans-tibiale de raison		Pas de consolidation
29	28 ans	AVP fracture 2 os de la jambe droite ouverte type G3a fracture bifocale	10 cm	T1: 19 02 10 T2: 11 10 10 Délai T1 T2 : 234 jours	Avant T1 : 3 Enclouauge centro médullaire Dermofasciotomie de décharge	pas de consolidation à 13 mois	Pas de consolidation

		enclouage centro médullaire verrouillé J1: Syndrome de loge pseudarthrose septique			AMO et fixateur externe A partir de T1 :4 T1 T2 reprise de T2 par Transfert osseux segmentaire AMO fixateur externe		
30	27 ans	fracture ouverture 2 os: 43b3 associée à fracture malléole externe et à fracture non déplacée 1/3 sup du tibia G Pseudarthrose septique	3.9 cm	T1: 12 11 10 Amputation trans-tibiale	Avant T1 : 2 Ostéosynthèse par fixateur externe Reprise du fixateur externe A partir de T1 :2 T1 Amputation trans-tibiale	Pas de consolidation	Pas de consolidation
31	58 ans	Ostéite tibia proximal, séquellaire fracture jambe de 1981 Cierny Mader3 Corticale post en continuité Fibula continue ATCD de Papineau	6.1 cm	T1: 17 11 08 T2: 03 06 09	Avant T1 : 1 Ostéosynthèse par fixateur externe A partir de T1 :3 T1 T2 AMO fixateur	consolidé 07 01 10: 17 mois	10 mois
32	63 ans	pseudarthrose 2 os de la jambe G post fracture ouverte 42A. Caractère septique pas au moment de T1	2.5 cm	T1: 240908 Pas de T2	Avant T1 : 1 Ostéosynthèse par fixateur externe A partir de T1 :2 T1 AMO fixateur externe	Pas d'information	Pas d'information

33	48 ans	ATCD de fracture 41A ouverte des 2 os de jambe G en 1988 Cierny-mader 3 ostéite ATCD de Papineau	5.2 cm	T1:190510 T2: 23 02 11 Délai T1 T2	Avant T1 : inconnu A partir de T1 :3 T1, T2 Amputation transgonale pour récidive fistulisation,	Pas de consolidation	Pas de consolidation
34	44 ans	ATCD fracture tibia G proximal en 2001 ostéite chronique, fistule en regard tibia proximal état de la peau inconnu	12.4 cm	T1: 07 01 09 T2: 04 05 09 Délai T1 T 2 : 117 jours	Avant T1 : 0 A partir de T1 :2 T1 T2	10 mois	6 mois

Annexe 3 : Tableau des caractéristiques des patients inclus (suite)

	Résultats axe longueur	**Technique et ciment**	**Matériel d'ostéosyn-thèse**	**Appui Depuis T1**	**Type de greffe**	**Statut du malade**	Infection	**Chirurgie plastique**
1	20° de varus profil: 10° flessum	ciment antibiotique	Fixateur externe monoplan T1 T2	Dès J1: appui contact appui complet autorisé à 5 mois	RIA crête iliaque antérieure: CS+S	Tabac, Pas de diabète	T1: prélèvements stériles GUERI	pas d'intervention des plasticiens
2	11° de varus profil: normo axé	ciment antibiotique	Fixateur externe monoplan T1 T2	appui complet à: 3 mois de T 1	RIA crête iliaque antérieure: CS+S +1/3 de TCP	Pas de tabac Pas de diabète	T1: Staphylocoque à coagulase négative méticillino résistantes GUERI	pas d'intervention des plasticiens
3	Varus: 8° profil: normo axé raccourcissement 27mm	ciment antibiotique	Fixateur externe monoplan T1 T2	14 mois Marche avec appui complet avec canne	RIA +crête iliaque antérieure +TCP 15cc	Tabac sevré il y a 15 ans Pas de diabète	T1: Propionibacterium Granulosum GUERI	Lambeau musculaire pédiculé (hémi soléaire médial), lambeau fascio graisseux et derme artificiel AVANT T1
4	Pas de défaut d'axe de face profil: 5 ° de Recurvatum	ciment antibiotique	Fixateur externe monoplan T1 T2	appui partiel 20% le 30 08 11 appui complet le 19 12 12: 11 mois depuis T1	RIA	Pas de tabac Pas de diabète	T1: prélèvements stériles GUERI	Lambeau libre musculaire type gracilis + derme artificiel + greffe de peau
5	de face: 5 ° de valgus de profil: normo axé	ciment	fixateur externe monoplan T1 T2	appui complet le 11 10 13 21 mois	RIA+ pyrophosphate de calcium	Tabac Pas de diabète	T1 Staphylococcus epidermidisméticillino résistant GUERI	pas d'intervention des plasticiens

6		ciment ATB	fixateur externe monoplan T1 T2	Appui contact entre T1 et T2	Autogreffe osseuse prise des 2 crêtes iliaques antérieures	Tabac Pas de diabète	T1: Staphylococcus epidermidisméticilline sensible et Staphylococcus schleiferi méticilline sensible PAS DE GUERISON	pas d'intervention des plasticiens
7		T1 hors centre Pas de CROP	T1 : fixateur externe monoplan	Patient amputé		Pas de tabac Pas de diabète	T1 données bactériologiques non fournies PAS DE GUERISON	pas d'intervention des plasticiens
8	4° de valgus de face pas de trouble de profil	Ciment antibiotique	T1: Fixateur externe monoplan T2 : enclouage centro médullaire verrouillé	appui partiel le 17/03/2014 10,5 mois depuis T1	RIA	Tabac Pas de diabète	T1 Staphylococcus epidermidis Streptococcus oralis Streptococcus mitis Bacillus cereus GUERI	lambeau musculaire libre de triceps brachial médial entre T1 et T 2 greffe de peau
9	normo axé de face et de profil	ciment ATB	Pas d'osthéosyn-thèse	appui complet: 01/2014: 6 mois	CS crête iliaque postérieure +allogreffe: tête fémorale	Tabac Pas de diabète	T1 Staphylococcus aureus Staphylococcus lugdunensis Staphylococcus hominis Pseudomonas aeruginosa PAS DE GUERISON	lambeau musculaire d'hémi soléaire le 19 07 13 greffe de peau reprise par lambeau local d'avancement

10	4° de varus de face pas de trouble de profil	ciment ATB	T1: ciment armé par clou de Steinman T2: enclouage centro médullaire verrouillé	appui contact 45 jours après T2	RIA	Tabac Pas de diabète	T1: 5 prélèvements peropératoires reviennent négatifs GUERI	Pas d'intervention des plasticiens
11	Pas de défaut d'axe de face profil.	ciment ATB	T1: Fixateur externe monoplan T2 : enclouage centro médullaire verrouillé	appui contact 45 jours après T2	RIA	Tabac sevré avant T1 Pas de diabète	T1 Staphylococcus aureus Ralstonia sp GUERI	lambeau musculaire libre de triceps brachial médial au moment de T1
12	normo axé de face et de profil	ciment ATB	T1: Fixateur externe monoplan T1 bis: fixateur externe monoplan T2 : enclouage centromédullaire verrouillé	6 semaines après T2	crête iliaque postérieure bilatérale injection de PRP greffe cortico-spongieuse	pas de tabac Pas de diabète	T1: Staphylococcus epidermidis méticillino-résistant et agent fongique T1 bis: SAMS, Pseudomonas aeruginosa, Streptococcus B, Streptococcus mitis et Streptococcus alpha-haemolyticus GUERI	lambeau musculaire libre type droit antérieur de cuisse au moment de T1 nouveau lambeau musculaire libre au moment de T1 bis: grand dorsal greffe de peau

13	10° de recurvatum 4° de valgus	ciment ATB	T1: Fixateur externe monoplan T2 : enclouage centro médullaire verrouillé	Appui complet 6 semaines après T2	RIA	Pas de tabac Pas de diabète	T1: prélèvements négatifs GUERI	lambeau musculaire libre au moment de T1 triceps brachial médial
14	normo axé de face et de profil	ciment ATB (genta)	pas d'ostéosynthèse	Appui complet immédiat	Crête iliaque postérieure auto stable (Cortico spongieux)	Pas de tabac Pas de diabète	T1 SAMS, Staphylococcus lugdunensis méti-S, Corynebacterium propinquum, un Arthrobacter GUERI	Lambeau musculaire local (hémi soléaire médial) greffe de peau mince
15	normo axé de face et de profil	ciment ATB RBCement	T1: fixateur externe T2: pas d'ostéosynthèse	appui partiel 9,5 mois	Greffe cortico-spongieuse crête iliaque antérieure substitut osseux: TCP	Pas de tabac Pas de diabète	T1: Corynebacteriumsimulans Enterococcus faecalis Corynebacterium jeikeium Staphylococcus epidermidis RM Enterococcus faecalis GUERI	Lambeau libre grand dorsal au moment de T1 greffe de peau mince remodelage du lambeau dans un second avec un lambeau cutané de rotation,
16		ciment ATB	T1: fixateur externe Amputation			Pas de tabac	T1 Enterobacter cloacae et faecium	Lambeau libre type gracilis au moment de T1

						Pas de diabète	Enterococcusfaecium Pseudomonas putida PAS DE GUERISON	nécrose du lambeau
17	normo axé de face et de profil	ciment ATB	T1: fixateur externe T2: plaque LCP	appui total à 6 mois	Greffe cortico-spongieuse crête iliaque antérieure	Tabac sevré Pas de diabète	T1: prélèvements négatifs STATUT INFECTIEUX INCONNU	pas d'intervention des plasticiens
18	normo axé de face profil: 10° de flessum	ciment ATB	T1 T1 bis: pas d'ostéosyn-thèse T2: enclouage centro médullaire verrouillé	appui 2 mois après T2	RIA Greffe cortico spongieuse crête iliaque antérieure	Tabac Pas de diabète	T1 Staphylococcus epidermidis, haemolyticus et capitis Méticillino-sensibles GUERI	lambeau libre antébrachial G 03/2014
19	normo axé de face profil	ciment ATB RBCement	T1: fixateur externe monoplan T2: plaque verrouillée	appui complet 8 mois	greffe cortico spongieuse crête iliaque antérieure droite	pas de tabac cortico-thérapie pour maladie inflam-matoire Pas de diabète	T1: Staphylococcus aureus Méticillino-sensible GUERI	pas d'intervention des plasticiens
20	normo axé de face profil	ciment ATB RBCement	T1 T2 enclouage centro	appui complet en 09/2015	greffe autologue	Tabac Pas de diabète	pas de résultats STATUT INFECTIEUX INCONNU	T1: lambeau fascio cutané de couverture nécrose

			médullaire verrouillé		CS crêtes iliaques bilatérales			reprise par lambeau libre antéro latéral de cuisse greffe de peau
21	face: 4° de varus profil: normo axé	ciment ATB RBCement	T1, T1 bis: fixateur externe monoplan tibio calcanéun T2: clou d'arthrodèse tibio calcanéun	7 mois	greffe autologue CS crêtes iliaques bilatérales	Pas de tabac Pas de diabète	T1 SARM PAS DE GUERISON	VAC au moment de T1 T1 bis: lambeau musculaire libre: triceps brachial médial
22	normo axé de face et de profil	ciment ATB	T1 T1 bis: fixateur externe T2: enclouage centro médullaire verrouillé	appui complet 8 mois	autogreffe osseuse sur la crête iliaque droite CS	Pas de tabac Pas de diabète	T1: Enterobacter cloacae GUERI	au moment de T1: lambeau libre antéro latéral de cuisse
23	raccourcissement 3 cm face: normo axé profil: 9° de varus	Ciment ATB	Fixateur externe monoplan T1 T2	appui complet le14 01 09 13 mois	greffe cortico spongieuse crête iliaque postérieure TCP	Pas de tabac Diabète de type 2	STATUT INFECTION NON CONNU pas de résultats bactériologiques	lambeau soléaire à pédiculaire proximal au moment de T1 un lambeau fascio-cutané de rotation au moment de T1 bis
24	de face: 4° de valgus	Ciment ATB	Fixateur externe monoplan	appui complet prévu en 12/2011	greffe cortico spongieuse	Pas de tabac	T1: prélèvements négatifs GUERI	Derme artificiel Greffe de peau

	de profil: normo axé		T1 T2		crête iliaque antérieure gauche	Pas de diabète		
25	de face: normo axé de profil: 6 ° de flessum	Ciment ATB genta	Fixateur externe monoplan T1 T2	appui complet à 28 mois post T1 bis	greffe spongieuse crête iliaque 10% du volume de substitut osseux synthétique	Pas de tabac Pas de diabète	T1: Klebsiella oxytoca Staphylococcus aureus méticillino-sensible GUERI	lambeau musculaire libre type serratus antérieur le 18 11 09
26	Normo axé de face et de profil	ciment ATB genta pas de gitp lors de T2	T1: fixateur externe T2: enclouage centro médullaire verrouillé	appui partiel à 6 mois de T2	greffe cortico spongieuse crête iliaque antérieure bilatérale protéine ostéo inductive: bmp7	aomi stade 4 ulcère à revasculariser Pas de diabète Tabac 40 PA sevré depuis 30 ans	T1: Escherichia coli (résistant Augmentin, FQ, Bactrim) GUERI	pas d'intervention des plasticiens au moment du Masquelet lambeau d'Heymans et greffe de peau antérieure
27	Normo axé de face et de profil	ciment ATB	T1: pas d'ostéosyn-thèse T2: plaque malléolaire externe	appui à 6 semaines de T2	greffe cortico-spongieuse crête iliaque antérieure gauche	Tabac sevré Pas de diabète	T1: prélèvements négatifs GUERI	au moment de T1: lambeau neuro cutané sural greffe de peau
28		ciment ATB RBCement	T1 fixateur externe monoplan			Tabac actif Pas de diabète	T1: Staphylococcus aureus PAS DE GUERISON AMPUTATION	Pas d'intervention des plasticiens

29	Normo axé de face et de profil	ciment genta	T1 et T2 : fixateur externe monoplan	en 07 2012: appui complet avec FE	Fibula vascularisée	Tabac actif Pas de diabète	T1: S aureus sensible à la méticilline PAS DE GUERISON	au moment de T1 lambeau libre de serratus antérieur nécrose: caisson hyperbare T2: lambeau musculaire libre: hémi soléaire controlatéral
30		ciment ATB RBcement	T1 fixateur externe monoplan			Tabac actif Pas de diabète	t1:Proteus mirabilis Enterococcus faecalis PAS DE GUERISON AMPUTATION	au moment de T1 lambeau fascio cutané de Heymans
31	face: 5° de valgus normo axé de profil	Ciment ATB	T1: pas d'ostéosynthèse T2: fixateur externe pour cross-leg	appui complet 06 07 09	greffe osseuse cortico spongieuse à crête iliaque gauche	AOMI stade 1 Pas de diabète Tabac sevré depuis 15 ans	T1:Staphylococcus aureus méticillino-sensible, streptocoque et Escherichia Coli GUERI	au moment de T1 lambeau de jumeau interne au moment de t2:lambeau fascio cutané hétero jambier: cross leg
32		Ciment ATB genta	Fixateur externe monoplan	appui complet avec 2 cannes le 06 01 09	Pas de T2	Tabac actif Pas de diabète	T1: Les prélèvements bactériologiques per opératoires sont restés négatifs Statut infectieux inconnu	Au moment de T1 lambeau soléaire pédicule distal
33		ciment pmma sans précision	pas d'ostéosyn-thèse	Appui complet dès T1	pas de matériel de comblement	tabac + athéro-matose diffuse	T1: Proteus mirabilis Pseudomonas aeruginosa poly agglutinable	au moment de T1 lambeau de jumeau interne

						Pas de diabète	Corynebacteriumamycolatum Staphylococcus caprae Pseudomonas aeruginosa poly agglutinable Enterococcus faecalis GUERI	
34	normo axé de face et de profil	Ciment ATB	Pas d'osthéosyn-thèse	appui complet 45j après t1 et 45 jours après T2	RIA	Tabac actif Pas de diabète	T1: Staphylococcus aureus résistant à la méticilline GUERI	au moment de T1 lambeau musculaire jumeau latéral puis greffe de peau

BIBLIOGRAPHIE

1. Ronga M, Ferraro S, Fagetti A, Cherubino M, Valdatta L, Cherubino P. Masquelet technique for the treatment of a severe acute tibial bone loss. Injury.déc 2014;45:S111‑5.

2. Masquelet AC, Begue T. The Concept of Induced Membrane for Reconstruction of Long Bone Defects.Orthop Clin North Am. janv 2010;41(1):27‑37.

3. Masquelet A-C, Sales de Gauzy J, Bauer T, Fabre A, Fitoussi F, Hannouche D, et al. Reconstruction des pertes de substance osseuse diaphysaires d'origine traumatique. Stratégies, recommandations, perspectives. Rev ChirOrthopédiqueTraumatol. févr 2012;98(1):94‑103.

4. Calori GM, Mazza E, Colombo M, Ripamonti C. The use of bone-graft substitutes in large bone defects: Any specific needs? Injury. sept 2011;42:S56‑63.

5. Haute Autorité de Santé. H. Substituts osseux. Révision de catégories homogènes de dispositifs médicaux. Saint-Denis La Plaine : HAS ; 2013. 2013.

6. Stafford PR, Norris BL. Reamer-irrigator-aspirator bone graft and bi Masquelet technique for segmental bone defect nonunions: a review of 25 cases. Injury. 2010;41:S72‑7.

7. Atef A, El-Tantawy A. Management of open infected comminuted tibial fractures using Ilizarov concept. Eur J OrthopSurgTraumatol. avr 2014;24(3):403‑8.

8. Zappaterra T, Ghislandi X, Adam A, Huard S, Gindraux F, Gallinet D, et al. Reconstruction des pertes de substance osseuse du membre supérieur par la technique de la membrane induite, étude prospective à propos de neuf cas. Chir Main. sept 2011;30(4):255‑63.

9. Mauffrey C, Barlow BT, Smith W. Management of Segmental Bone Defects. J Am AcadOrthop Surg. 2015;23(3):143‑53.

10. Ziran NM, Smith WR. The'Ziran'wrap: reconstruction of critical-sized long bone defects using a fascialautograft and reamer-irrigator-aspirator autograft. Patient Saf Surg. 2014;8(1):1‑15.

11. MacKenzie EJ, Bosse MJ, Pollak AN, Webb LX, Swiontkowski MF, Kellam JF, et al. Long-term persistence of disability following severe lower-limb trauma. J Bone Jt Surg. 2005;87(8):1801‑9.

12. Penn-Barwell JG, Myatt RW, Bennett PM, Sargeant ID. Medium-term outcomes following limb salvage for severe open tibia fracture are similar to trans-tibial amputation. Injury.févr 2015;46(2):288‑91.

13. MacKenzie EJ. Health-Care Costs Associated with Amputation or Reconstruction of a Limb-Threatening Injury. J BoneJtSurg Am. 1 août 2007;89(8):1685.

14. D.L.Nen et al. Réparations tissulaires à la jambe. Springer-Verlag; 2012.

15. Lenen D. Fractures ouvertes de jambe: Vingt ans d'expérience d'ostéosynthèse et de chirurgie des lambeaux. E-Mém L'Académie NatlChir. 2011;10:25‑32.

16. Tay W-H, de Steiger R, Richardson M, Gruen R, Balogh ZJ. Health outcomes of delayed union and nonunion of femoral and tibial shaft fractures.Injury.oct 2014;45(10):1653‑8.

17. Calhoun J, Manring MM, Shirtliff M. Osteomyelitis of the Long Bones. SeminPlast Surg. mai 2009;23(02):059‑72.

18. Madhuchandra P, Rafi M, Devadoss S, Devadoss A. Predictability of salvage and outcome of Gustilo and Anderson type-IIIA and type-IIIB open tibial fractures using Ganga Hospital Scoring system. Injury.févr 2015;46(2):282‑7.

19. Hak DJ. Management of aseptic tibial nonunion. J Am AcadOrthop Surg. 2011;19(9):563‑73.

20. Hogan A, Heppert VG, Suda AJ. Osteomyelitis. Arch Orthop Trauma Surg. sept 2013;133(9):1183‑96.

21. Zalavras CG, Patzakis MJ. Open fractures: evaluation and management. J Am AcadOrthop Surg. 2003;11(3):212‑9.

22. Patzakis MJ, Zalavras CG. Chronic posttraumatic osteomyelitis and infected nonunion of the tibia: current management concepts. J Am AcadOrthop Surg. 2005;13(6):417‑27.

23. Forsberg JA, Potter BK, Cierny G, Webb L. Diagnosis and management of chronic infection. J Am AcadOrthop Surg. 2011;19(suppl 1):S8‑19.

24. The Korean Society for Chemotherapy, The Korean Society of Infectious Diseases, The Korean Orthopaedic Association. Clinical Guidelines for the Antimicrobial Treatment of Bone and Joint Infections in Korea. Infect Chemother. 2014;46(2):125.

25. Gogia J, Meehan J, Di Cesare P, Jamali A. Local Antibiotic Therapy in Osteomyelitis. SeminPlast Surg. mai 2009;23(02):100‑7.

26. Giannoudis PV, Faour O, Goff T, Kanakaris N, Dimitriou R. Masquelet technique for the treatment of bone defects: Tips-tricks and future directions. Injury. juin 2011;42(6):591‑8.

27. A.C. Masquelet,F. Fitoussi,T.Begue,G.P.Muller. Reconstruction des os longs par membrane induite et autogreffe spongieuse. Editions scientifiquesetmédicales.Elsevier; 2000.

28. Damage control orthopedics-when And why. J Lanc Gen Hosp. 2007;2(3):103‑5.

29. Chotel et al F. Induced membrane technique for reconstruction after bone tumor resection in children. 2011.

30. Apard T, Bigorre N, Cronier P, Duteille F, Bizot P, Massin P. Two-stage reconstruction of post-traumatic segmental tibia bone loss with nailing. OrthopTraumatolSurg Res. sept 2010;96(5):549‑53.

31. Taylor BC, French BG, Fowler TT, Russell J, Poka A. Induced membrane technique for reconstruction to manage bone loss. J Am AcadOrthop Surg. 2012;20(3):142‑50.

32. Micev AJ, Kalainov DM, Soneru AP. Masquelet Technique for Treatment of Segmental Bone Loss in the Upper Extremity. J Hand Surg. mars 2015;40(3):593‑8.

33. Masquelet AC, Obert L. La technique de la membrane induite pour les pertes de substance osseuse de la main et du poignet. Chir Main. déc 2010;29:S221‑4.

34. Pelissier P, Martin D, Baudet J, Lepreux S, Masquelet A-C. Behaviour of cancellous bone graft placed in induced membranes. Br J Plast Surg. oct 2002;55(7):596‑8.

35. Masquelet AC. Le concept de la membrane induite pour la reconstruction des pertes de substance des os longs. E-MémL'AcadémieNatlChir. 2008;7:34‑8.

36. Pelissier PH, Masquelet AC, Bareille R, Pelissier SM, Amedee J. Induced membranes secrete growth factors including vascular and osteoinductive factors and could stimulate bone regeneration. J OrthopRes. janv 2004;22(1):73‑9.

37. Pélissier P, Lefevre Y, Delmond S, Villars F, Vilamitjana-Amedee J. Influence des membranes induites sur l'ostéogenèse hétérotopique au sein d'un complexe ostéo-inducteur. Étude expérimentale chez le lapin. Ann Chir Plast Esthét. févr 2009;54(1):16‑20.

38. Christou C, Oliver RA, Yu Y, Walsh WR. The Masquelet Technique for Membrane Induction and the Healing of Ovine Critical Sized Segmental Defects. PloS One. 2014;9(12):e114122.

39. Aho O-M, Lehenkari P, Ristiniemi J, Lehtonen S, Risteli J, Leskelä H-V. The Mechanism of Action of Induced Membranes in Bone Repair. J Bone JtSurg Am. 3 avr 2013;95(7):597.

40. Biau DJ, Pannier S, Masquelet AC, Glorion C. Case Report: Reconstruction of a 16-cm Diaphyseal Defect after Ewing's Resection in a Child. ClinOrthop. févr 2009;467(2):572‑7.

41. Gan AWT, Puhaindran ME, Pho RWH. The reconstruction of large bone defects in the upper limb. Injury.mars 2013;44(3):313‑7.

42. Paley D, Maar DC. Ilizarov Bone Transport Treatment for Tibial Defects: J Orthop Trauma. févr 2000;14(2):76‑85.

43. Rigal S, Merloz P, Le Nen D, Mathevon H, Masquelet A-C. Bone transport techniques in posttraumatic bone defects. OrthopTraumatolSurg Res. févr 2012;98(1):103‑8.

44. Oh C-W, Song H-R, Roh J-Y, Oh J-K, Min W-K, Kyung H-S, et al. Bone transport over an intramedullary nail for reconstruction of long bone defects in tibia. Arch Orthop Trauma Surg. août 2008;128(8):801‑8.

45. Mora R, Maccabruni A, Bertani B, Tuvo G, Lucanto S, Pedrotti L. Revision of 120 tibial infected non-unions with bone and soft tissue loss treated with epidermato-fascialosteoplasty according to Umiarov. Injury. févr 2014;45(2):383‑7.

46. Polyzois VD, Galanakos SP, Tsiampa VA, Papakostas ID, Kouris NK, Avram AM, et al. The use of Papineau technique for the treatment of diabetic and non-diabetic lower extremity pseudoarthrosis and chronic osteomyelitis.Diabet Foot Ankle [Internet]. 4 mars 2011 [cité 15 oct 2015];2(0). Disponible sur: http://diabeticfootandankle.net/index.php/dfa/article/view/5920

47. Panda M, Ntungila N, Kalunda M, Hinsenkamp M. Treatment of chronic osteomyelitis using the Papineau technique. IntOrthop. 1998;22(1):37‑40.

48. Deng Z, Cai L, Jin W, Ping A, Wei R. One-stage reconstruction with open bone grafting and vacuum-assisted closure for infected tibial non-union. Arch Med Sci. 2014;4:764‑72.

49. Masquelet AC. Muscle reconstruction in reconstructive surgery: soft tissue repair and long bone reconstruction. LangenbecksArchSurg. 1 oct 2003;388(5):344‑6.

50. Ardouin L, Le Nen D. Sauvetage par membrane induite d'un pouce après transfert vascularisé d'hallux septique. Chir Main. févr 2012;31(1):41‑4.

51. Wong TM, Lau TW, Li X, Fang C, Yeung K, Leung F. Masquelet Technique for Treatment of Posttraumatic Bone Defects. Sci World J. 2014;2014:1‑5.

52. Natasha T.O'Malley. Advances on the Masquelet technique using a cage and nail construct. 2011.

53. Argintar E, Triantafillou K, Delahay J, Wiesel B. The musculoskeletal effects of perioperative smoking. J Am AcadOrthop Surg. 2012;20(6):359‑63.

54. Kwong FN, Harris MB. Recent developments in the biology of fracture repair. J Am AcadOrthopSurg. 2008;16(11):619‑25.

55. RPC Infections ostéo-articulaires sur matériel (prothèse, implant, ostéosynthèse) - Texte court Version V6 définitive du 13 mai 2009 (SPILF)

56. Liu H, Hu G, Shang P, Shen Y, Nie P, Peng L, et al. Histological characteristics of induced membranes in subcutaneous, intramuscular sites and bone defect. OrthopTraumatolSurg Res. déc 2013;99(8):959‑64.

57. Ristiniemi J, Lakovaara M, Flinkkilä T, Jalovaara P. Staged method using antibiotic beads and subsequent autografting for large traumatic tibial bone loss: 22 of 23 fractures healed after 5–20 months. ActaOrthop.janv 2007;78(4):520‑7.

58. Fitoussi F, Masquelet A-C, Rigal S, Poichotte A, Bauer T, Fabre A. Inter-tibiofibular graft for traumatic segmental bone defect of the tibia. OrthopTraumatolSurg Res. avr 2012;98(2):214‑9.

59. Uzel A-P, Lemonne F, Casoli V. Tibial segmental bone defect reconstruction by Ilizarov type bone transport in an induced membrane. OrthopTraumatolSurg Res. avr 2010;96(2):194‑8.

60. Levin LS. Vascularized fibula graft for the traumatically induced long-bone defect. J Am AcadOrthop Surg. 2006;14(10):S175‑6.

61. Sales de Gauzy J, Fitoussi F, Jouve J-L, Karger C, Badina A, Masquelet A-C. Traumatic diaphyseal bone defects in children. OrthopTraumatolSurg Res. avr 2012;98(2):220‑6.

62. Accadbled F, Mazeau P, Chotel F, Cottalorda J, Sales de Gauzy J, Kohler R. Induced-membrane femur reconstruction after resection of bone malignancies: Three cases of massive graft resorption in children. OrthopTraumatolSurg Res. juin 2013;99(4):479‑83.

63. Gouron R, Deroussen F, Plancq M-C, Collet L-M. Bone defect reconstruction in children using the induced membrane technique: A series of 14 cases. OrthopTraumatolSurg Res. nov 2013;99(7):837‑43.

64. Largey A, Faline A, Hebrard W, Hamoui M, Canovas F. Management of massive traumatic compound defects of the foot. OrthopTraumatolSurgRes. juin 2009;95(4):301‑4.

SERMENT D'HIPPOCRATE

Au moment d'être admis à exercer la médecine, je promets et je jure d'être fidèle aux lois de l'honneur et de la probité.

Mon premier souci sera de rétablir, de préserver ou de promouvoir la santé dans tous ses éléments, physiques et mentaux, individuels et sociaux.

Je respecterai toutes les personnes, leur autonomie et leur volonté, sans aucune discrimination selon leur état ou leurs convictions. J'interviendrai pour les protéger si elles sont affaiblies, vulnérables ou menacées dans leur intégrité ou leur dignité. Même sous la contrainte, je ne ferai pas usage de mes connaissances contre les lois de l'humanité.

J'informerai les patients des décisions envisagées, de leurs raisons et de leurs conséquences.
Je ne tromperai jamais leur confiance et n'exploiterai pas le pouvoir hérité des circonstances pour forcer les consciences.

Je donnerai mes soins à l'indigent et à quiconque me les demandera. Je ne me laisserai pas influencer par la soif du gain ou la recherche de la gloire.

Admis dans l'intimité des personnes, je tairai les secrets qui me seront confiés. Reçu à l'intérieur des maisons, je respecterai les secrets des foyers et ma conduite ne servira pas à corrompre les moeurs.
Je ferai tout pour soulager les souffrances. Je ne prolongerai pas abusivement les agonies. Je ne provoquerai jamais la mort délibérément.

Je préserverai l'indépendance nécessaire à l'accomplissement de ma mission. Je n'entreprendrai rien qui dépasse mes compétences. Je les entretiendrai et les perfectionnerai pour assurer au mieux les services qui me seront demandés.

J'apporterai mon aide à mes confrères ainsi qu'à leurs familles dans l'adversité.

Que les hommes et mes confrères m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses ; que je sois déshonoré et méprisé si j'y manque.