

كلية الطب والصيدلة وطب الأسنان  
FACULTÉ DE MÉDECINE, DE PHARMACIE ET DE MÉDECINE DENTAIRE



جامعة سيدي محمد بن عبد الله - فاس  
UNIVERSITÉ SIDI MOHAMED BEN ABDELLAH DE FES

Année 2025

Thèse N°002/25

# LA PSEUDARTHROSE ASEPTIQUE DE LA DIAPHYSE FÉMORALE : TRAITEMENT ET RÉSULTATS (À propos de 11 cas)

THÈSE

PRÉSENTÉE ET SOUTENUE PUBLIQUEMENT LE 22/01/2025

PAR

Mme. BALAHBIB FATIMA ZAHRA

Née le 17 Octobre 1998 à Bouarfa

POUR L'OBTENTION DU DOCTORAT EN MÉDECINE

MOTS-CLÉS :

Pseudarthrose – Diaphyse fémorale – ECMV – plaque visse – Greffe osseuse  
Décortication

JURY

M. EL MRINI ABDELMAJID ..... PRÉSIDENT

Professeur de Traumatologie-orthopédie

M. EL IDRISI MOHAMMED..... RAPPORTEUR

Professeur de Traumatologie-orthopédie

M. ABID HATIM .....

Professeur de Traumatologie-orthopédie

M. JIBER HAMID .....

Professeur de Chirurgie vasculaire

JUGES

# PLAN

## SOMMAIRE

INTRODUCTION.....	15
MATERIELS ET METHODES.....	17
I. Matériels : .....	18
1. Les critères d'inclusion: .....	18
2. Les critères d'exclusion : .....	18
II. Méthode d'évaluation (Fiche d'exploitation) .....	19
III. Evaluation des résultats : .....	24
1. Résultats osseux : .....	24
2. Résultats fonctionnels : .....	24
3. Les résultats globaux : .....	26
RESULTATS .....	29
I. Données épidémiologiques : .....	30
1. L'incidence : .....	30
2. Le sexe : .....	30
3. L'âge : .....	30
4. Coté atteint : .....	31
II. Etude de la fracture initiale : .....	32
1. Terrain : .....	32
2. Etiologies : .....	32
3. CLINIQUE : .....	33

---

4 .Lésions cutanées : .....	33
5 . Lésions traumatiques associés : .....	33
6 .Etude radiologique : .....	34
7. Traitement de la fracture initiale : .....	36
III. Etude de la pseudarthrose : .....	39
1. Causes et délai d'évolution vers la PSD : .....	39
a. Causes probables d'échec du traitement initial : .....	39
b. Délai d'évolution vers la PSD : .....	41
2. Etude radioclinique de la PSD : .....	42
a) Etude clinique : .....	42
b) Etude radiologique et type de la PSD: .....	44
3 . Traitement de la PSD : .....	49
a. L'anesthésie : .....	49
b. La voie d'abord : .....	50
c. Ostéosynthèse : .....	50
d . le traitement adjuvant : .....	50
4 . Les suites post opératoires .....	54
5 . Evolution .....	55
6 . Résultats du traitement : .....	55
a. Délai de consolidation : .....	55
b . Les résultats osseux : .....	56

---

c . Résultats fonctionnels :.....	58
d. Résultats globaux :.....	58
e. Résultats analytique :.....	59
DISCUSSION .....	70
I. La consolidation : .....	71
1 . La consolidation indirecte ou secondaire :.....	71
a . la période d'union : .....	72
a.1. L'hématome fracturaire :.....	72
a.2. Le cal mou :.....	72
a.3. Le cal primaire : .....	73
a.4. Le cal dur :.....	74
b. La période de remodelage modelage :.....	75
b.1. Phase de remodelege :.....	75
b.2. Phase de modelage :.....	76
2. La consolidation directe :.....	77
3. Les différentes éléments participants à la consolidation .....	78
a.3 Le périoste : .....	78
b.3 L'endoste : .....	78
c.3 La moelle osseuse :.....	78
d . 3. Les extrémités fracturaires : .....	79
II. Etude épidémiologique : .....	80

---

1. La fréquence : .....	80
2. L'âge et le sexe : .....	80
3. ATCD /Terrain :.....	81
4. Etiologie de la fracture initiale : .....	82
III. Etude clinique et radiologique de la fracture initiale : .....	82
1. Lésions cutanées : .....	82
2. Lésions associées : .....	84
3. Etude radiologique : .....	85
3.1. Siège du trait de la fracture :.....	85
3.2.Type du trait de la fracture : .....	86
IV. Traitement de la fracture initiale : .....	87
1. Délai entre la fracture initiale et le traitement initial : .....	87
2. Analyse du traitement initial : .....	88
a. L'enclouage centro -médullaire :.....	88
b. La plaque vissée : .....	91
c. La fixation externe :.....	92
V. Pseudarthrose : .....	92
1.Définition et diagnostic de la pseudarthrose : .....	92
2.Les facteurs étiopathogéniques de la PSA : .....	93
2.1. Facteurs liés aux patients:.....	93
a. Facteurs circulatoires :.....	94

---

b. Facteurs hormonaux : .....	94
c. Certains médicaments : .....	94
d. La malnutrition : .....	95
e. Diabète non équilibré : .....	95
f. Tabagisme : .....	95
g. Ostéoporose : .....	96
h. La grossesse et la lactation : .....	96
2.2. Facteurs liés au traumatisme initial: .....	96
2.3. Facteurs liée au traitement initial: .....	97
a. En cas de PV : .....	98
b. En cas de l'ECM : .....	98
c. En cas de FE : .....	98
2.4. Etiologie en fonction du type de la pseudarthrose : .....	99
3. Etude clinique et paraclinique de la PSA: .....	99
a. Signes fonctionnels : .....	99
b. Signes physiques : .....	99
c. Imagerie de la PSA .....	99
4. Biologie : .....	101
5. Classification : .....	101
6. Evolution vers la PSA : .....	105
VI. Traitement de la PSD : .....	106

---

1.Historique :[50] [51] .....	106
2.Le but et le principe du traitement : .....	109
3.Abord du foyer :[49] .....	110
4.Stimulation de l'ostéogenèse : .....	111
5.Moyens de stabilisation : .....	134
a. La dynamisation d'un enclouage : .....	134
b . Changement de clou ou enclouage primaire : .....	135
c. ECM après plaque : .....	138
d . Plaque vissée : .....	138
e. Transport osseux par fixation et clou : .....	141
VII. Suites opératoires–complications : .....	143
1.Complications Immédiates : .....	143
2. Complications tardives : .....	144
VIII. Résultats thérapeutiques : .....	145
1. Le taux de consolidation : .....	145
2. Le délai de consolidation : .....	146
3. Résultats osseux/fonctionnels : .....	146
IX. Prévention: .....	148
1. Prévention primaire : .....	148
2. Prévention secondaire : .....	148
3. Prévention tertiaire : .....	148

---

CONCLUSION .....	149
RESUMES .....	151
REFERENCES .....	158

## LISTE DES FIGURES

Figure 1:Répartition des malades selon le sexe.....	30
Figure 2:Répartition des cas selon l'âge .....	31
Figure 3:Répartition selon le côté atteint .....	31
Figure 4:Répartition selon l'étiologie de la fracture initiale .....	32
Figure 5:Répartition des patients selon les lésions associées.....	34
Figure 6:Radio montrant une fracture de la diaphyse fémorale .....	38
Figure 7:Une PSD secondaire à une vis intra focale et à un vissage insuffisant .....	40
Figure 8:PSD eutrophique aseptique de la diaphyse fémorale sur fracture de la PV et reprise par ECMV .....	41
Figure 9:Répartition des cas selon le délai d'évolution vers la PSA .....	42
Figure 10:des photos cliniques des patients suivis pour PSD .....	43
Figure 11:Répartition selon le type de PSD.....	44
Figure 12:PSA atrophique.....	45
Figure 13:Une fracture du 1 / 3 distal du fémur à trait simple déplacée en chevauchement.....	46
Figure 14:ostéosynthèse initiale Le patient a bénéficié initialement d'un ECMV 10/400 .....	47
Figure 15:Le patient a bénéficié d'une dynamisation après 4 mois .....	48
Figure 16:PSA hypertrophique Radio de PSD après 10 mois de la fracture initiale ..	49
Figure 17:Répartition selon le traitement appliqué à la PSD.....	50
Figure 18:Installation du malade en décubitus latéral .....	51
Figure 19:Voie d'abord postéro-latérale .....	52
Figure 20:Cure de PSD par ECM.....	52

---

Figure 21:Prélèvement d'un greffon corticospongieux sur l'aile iliaque antéro supérieure. ....	53
Figure 22:décortication osteo periostée .....	54
Figure 23:Répartition des cas qui ont consolidé selon le délai de consolidation .....	56
Figure 24:Image d'un patient de la série qui a présenté un raccourcissement de membre .....	57
Figure 25:Patient âgé de 36 ans victime d'un AVP en 2012 qui a bénéficié initialement d'un traitement par ECMV .....	61
Figure 26:le patient a bénéficié d'une dynamisation après 6 mois .....	62
Figure 27:radio de contrôle après 6 mois .....	63
Figure 28:patient de 27 d'un victime d'un AVP ; avec fracture du 1 /3 distal de la diaphyse fémorale déplacée en chauvechement en bilatéral ;un bodyscanner a été demandé sans anomalies aux différents étages .....	64
Figure 29:le patient a bénéficié d'un ECMVS en bilatéral .....	65
Figure 30:radio de contrôle après 8 mois de traitement initial ; montre une pseudarthrose du fémur gauche avec une bonne consolidation du fémur droit .....	66
Figure 31:le patient a bénéficié d'une cure de PSD du fémur gauche .....	67
Figure 32:radio de contrôle après 3 mois cure de PSD du fémur gauche.....	68
Figure 33:radio de contrôle après 6 mois de cure de la PSD du fémur gauche .....	69
Figure 34:Cal mou. Incision du cal périosté. Sous le périoste, un manchon d'os immature entoure chaque fragment. Anneau de cartilage autour du foyer. 1. Corticales fracturées ; 2. périoste ; 3. écaille osseuse en formation ; 4. manchon de cartilage ; 5. substance ostéoïde et os immature .....	73
Figure 35:Cal dur .....	75
Figure 36:Les 4 phases de la consolidation osseuse.....	76

---

Figure 37:schéma montrant la consolidation primaire.....	77
Figure 38:Schéma montrant les différentes étapes de la consolidation .....	79
Figure 39:Schéma des PSA vitales .....	102
Figure 40:Schéma des PSA avitales .....	103
Figure 41:A Pseudarthrose hypertrophique. B Pseudarthrose atrophique avec séquestre.....	103
Figure 42:Le modèle "Diamond concept" de la consolidation osseuse.....	110
Figure 43:L'attaque de l'os sans dépériostage et de façon radiaire.....	112
Figure 44:Ciseau à décortiquer. 1. Biseau ; 2. Planche.....	113
Figure 45:La création du « fourreau » de décortication sur 8 à 12 cm de long. ....	114
Figure 46:La protection de la décortication par des lames malléables ou des écarteurs contre –coudés .....	114
Figure 47:Schéma objectivant les principes de la voie d'abord dans la décortication. A. D'emblée jusqu'à l'os. B. Pas de décollement sous–cutané. C. Pas de décollement périosté .....	115
Figure 48:Maniement du ciseau au cours de la décortication (A àF). .....	116
Figure 49:A : Architecture osseuse de l'aile iliaque. B :Rapports neurologiques de l'aile iliaque .....	119
Figure 50: Exposition de la crête iliaque antérieure (A à E). .....	120
Figure 51:Prélèvement d'un greffon corticospongieux iliaque antérieur (A à E).....	121
Figure 52:Prélèvement d'un greffon tricortical sur l'aile iliaque antérieure (A, B, C). .....	123
Figure 53:Fermeture.....	124
Figure 54:Trajets de l'incision utilisés pour le prélèvement d'un greffon iliaque postérieur.....	125

---

Figure 55:Exposition de la crête iliaque postérieure. 1. Zone d'insertion de l'aponévrose lombaire ; 2.siège de l'incision du périoste ; 3.zone d'insertion du grand fessier. ....	126
Figure 56:Fibula prélevée avec son pédicule vasculaire dans sa portion proximale .....	127
Figure 57:Techniques de stimulation électrique et électromagnétique (d'après Ryaby). .....	131
Figure 58:Hyalonect avec des sutures .....	132
Figure 59:(A) Une vue de Hyalonect avant de couvrir le site défectueux. (B) Des greffes sur lesite défectueux.....	133
Figure 60:A et B (A) face et (B) latérale, des radiographies d'un homme de trente ans qui présente une pseudarthrose eutrophique, trente-trois mois après une fracture fermée du fémur diaphysaire qui a été initialement traités par un enclouage à verrouillage dynamique de 11 mm. C et. (C) laterale , des radiographies faites douze mois suivant le changement de l'enclouage à verrouillage statique de 15 mm (après alésage du canal médullaire d'un diamètre de 16,5 mm) .....	137
Figure 61:traitement d'une pseudarthrose vitale légèrement hypertrophique de la diaphyse fémorale par ablation de clou ,réalésage et enclouage par un clou plus large. ....	138
Figure 62:a)Un homme de 21 ans présente une pseudarthrose du tiers distal du fémur qui a été traitée par une plaque supplémentaire en laissant ECM en place, à 15 mois après l'opération initiale. b) 36 mois après la dernière opération, la consolidation osseuse a été obtenue sans complications. Ablation de L'ECM .....	140
Figure 63:Transport osseux par fixateur externe et clou .....	142

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1:Résultats osseux selon la classification ASAMI .....	24
Tableau 2:Résultats fonctionnels selon la classification ASAMI .....	25
Tableau 3:Siège du trait de la fracture .....	35
Tableau 4:Répartition des selon le type de fractures .....	35
Tableau 5:Répartition des cas selon le type du traitement initial : .....	37
Tableau 6:Récapitulatif des traitements réalisés dans notre série .....	51
Tableau 7:Répartition des cas selon la classification ASAMI.....	57
Tableau 8:Répartition des cas selon la classification ASAMI.....	58
Tableau 9:Résultats globaux en fonction du délai d'évolution .....	59
Tableau 10:Répartition des patients selon l'âge et le sexe dans différentes études .	80
Tableau 11:Les facteurs de risque : .....	81
Tableau 12:Le pourcentage des AVP dans les traumatismes initiales : .....	82
Tableau 13:Etude comparative selon l'ouverture cutanée de la fracture initiale : .....	83
Tableau 14:Etude comparative du siège initial de la fracture : .....	86
Tableau 15:Le délai de consolidation moyen(montage statique vs montage dynamique).....	90
Tableau 16:Plaque vissée en laissant le clou en place VS Changement de clou.....	141
Tableau 17:Comparaison du taux de consolidation dans différentes études .....	145
Tableau 18:Etude comparative selon le délai de consolidation : .....	146
Tableau 19:Etude comparative selon les résultats thérapeutique : .....	147

## LISTE DES ABREVIATIONS

PSD /PSA : Pseudarthrose

CHU : Centre hospitalier universitaire

AVP : Accident de la voie publique

ECM : Enclouage centromédullaire

FE : Fixateur externe

PV : Plaque vissée

NFS : Numération formule sanguine

AG : Anesthésie générale

GCS : Greffe corticospongieuse

GO : Greffe osseuse

DOM : Décortication ostéomédullaire

AINS : Anti-inflammatoire non stéroïdiens

IRM : Imagerie par résonance magnétique

BMP : Protéine inductrice osseuse

# INTRODUCTION

La pseudarthrose constitue un sujet d'actualité et représente l'une des complications les plus redoutables en chirurgie traumatologique. La fréquence de la pseudarthrose de la diaphyse fémorale est estimée à 5% -10% de l'ensemble des fractures de la diaphyse fémorale.

Cette entité pathologique se définit comme une absence définitive des signes radiologiques de la consolidation, après un délai moyen de six mois. Sa prise en charge reste un sujet de débat et de controverse.

C'est une maladie avec de lourdes conséquences fonctionnelles et sociales puisqu'elle touche essentiellement le sujet jeune. Parmi les facteurs de risques, on différencie ceux liés à la fracture elle-même, au traitement de celle-ci, et ceux liés au patient. Certains demeurent non influençable, tel que la localisation anatomique, les lésions cutanées ou vasculaires provoquées par le traumatisme, l'âge ou le terrain particulier du patient, contrairement à ceux liés au traitement.

Divers moyens thérapeutiques ont été proposés : l'enclouage centromédullaire, la plaque vissée, le fixateur externe, avec des gestes associés (la greffe osseuse et la décortication de Judet). Ces moyens visent d'une part à stabiliser le foyer et d'autre part à stimuler l'ostéogénèse.

L'objectif de ce travail consiste en l'analyse des différentes prises en charge de la pseudarthrose aseptique de la diaphyse fémorale et l'évaluation des résultats du traitement, en étudiant rétrospectivement 11 cas de pseudarthrose aseptique de la diaphyse fémorale opérés au service de Traumatologie-Orthopédique B du CHU Hassan II de Fès .

# MATERIELS ET METHODES

## **I. Matériels :**

Il s'agit d'une étude rétrospective mono centrique réalisée au service de traumatologie-orthopédique B au CHU Hassan II Fès à propos de 11 cas sur une période de 5 ans allant de janvier 2018 à janvier 2024 .

Le but de notre travail est d'évaluer les résultats des différentes prises en charge chirurgicales de la PSD aseptique intéressant la diaphyse fémorale.

Nous avons utilisé : Les registres des hospitalisations. Une fiche de renseignement pour chaque patient.

Le traitement des résultats par le logiciel Word 2019 et Excel 2019

### **1. Les critères d'inclusion:**

Adultes présentant une PSD aseptique post- fracturaire de la diaphyse fémorale basée sur les données cliniques, radiologiques et le résultat biologique du prélèvement

Per -opératoire traités dans le service de traumatologie B CHU HASSAN II

### **2. Les critères d'exclusion :**

Seront exclus de cette étude :

Les PSA septiques

Les patients âgés de moins de 15 ans

## **II. Méthode d'évaluation (Fiche d'exploitation)**

La collecte des informations a été faite à partir des registres d'hospitalisations , des dossiers médicaux et du logiciel Hosix ainsi que les informations recueillis auprès des patients vus en consultation. Les renseignements ont été répertoriés sur une fiche d'exploitation.

## Fiche d'exploitation :

Nom et Prénom :

N° de dossier :

IP :

Age :

Sexe :

Date d'entrée :

Date de sortie :

ATCD :

Date du traumatisme initiale :

Circonstances du traumatisme initiale :

- |  |  |
|--|--|
| <input type="checkbox"/> AVP                 | <input type="checkbox"/> accident de travail   |
| <input type="checkbox"/> Accident domestique | <input type="checkbox"/> chute d'un lieu élevé |
| <input type="checkbox"/> Accident du sport   | <input type="checkbox"/> autres                |

Examen initial :

Etat de choc :  oui  non

Douleur :  oui  non

Impotence fonctionnelle : oui  non

Coté atteint : droit  gauche

**Lésions associées :**

Lésions cutanées : ouverture cutanée (cauchoix et duparc)

Type 1  Type2  Type3

Vasculo-nerveuses :  oui  non

**Traumatismes associés :**

Radiographie initiale :

- Type de la fracture :  simple  Complexe
- Siège de la fracture :  supérieur  Moyen  Inférieur
- Trait :  Transversal  Spiroïde  Oblique
- Perte de substance osseuse :  oui  non
- Parage :  oui  non
- Prise en charge initiale :
- Lieu du traitement :
- Délai entre le traumatisme et le traitement :

**Traitement :**

- Médical :  antalgique  antibiotique  AINS  anticoagulant
- Chirurgical :  ECM  FX  PV  AUTRES

**MDC actuel :**

Impotence fonctionnelle  Douleur  Autres

**Signes radiologiques :**

Rx standard :  Persistance du trait de fracture  perte de  
substance osseuse  Séquestre  fracture de matériel   
Défaut d'axe

**Type de PSA :**

Hypertrophique  Atrophique  Eutrophique

**Traitement de PSA :**

• Médical :  antalgique  AINS  Antibiotique  autres

• Chirurgical :

+ Délai entre le traitement de la fracture et celui de la PSD :

+ Techniques opératoires :

+ Type d'anesthésie :  AG  Rachianesthésie  Antibioprophylaxie

+ Installation :  sur table orthopédique  Sur table ordinaire

+ Voie d'abord :  proximale  postéro latérale

+ Matériels d ostéosynthèses :  ECM :  dynamique  statique

PV  FX

+ Gestes associés :  Décortication de judet  greffe osseuse

substitut osseux

+ Soins post-opératoires :  Antibioprophylaxie  Lever Précoce

Anticoagulants  Ablation de drain

### Rééducation

+Complications précoces :  Infection  Hématome

### Troubles liés à l'anesthésie

+ Complication secondaire :  escarres  démontage du matériel

Troubles trophiques  Troubles liés au décubitus :

+ Complications tardives :  persistance de PSA  cal vicieux

Troubles de rotation  raccourcissement

### Résultats :

- Délai de consolidation : Résultats osseux (Classification ASAMI) :
- Consolidation :  oui  non
- Déformation > 7° :  oui  non
- L'infection :  oui  non
- Le raccourcissement > 2 cm :  oui  non
- Classement : Très bon  Bon  Moyen  Mauvais
- Résultats fonctionnels : Patient actif :  oui  non
- Boiterie :  oui  non
- Raideur (perte d'extension > 15°) :  oui  non
- Dystrophie sympathique réflexe :  oui  non
- Classement : Très bon  Bon  Moyen  Mauvais
- Résultats globaux : Bon  Moyen  Mauvais

### III. Evaluation des résultats :

#### 1. Résultats osseux :

Pour l'évaluation des résultats osseux nous avons utilisé la classification d'ASAMI qui est basée sur quatre paramètres :

- Consolidation (ou persistance de la PSA)
- Absence d'infection
- Déformation
- Raccourcissement (Inégalité des membres)

**Tableau 1:Résultats osseux selon la classification ASAMI**

Très bon	Consolidation+les 3 critères suivants : .Absence d'infection et .Déformation<7° et .Inégalité de la longueur des membres<2,5 cm
Bon	Consolidation+ 2 des critères suivants : .Absence d'infection .Inégalité de la longueur des membres<2,5 .Déformation<7°
Moyen	Consolidation+1 des critères suivants : .Absence d'infection .Inégalité de la longueur des membres<2,5 .Déformation<7°
Mauvais	Absence de consolidation ou refracture ou l'absence des 3 critères

#### 2. Résultats fonctionnels :

Pour l'évaluation des résultats fonctionnels la classification d'ASAMI est basée sur cinq paramètres :

- L'activité
- La douleur
- La boiterie
- La dystrophie sympathique réflexe
- La raideur

**Tableau 2:Résultats fonctionnels selon la classification ASAMI**

Très bon	.Activité normale .Pas de boiterie .Pas de douleur ou douleur légère . Pas de raideur ou raideur minime (perte d'extension du genou <15°) .Pas de dystrophie
Bon	.Le patient réalise presque toutes ses activités avec des difficultés minimales avec absence d'un des critères précédents
Moyen	Activité conservée avec absence de deux des critères précédents
Mauvais	Inactif( incapable d'accomplir les activités quotidiennes)

### 3. Les résultats globaux :

Les résultats globaux du traitement ont été jugés :

➤ Bon si :

- Consolidation radio clinique parfaite
- Absence de douleur
- Raccourcissement inférieur à 2,5 cm
- Mobilité des articulations sus et sous jacentes
- Pas de troubles trophiques.

➤ Moyen si :

- Consolidation radio clinique parfaite
- Absence de douleur
- Raccourcissement entre 2,5 et 3,5 cm
- Mobilité des articulations sus et sous jacente légèrement diminuée
- Pas de troubles trophiques

➤ Mauvais si :

- PSA récurrente
- Cal douloureux
- Raccourcissement supérieur à 2,5 cm
- Mobilité des articulations sus et sous jacentes diminuée
- Troubles trophiques

#### 4 . Etude radiologiques et type de la PSD

La classification des pseudarthroses en hypertrophiques, atrophiques ou eutrophique est basée sur l'analyse des données radiologiques et les observations peropératoires.

##### Pseudarthrose Hypertrophique :

- **Caractéristiques radiologiques** : Présence d'un cal osseux volumineux mais lâche, qui pontant les berges de la fracture. Ce cal est souvent non consolidé et peut paraître plus large.
- **Observation peropératoire** : Le cal est généralement mou et lâche, ne formant pas une union solide entre les fragments osseux

##### Pseudarthrose Atrophique :

- **Caractéristiques radiologiques** : Absence totale de cal osseux, avec éventuellement du tissu fibreux ou un espace de non-union clair entre les fragments osseux.
- **Observation peropératoire** : Il n'y a pas de formation de cal osseux, mais uniquement du tissu fibreux ou un espace libre sans signe de consolidation.

##### Pseudarthrose eutrophique :

- **Caractéristiques radiologiques** : Cette classification combine des éléments de pseudarthrose hypertrophique et atrophique. On peut observer des zones de cal osseux peu développées et d'autres zones avec peu ou pas de formation de cal.

- **Observation peropératoire** : Un mélange de caractéristiques des deux types précédents, avec à la fois des zones de cal mou et des zones de tissu fibreux ou d'absence de consolidation.

# RESULTATS

## I. Données épidémiologiques :

### 1. L'incidence :

Dans la période d'étude (janvier 2018–janvier 2023), 250 fractures du fémur ont été pris en charge au service de traumatologie B4 CHU Hassan II avec 11 patients qu'ont présenté une pseudarthrose aseptique de la diaphyse fémorale soit une incidence globale de PSA de 4.5%.

### 2. Le sexe :

On a observé une nette prédominance masculine avec 7 hommes soit 63.63% et 4 femmes soit 36,36%. Le sexe ratio dans notre série est de 1,75

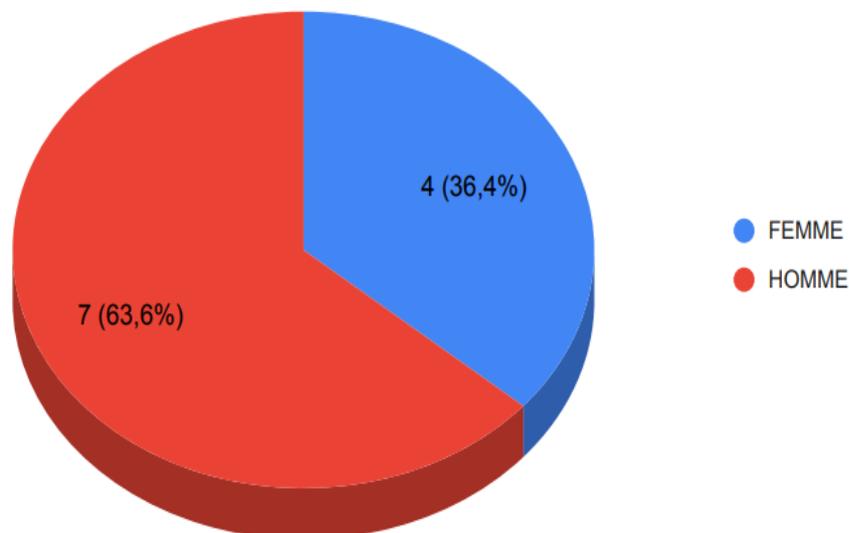
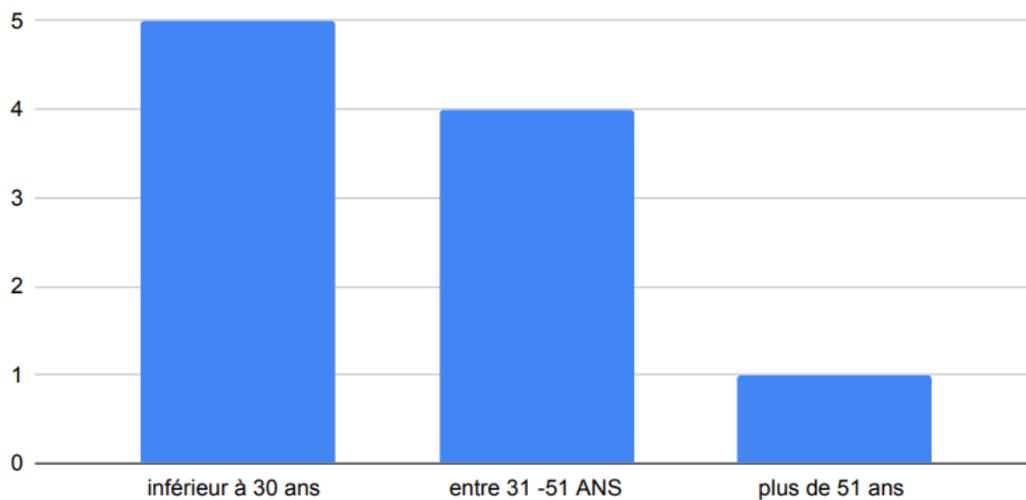


Figure 1: Répartition des malades selon le sexe

### 3. L'âge :

L'âge de nos patients au moment de l'intervention variait entre 20 ans et 65 ans, avec une moyenne d'âge de 31.5 ans. La répartition des classes d'âge des

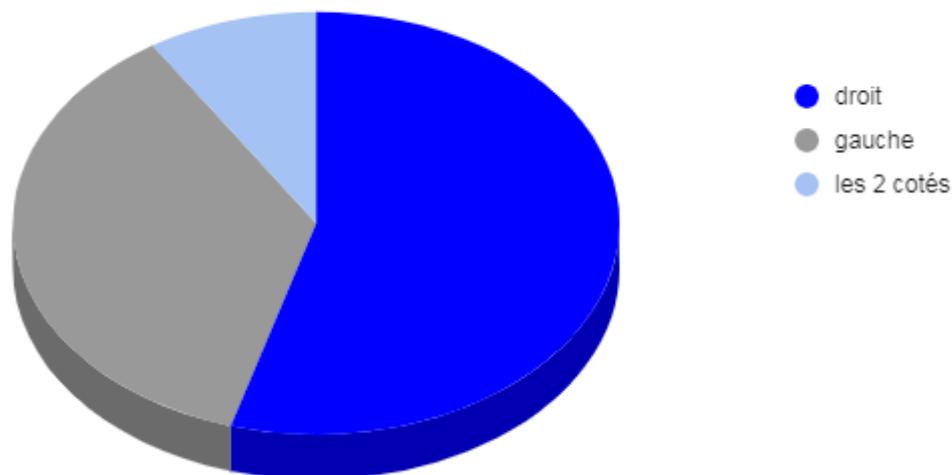
patients opérés est représentée sur le tableau montre que 81 % de nos patients avaient un âge entre 20 et 50 ans



**Figure 2: Répartition des cas selon l'âge**

#### 4. Côté atteint :

Dans notre série , le côté droit était atteint dans 54 ,54 %(6 cas) alors que le côté gauche dans 37 ,37 %(4 cas).Un patient avait une atteinte des deux fémurs.



**Figure 3: Répartition selon le côté atteint**

## II. Etude de la fracture initiale :

### 1. Terrain :

Dans notre série un patient était diabétique et tabagique . Un patient était diabétique et hypertendu , les autres étaient sans ATCDS

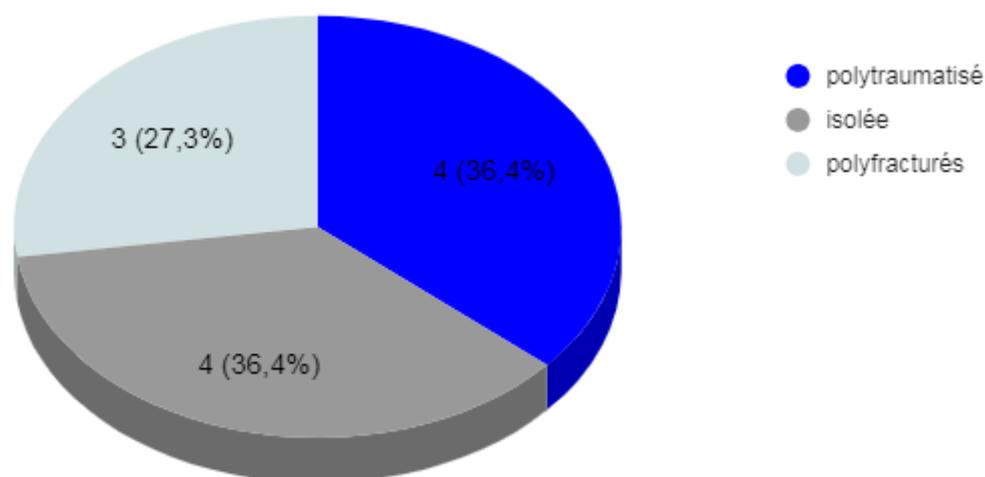
### 2. Etiologies :

La survenue de la fracture de la diaphyse fémorale a été consécutive à :

Un AVP : 09 cas

Une chute du 2 ème étage :1 cas

Une Réception d'un objet lourd :1 cas



**Figure 4: Répartition selon l'étiologie de la fracture initiale**

### **3 .CLINIQUE :**

Presque tous nos patients ont présenté :

- Une impotence fonctionnelle absolue avec raccourcissement et impossibilité de décoller le membre inférieur atteint du plan de la table
- Une douleur de la cuisse traumatisée, vive et persistante
- Une attitude vicieuse en abduction et rotation externe.
- Une tuméfaction de la cuisse traumatisée

### **4 .Lésions cutanées :**

Sur les 11 cas de fractures de la diaphyse fémorale, nous avons noté 9 cas de fractures fermées soit 81,81 % avec

2 cas de fractures ouvertes soit 18,18 % dont 1 classée type 3 et une autre type 1 selon la classification de Cauchoix et Duparc

### **5 . Lésions traumatiques associés :**

Dans notre série la fracture de la diaphyse fémorale était :

\* Isolée dans 4 cas soit 36.36 %

\* 4 patients étaient des polytraumatisés :

1 polytraumatisé avec points d'impacts multiples notamment thoracique

2 polytraumatisés avec points d'impact crânien

1 polytraumatisé avec points d'impact crânien et abdominal

\* 3 patients étaient des polyfracturés :

Fracture de diaphyse humérale :1 cas

Fracture comminutive de la palette humérale :1 cas

Fracture fermée de la jambe controlatérale :1 cas

Un patient avait une fracture des 2 fémurs dont une a évolué vers la PSA  
et l'autre a consolidé.

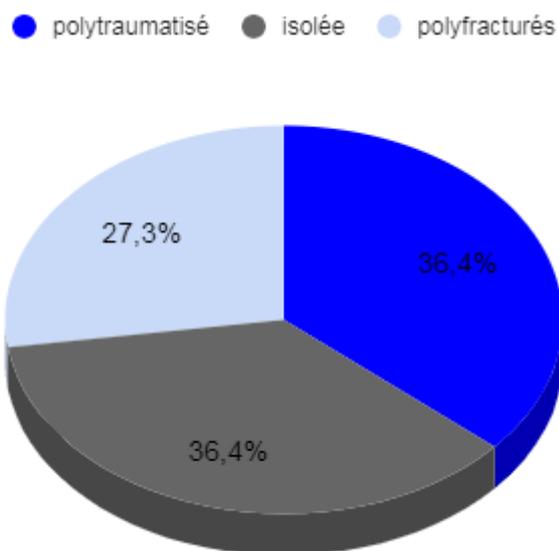


Figure 5:Répartition des patients selon les lésions associées

## 6 .Etude radiologique :

L'analyse radiologique de la fracture initiale faite sur les incidences de face et de profil a permis de retenir les résultats suivants :

Siège de la fracture :

**Tableau 3:Siège du trait de la fracture**

Siege de la fracture	Nombre de la PSA
1 /3 sup	2
1 /3 moyen	5
1 /3 inf	4

Les fractures du 1 /3 moyen étaient majoritaires dans notre série.

Type de la fracture :

**Tableau 4:Répartition des selon le type de fractures**

Type de trait de fracture	Fractures simples			Fractures complexes
	Transverse	Spiroïde	Oblique	
Nombre de cas	1	2	2	6
Pourcentage	45 ,45 %			54,54 %

Les fractures complexes étaient prédominantes avec un pourcentage de 54 ,54 % des cas .

Dans le tableau suivant les fractures sont réparties selon la classification

AO :

Classification de AO	Nombre de type de PSA
A1	2
A2	2
A3	1
B2	1
B3	1
C2	1
C3	3

### **7. Traitement de la fracture initiale :**

#### **Lieu du traitement initial :**

Tous les patients de la série ont été opérés initialement au CHU HASSAN II Fès.

Parmi les 11 cas, 09 ont été opérés au bloc des urgences.

#### **Délai entre le traumatisme et le traitement initial:**

Les patients de notre échantillon ont été opérés entre la 6ème heure et le

3 ème jour après le traumatisme.

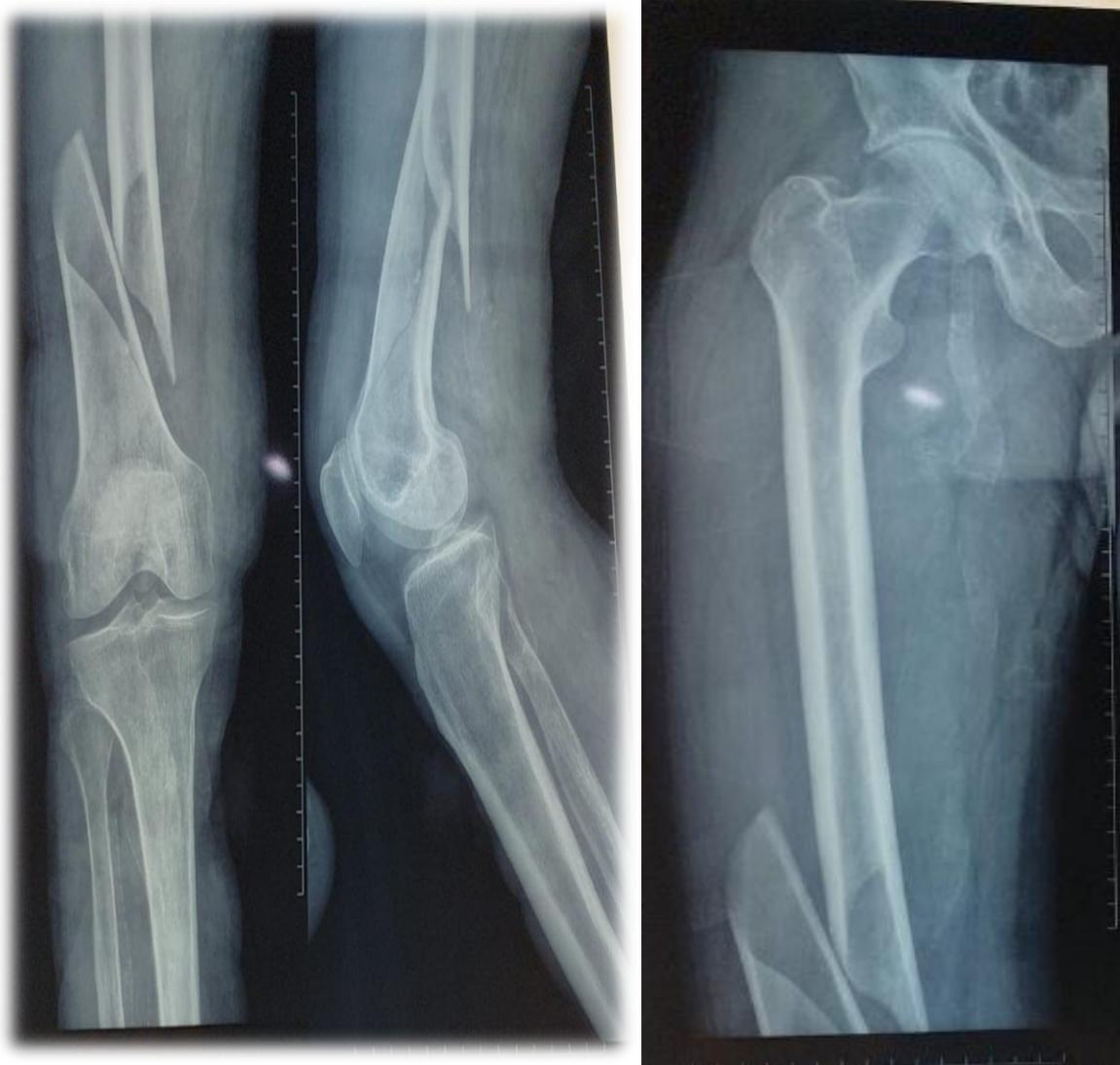
#### **Type de traitement initial :**

Dans notre série le traitement initial:

La PV a été utilisée dans 3 cas soit 27,27 % de la série et l'ECMVS dans 7 cas soit 63,63 % .un seul patient a bénéficié d'un fixateur externe .

**Tableau 5: Répartition des cas selon le type du traitement initial :**

Type de traitement	le nombre de cas	Pourcentage
L'ECMVS	7	63 ,63 %
PV	3	27,27 %
Fixateur externe	1	09 %



**Figure 6:Radio montrant une fracture de la diaphyse fémorale**  
**(Service de Traumatologie-Orthopédique B4 CHU HASSAN II FES)**

### III. Etude de la pseudarthrose :

#### 1. Causes et délai d'évolution vers la PSD :

##### a. Causes probables d'échec du traitement initial :

Les causes retenues comme de PSD dans notre série étaient :

- Pour les 4 cas traités initialement par PV :
  - Vis intrafocale : 1 cas
  - Déperiostage excessif : 1 cas
  - Vissage insuffisant avec appui précoce : 2 cas
- Pour les 08 cas traités initialement par un ECMVS :
  - Appui précoce : 4 cas (La déambulation en appui partiel protégé par une paire de cannes a été autorisée en post opératoire à tous les patients opérées pour une fracture de fémur (pendant 6 semaines. Les patients ont été revus tous les mois en consultation avec radiographie de contrôle jusqu'à la consolidation. Un appui précoce avant 6 semaines était parmi les causes de la PSD .
  - Diastasis interfragmentaire > 1 cm : 2 cas
  - Déperiostage+cerclage : 1 cas
  - Taille de clou inadaptée (diamètre+longueur) qui ne pourra pas s'opposer aux contraintes en flexion et en rotation : 1 cas
    - ✓ La longueur du clou était déterminée en pré opératoire sur la radiographie initiale, et sur le membre sain en allant du sommet du grand trochanter à la partie supérieure du condyle latéral (on prévoyait alors pour l'intervention trois clous la taille mesurée t, la taille t+2cm et la taille t-2cm)

- ✓ le diamètre du clou à utiliser était prévu en mesurant sur le cliché radiographique le diamètre intérieur de la partie la plus étroite du canal médullaire. En général, nous utilisons les diamètres 9,10, et 11 mm .



**Figure 7:Une PSD secondaire à une vis intrafocale et à un vissage insuffisant**  
**(Service de Traumatologie–Orthopédique B4 CHU HASSAN II FES)**

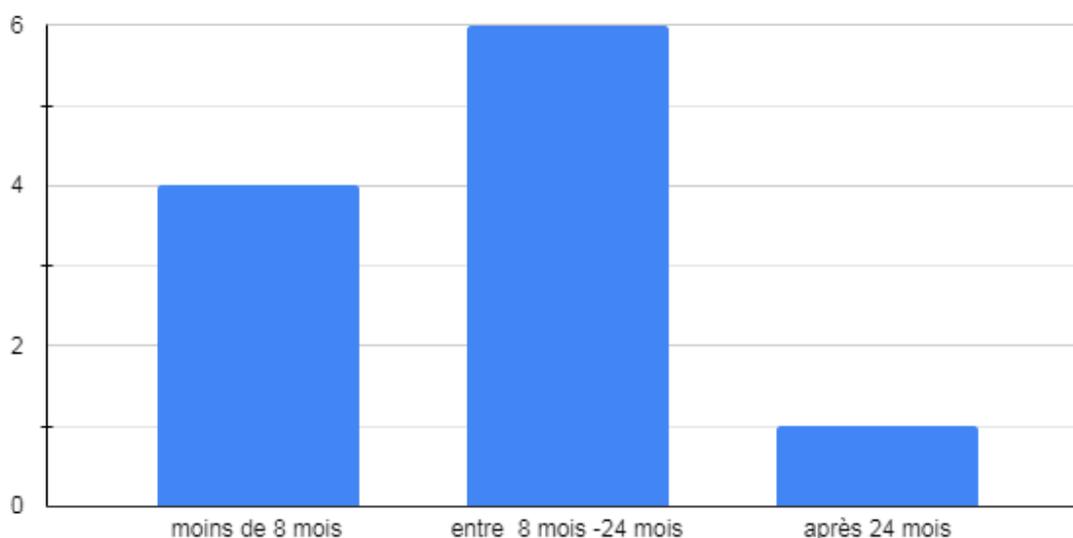


Figure 8: PSD eutrophique aseptique de la diaphyse fémorale sur fracture de la PV  
et reprise par ECMV

(Service de Traumatologie-Orthopédique B4 CHU HASSAN II FES)

b. Délai d'évolution vers la PSD :

Le graphique donne le temps après lequel les 11 patients de l'échantillon ont été repris pour une première cure de pseudarthrose (temps entre la date du traitement de la fracture et la date de la première cure). La cure de pseudarthrose la plus précoce est effectuée 6 mois après l'ostéosynthèse et la plus tardive après 26 mois. Le temps moyen entre le traitement de la fracture et la première cure est de 13 mois tandis que le temps médian est de 8 mois .



**Figure 9: Répartition des cas selon le délai d'évolution vers la PSA**

## **2. Etude radioclinique de la PSD :**

### **a) Etude clinique :**

#### **a.1 . signes fonctionnels :**

La douleur a été apparentée presque chez tous nos patients à une impotence fonctionnelle partielle ou totale du membre concerné, une sensation d'instabilité du membre.

#### **a.2. Signes physiques :**

L'examen clinique de nos patients a objectivé :

- Une douleur en regard du foyer de PSA : chez 11 cas.
- Une mobilité anormale en regard de foyer fracturaire chez 04 patients.
- Une tuméfaction de la cuisse a été retrouvée chez 06 cas .
- Un raccourcissement moyen qui varie entre 2 cm et 3 cm a été trouvé chez 4 patients.
- Nous n'avons pas relevé de troubles vasculo-nerveuses

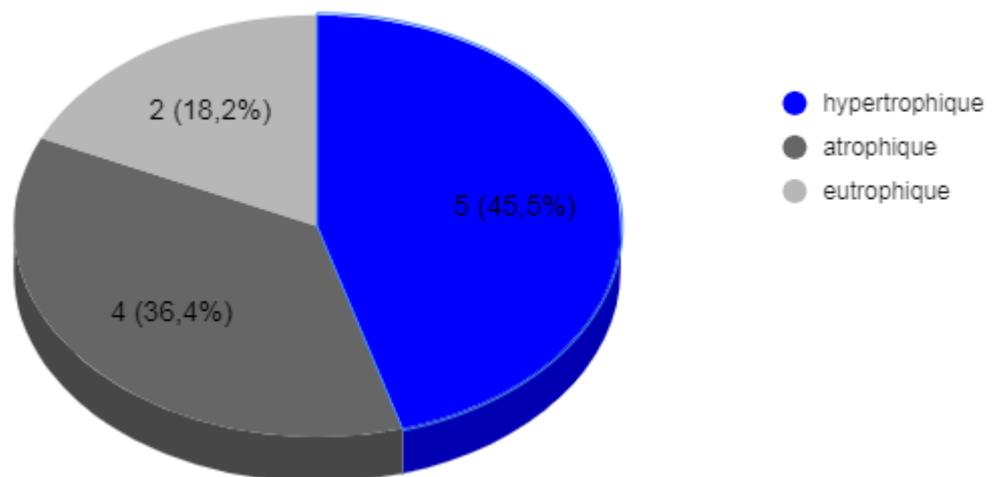


Figure 10:des photos cliniques des patients suivis pour PSD

**b) Etude radiologique et type de la PSD:**

Les pseudarthroses ont été considérées hypertrophiques dans 05 cas, atrophiques dans 4 cas , 2 cas eutrophique

Il est important de noter que l'interprétation des images radiologiques peut varier entre différents observateurs, ce qui peut influencer la classification des pseudarthroses. Les données peropératoires offrent une confirmation directe de la nature de la pseudarthrose, mais l'évaluation radiologique reste cruciale pour le diagnostic initial.



**Figure 11: Répartition selon le type de PSD**



Figure 12:PSA atrophique

(Service de Traumatologie–Orthopédique B4 CHU HASSAN II FES)

CAS CLINIQUE



Figure 13:Une fracture du 1 / 3 distal du fémur à trait simple déplacée en chevauchement

(Service de Traumatologie-Orthopédique B4 CHU HASSAN II FES)



Figure 14:ostéosynthèse initiale Le patient a bénéficié initialement d'un ECMV  
10/400

(Service de Traumatologie-Orthopédique B4 CHU HASSAN II FES)



Figure 15:Le patient a bénéficié d'une dynamisation après 4 mois  
(Service de Traumatologie-Orthopédique B4 CHU HASSAN II FES)



Figure 16:PSA hypertrophique Radio de PSD après 10 mois de la fracture initiale  
(Service de Traumatologie–Orthopédique B4 CHU HASSAN II FES)

### 3 . Traitement de la PSD :

#### a. L'anesthésie :

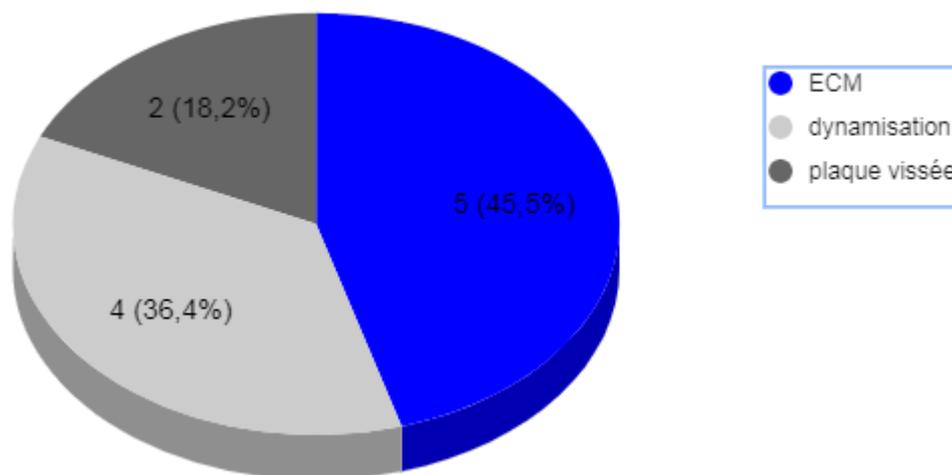
Dans notre série, 10 patients soit 90.9% ont bénéficié d'une rachianesthésie et 1 patient soit 9% a bénéficié d'une anesthésie générale.

**b. La voie d'abord :**

La voie d'abord utilisée lors des cures de la PSD est la voie externe de la cuisse. Pour la mise en place du la voie sus trochantérienne a été utilisée.

**c. Ostéosynthèse :**

Dans les 11 cures réalisées dans notre série, l'enclouage centromédullaire avec un clou de taille supérieure au clou initial a été utilisé dans 5 cures soit 45,45 % et 2 cures avec plaque vissée soit 18,18 % . 4 patients ont bénéficié d'une cure avec dynamisation secondaire du clou initial soit 36,36 % .



**Figure 17: Répartition selon le traitement appliqué à la PSD**

**d . le traitement adjuvant :**

La décortication + la greffe cortico-spongieuse au niveau de la crête iliaque a été réalisée dans 8 cures, la décortication avec substitut osseux dans 1 cure , aucun traitement adjuvant n'a été associé dans 2 cures .

**Tableau 6:Récapitulatif des traitements réalisés dans notre série**

Type de traitement	Nombre de cas
ECM	2
ECM +décortication + greffe	2
ECM + décortication + substitut osseux	1
PV + décortication + greffe	2
Dynamisation +décortication + greffe	4

A noter que dans notre série l'échange a été fait avec un clou de diamètre supérieur au précédent environ d'un millimètre (après alésage),cela permettrait une bonne compression du foyer de fracture.

Aucune ablation de plaque et échange en clou n'a été faite .



**Figure 18:Installation du malade en décubitus latéral**



**Figure 19:Voie d'abord postéro-latérale**



**Figure 20:Cure de PSD par ECM**



Figure 21:Prélèvement d'un greffon corticospongieux sur l'aile iliaque antéro-supérieure.

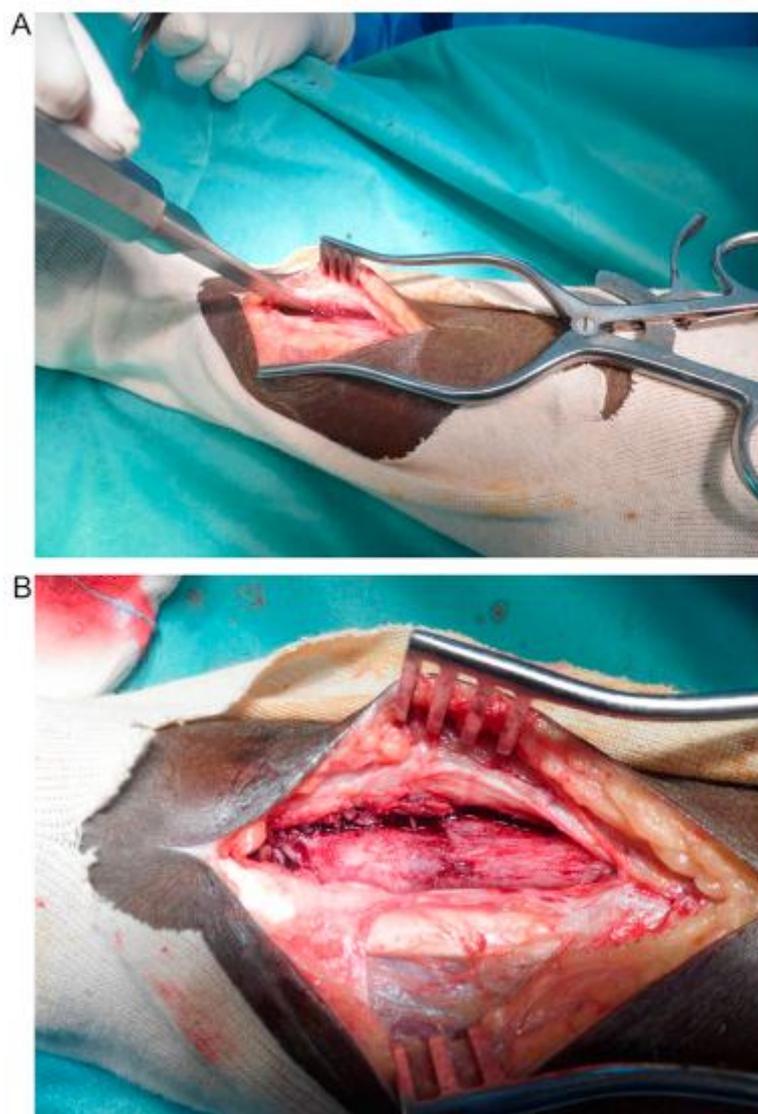


Figure 22:décortication osteo periostée

#### 4 . Les suites post opératoires

Tous nos patients ont bénéficié :

- D'une antibioprophylaxie
- D'une héparinothérapie à dose prophylactique
- D'un traitement antalgique
- D'un drainage pour une durée moyenne de 3 jours

- La rééducation était systématique démarrée après la sortie (mobilisation du genou)

## **5 . Evolution**

### **a. Complications précoces :**

- Un hématome post-opératoire : aucun cas
- Un accident thrombo – embolique : aucun cas

### **b . Complications secondaires :**

- Escarres : aucun cas
- Troubles liés au décubitus : aucun cas
- Démontage du matériel : aucun cas

### **c . Complications tardives :**

- Cal vicieux : aucun cas
- Raccourcissement : 3 cas avec une moyenne de 2 cm.

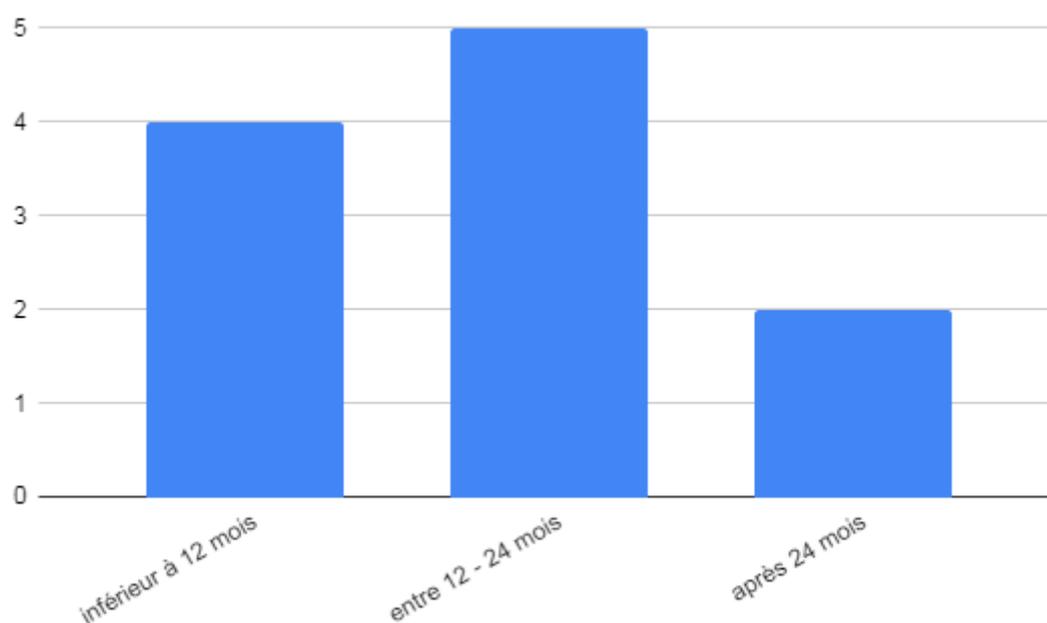
## **6 . Résultats du traitement :**

### **a. Délai de consolidation :**

Le temps d'union osseuse est calculé comme suit :

Temps d'union de la pseudarthrose=Temps entre ostéosynthèse de la fracture et dernière cure de pseudarthrose + 6 mois.

La durée moyenne est de 24 mois et la médiane est de 20 mois.



**Figure 23: Répartition des cas qui ont consolidé selon le délai de consolidation**

**b . Les résultats osseux :**

**b.1. Le taux d'union :**

Le taux de consolidation dans notre série était de (07/11) soit 63 ,63 % . Chez 4 patients la consolidation n'a pas été obtenue et avaient besoin de cures supplémentaires de PSD .

**b.2. Résultats osseux selon la classification ASAMI :**

Les critères sur lesquels nous nous sommes basés pour évaluer notre traitement sont les critères d'ASAMI :

- La consolidation osseuse : 07 cas soit 63 ,63 %
- Le raccourcissement > 2 cm :3 cas soit 18 ,18 %
- Persistance de PSA : 2 cas soit 18 ,18 %

**Tableau 7: Répartition des cas selon la classification ASAMI**

Résultats osseux	Nombre de cas	Pourcentage
Très bon	7	63 ,63 %
Bon	2	18,18 %
Moyenne	1	09 %
Mauvais	1	09 %



**Figure 24: Image d'un patient de la série qui a présenté un raccourcissement de membre**

c . Résultats fonctionnels :

**Tableau 8:Répartition des cas selon la classification ASAMI**

Résultats fonctionnels	Nombre de cas
Très bon	07
Bon	02
Moyen	01
Mauvais	01

d. Résultats globaux :

Le résultat final du traitement était jugé :

**d.1. Bon si :**

- Consolidation radio clinique parfaite
- Absence de douleur
- Raccourcissement inférieur à 2 cm
- Mobilité des articulations sus et sous jacentes
- Pas de troubles trophiques.

**d.2\_Moyen si :**

- Consolidation radio clinique parfaite
- Absence de douleur
- Raccourcissement entre 2 et 3
- Mobilité des articulations sus et sous jacente légèrement diminuée
- Pas de troubles trophiques

**d .3 Mauvais si :**

- PSD récurrente
- Cal douloureux
- Raccourcissement supérieur à 3 cm
- Mobilité des articulations sus et sous jacentes diminuée
- Troubles trophiques

Dans notre série, parmi les 11 cas de PSD, nous avons noté:

- 07 bons résultats soit 63,63 %
- 3 moyens résultats soit 27 ,27 %
- 1 mauvais résultats soit 09 %

**e. Résultats analytique :**

**e.1. En fonction du délai d'évolution :**

**Tableau 9:Résultats globaux en fonction du délai d'évolution**

Résultats globaux	Moyenne de délai d'évolution
Bon	10 mois
Moyen	13 mois
Mauvais	Plus du 16 mois

**e.2. En fonction du traitement appliqué :**

Type de traitement	Résultats globaux		
	Bon	Moyen	Mauvais
<u>ECM</u>	2	0	0
<u>ECM+décortication + greffe</u>	2	0	0
<u>ECM + décortication + substitut osseux</u>	0	1	0
<u>PV + décortication + greffe</u>	1	1	0
<u>Dynamisation +décortication + greffe</u>	2	1	1

**CAS CLINIQUE 2**



**Figure 25:Patient âgé de 36 ans victime d'un AVP en 2012 qui a bénéficié initialement d'un traitement par ECMV**



Figure 26:le patient a bénéficié d'une dynamisation après 6 mois



Figure 27:radio de contrôle après 6 mois

## Cas clinique



Figure 28:patient de 27 d'un victime d'un AVP ; avec fracture du 1 /3 distal de la diaphyse fémorale déplacée en chauvechement en bilateral ;un bodyscanner a été demandé sans anomalies aux differents étages



**Figure 29:le patient a beneficié d'un ECMVS en bilateral**

**Service de chirurgie traumatologie -orthopédique B4 CHU HASSAN II FES**



Figure 30:radio de contrôle après 8 mois de traitement initial ; montre une pseudarthrose du fémur gauche avec une bonne consolidation du fémur droit.



Figure 31 :le patient a bénéficié d'une cure de PSD du fémur gauche

En 1 er temps : ablation du clou 9/36 .

En 2 eme temps : cure de PSD .

L'exploration trouve une perte de substance osseuse ; ravivement des berges ;  
repermeabilisation du canal médullaire avec mise en place d'un clou de taille 10/42  
avec vissage proximal et distal .

En 3 eme temps : prelevement du greffon cortico -spongieux .

En 4 eme temps : MEP du greffon au niveau du foyer .



Figure 32:radio de contrôle après 3 mois cure de PSD du fémur gauche



Figure 33:radio de contrôle après 6 mois de cure de la PSD du fémur gauche

# DISCUSSION

## **I. La consolidation : [1]\_[2]**

La consolidation osseuse est le seul processus de cicatrisation capable de restaurer complètement le tissu osseux endommagé et de rétablir la continuité de l'os fracturé. Une fracture perturbe un tissu vivant, structuré et vascularisé, qui est en constant remodelage.

Ce remodelage assure la maintenance biologique et mécanique de l'os. En effet, il existe un processus permanent de destruction et de reconstruction : les ostéoclastes creusent des tunnels dans le tissu osseux, permettant aux vaisseaux sanguins et aux ostéoblastes d'intervenir. Ces derniers déposent un nouvel os, orienté selon les contraintes mécaniques exercées sur celui-ci.

On décrit deux modes de consolidation : la consolidation indirecte ou secondaire et la consolidation directe.

### **1 . La consolidation indirecte ou secondaire :[3]**

C'est la voie la plus courante car la guérison osseuse directe nécessite une réduction anatomique et des conditions de stabilité rigide, généralement obtenues uniquement par réduction ouverte.

Il s'agit d'un processus associant de nombreux évènements dont la succession dans le temps aboutit à la formation d'ostéoblaste puis d'un cal osseux et éventuellement à la restauration du tissu osseux ; Elle se déroule en deux grandes étapes : la période d'union et la période de remodelage et modelage.[4]

**a . la période d'union :**

**a.1. L'hématome fracturaire :**

Après une fracture, un hématome se forme à partir des extrémités fracturées et des tissus mous environnants. Cela déclenche une réaction inflammatoire, accompagnée d'exsudation et d'infiltration de cellules histiocytaïres. La prolifération des vaisseaux péri-osseux permet de rétablir la continuité interrompue par le traumatisme. Les fibroblastes, lymphoblastes et la substance fondamentale contribuent à la formation d'un nouveau tissu conjonctif, tandis que les ostéoblastes et chondroblastes créent la matrice osseuse et cartilagineuse. Cette étape se termine généralement au bout de 07 jours.[3]

**a.2. Le cal mou :**

Le tissu de granulation se forme lorsque les cellules précurseurs et les facteurs médiateurs locaux stimulent la production collective de nouvelles cellules, qui se différencient et s'organisent pour créer de nouveaux vaisseaux, des cellules de soutien et d'autres types cellulaires. Ce processus donne naissance à un tissu de granulation mou dans l'espace inter fragmentaire. À ce stade, on peut également observer l'apparition de quelques ostéoclastes qui érodent les surfaces fracturaires. Cette phase dure généralement environ deux semaines.[4]

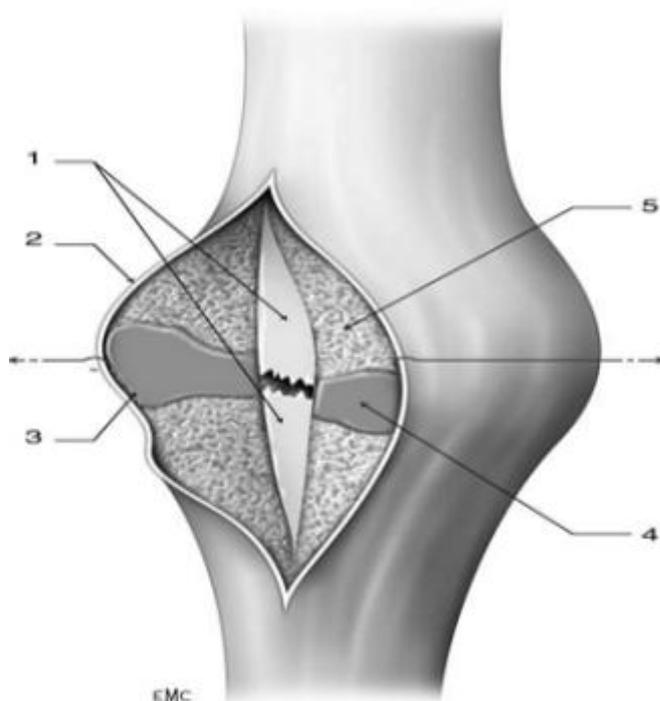


Figure 34:Cal mou. Incision du cal périosté. Sous le périoste, un manchon d'os immature entoure chaque fragment. Anneau de cartilage autour du foyer. 1. Corticales fracturées ; 2. périoste ; 3. écaille osseuse en formation ; 4. manchon de cartilage ; 5. substance ostéoïde et os immature

(Consolidation des fractures, J.-P. Meyrueis.EMC Rhumatologie-Orthopédie)

### a.3. Le cal primaire :

Les ostéoblastes produisent une matrice organique appelée substance ostéoïde , dont la minéralisation forme de l'os primaire, reliant les néoformations aux extrémités fracturées. À mesure que le cal d'encrage se développe et se minéralise, la réaction cellulaire et l'œdème diminuent, les fibres musculaires se resserrent et la tuméfaction s'estompe. Progressivement, le cal d'encrage des deux extrémités s'étend vers le foyer, se rapprochant pour éventuellement unir les fragments. Le cal

d'encrage et le cal en pont forment le cal périosté, en opposition au cal médullaire ou endosté. L'apport d'oxygène est crucial à cette étape. Une fois une stabilisation suffisante atteinte, l'espace entre les fragments est envahi par des cellules provenant soit du tissu de cal en pont, soit d'éléments médullaires, formant ainsi le cal d'union. Cette phase se termine généralement vers la sixième semaine.[5]

#### **a.4. Le cal dur :**

La minéralisation qui a débuté se poursuit pour envahir tout le cal en un véritable front de minéralisation enchondral .L'union osseuse devient assez solide et rigide .

Le cal dur se compose soit d'os, soit de fibrocartilage. La fusion du cal externe et du cal endosté forme le cal d'union, marquant la fin de la première phase majeure de la consolidation. Ce cal dur commence à se développer à partir de 16 semaine.[6]

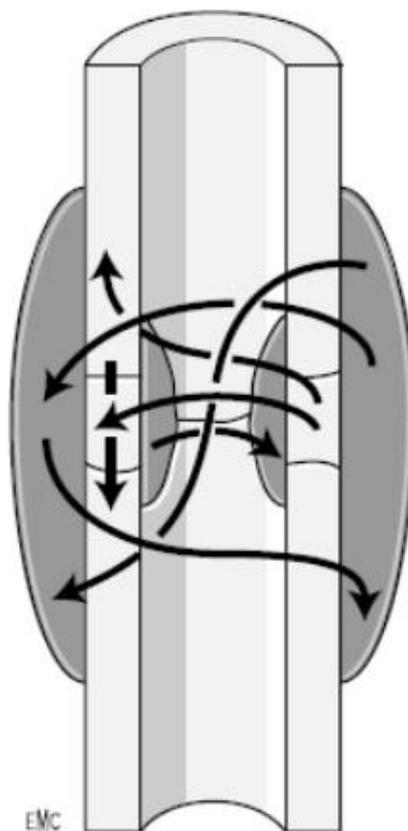


Figure 35:Cal dur

L'os lamellaire primaire est orienté dans tous les plans de l'espace car il se forme en fonction des contraintes

(Consolidation des fractures, J.-P. Meyrueis.EMC Rhumatologie-Orthopédie)

b. La période de remodelage modelage :

b.1. Phase de remodelage :

Cette phase est marquée par la transformation de l'os immature en os lamellaire. Le remodelage implique un processus simultané de résorption ostéoclasique et d'apposition ostéoblastique, accompagné de nouveaux vaisseaux.

Selon SEDEL [7], ce remodelage, désigné comme les BMU (unités multicellulaires de base), comporte quatre actions :

- remplacer le cartilage minéralisé par de l'os immature,
- remplacer l'os immature par des paquets d'os lamellaire,
- substituer le cal entre les extrémités par des ostéons formés d'os lamellaire,
- nettoyer la cavité médullaire de tout cal obstruant.

La phase de remodelage peut durer de un à quatre ans.[6]

### b.2. Phase de modelage :

A l'arrêt de la formation de cal , la résorption et la formation osseuse tendent à restituer l'os dans sa forme initiale .Ce processus ,différent de celui qui se fait par BMU est lent et peut s'étendre à plusieurs années .Selon l'âge et l'importance de déplacement ,le modelage peut être complet ou incomplet, il est limité chez l'adulte et peut être complet chez l'enfant.

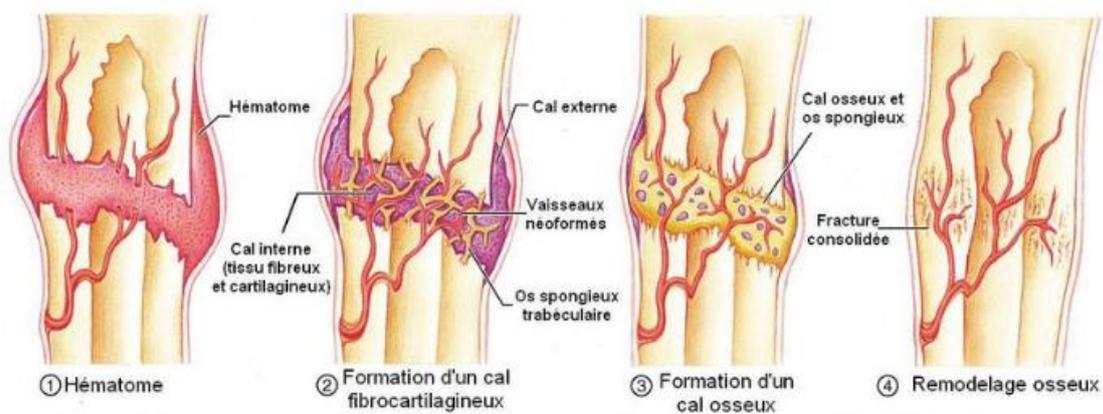


Figure 36:Les 4 phases de la consolidation osseuse.

(Human stem cell delivery for treatment of large segmental bone defects)

## 2. La consolidation directe :

La consolidation directe, ou primaire, désigne un processus dans lequel aucun tissu conjonctif ni cartilage n'est présent avant la formation de l'os. Ce type de consolidation exige : une réduction anatomique appropriée (avec un espace fracturaire inférieur à 200 µm) et une immobilisation rigoureuse du site de fracture. Lorsque ces conditions sont réunies, les ostéoclastes créent des tunnels à travers la fracture, suivis par les ostéoblastes qui déposent de la matrice osseuse, rétablissant ainsi la continuité entre les systèmes haversiens. Ce processus est similaire au remodelage naturel de l'os.

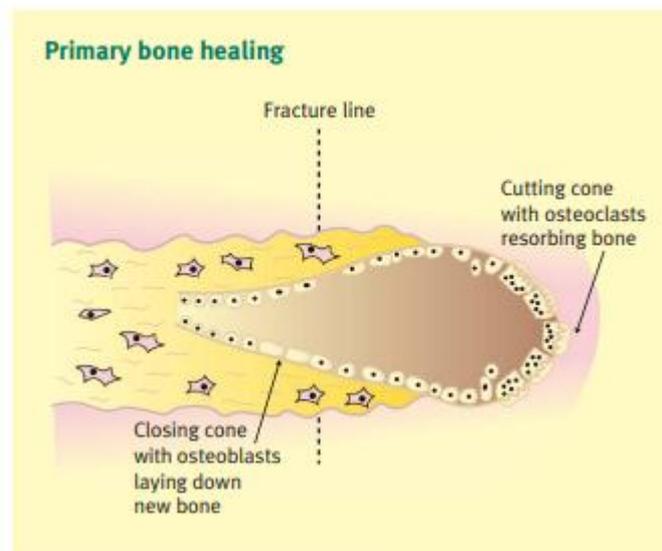


Figure 37:schéma montrant la consolidation primaire

(Rajeev Jahagirdar.Principles of fracture healing and disorder of bone healing )

### **3. Les différentes éléments participants à la consolidation :**

#### **a.3 Le périoste :**

C'est une membrane blanchâtre qui recouvre l'os sauf au niveau de l'articulation. Sa capacité ostéogénique a été évoquée par beaucoup d'auteurs. Il est constitué de deux couches cellulaires. La couche externe fibreuse joue un rôle d'encapsulation, et assure la nutrition de la couche corticale. La couche interne formée des cellules précurseurs des ostéoblastes, des ostéoclastes et des cellules endothéliales vasculaires.

#### **b.3 L'endoste :**

c'est la membrane tapissant la face médiale de la corticale et enveloppant la moelle osseuse. IL est formé d'ostéoblastes et des cellules bordantes.

#### **c.3 La moelle osseuse :**

BRIGTON cité par HERGINOU [8] a démontré à partir d'études en microscopie électronique, que les cellules présentes dans la moelle osseuse sont à l'origine d'une partie du cal osseux .

FRIEDENSTEIN cité par SEDEL[7] a décrit deux types de cellules médullaires ostéoformatrices:

– Les DOPC (Determinal ostéogénique précursor cells) accolées aux trames osseuses et dont le rôle est de fabriquer de l'os.

– Les IOPC ((inductible ostéogénic précursor cells)) présentes en dehors du squelette. [8]

### d . 3. Les extrémités fracturaires :

Elles sont un obstacle à surmonter et un soutien efficace dans le processus de la consolidation. L'os nécrosé doit être à la fois contourné et pénétré, enfin éliminé par le tissu ostéoformateur du cal. Leur rôle positif est surtout la stabilisation temporaire.

Malgré les progrès réalisés, l'origine et la nature des tissus ostéoblastiques, responsable de la minéralisation du cal demeure discutable.

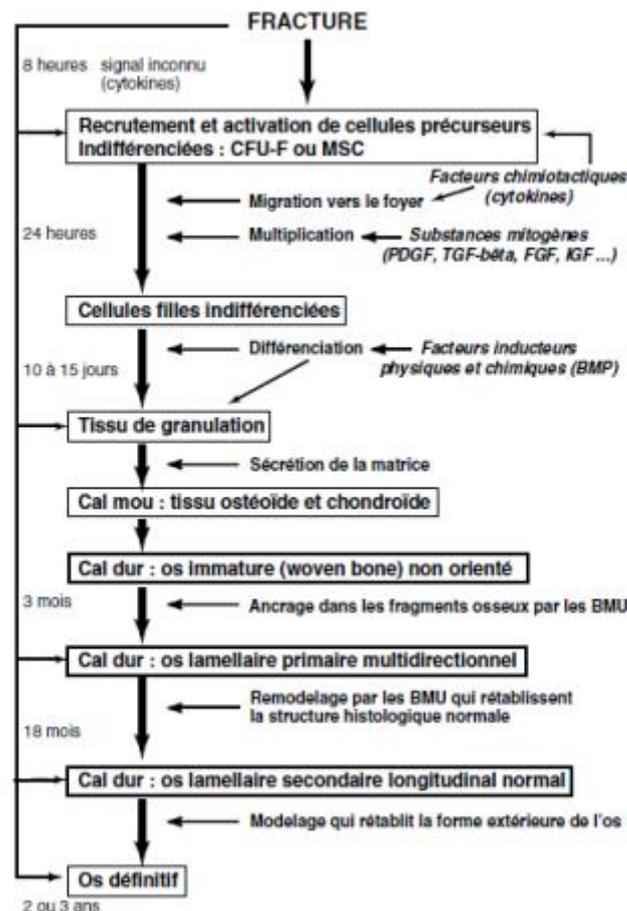


Figure 38:Schéma montrant les différentes étapes de la consolidation

(Consolidation des fractures, J.-P. Meyrueis.EMC Rhumatologie-Orthopédie)

## II. Etude épidémiologique :

### 1. La fréquence :

L'incidence dans notre série qui était de 4,4 % rejoint celle de la littérature puisque cette dernière varie dans les différentes séries de 1 à 10%. Le taux de pseudarthrose se situe le plus souvent autour de 3% [5]

### 2. L'âge et le sexe :

Tableau 10: Répartition des patients selon l'âge et le sexe dans différentes études

Auteur	Année	Nombre de patients	Age moyen	Sexe	
				Sexe féminin	Sexe masculin
Giannoudis [9]	2000	32	35	6	26
El Moumni [4]	2008	27	27	8	32
El Mekkaoui [10]	2007	27	38	5	22
Talibi [11]	2017	20	34 ,8	2	18
Bouayad [12]	2020	20	38 ,4	3	17
Notre série	2024	11	34 ,5	4	7

La forte prédominance masculine et le jeune âge sont notés dans toutes les statistiques. Cette prédominance peut être expliquée par le fait que le sujet jeune de sexe masculin est exposé plus que la femme aux accidents de la voie publique et de travail.

### **3. ATCD /Terrain :**

Dans notre série deux patients étaient diabétique dont un est tabagique. Des associations significatives entre le tabagisme et le développement de pseudarthrose ont été démontré par McKee et al [13] .

des études cliniques rétrospectives ont démontré un taux élevé de consolidation chez les non fumeurs (84%) par rapport aux fumeurs (58%

C. Frey [14] ont conclut que le diabète contribuait à la survenue de la PSA.

Certains auteurs ont évoqué l'importance de certaines comorbidités qui pourraient avoir un rôle favorisant dans la survenue de la PSA, telles que les déficits en vitamines , l'âge avancé pourraient être des facteurs de risque dans la survenue de la pseudarthrose. [15] [16]

Chez les dialysés rénaux et les insuffisants rénaux chroniques, la consolidation est souvent retardée [11]

**Tableau 11:Les facteurs de risque :**

<b>Facteurs généraux</b>	<b>Facteurs locaux</b>
Malnutrition	Stase veineuse
Insuffisance rénale	Lymphœdème
Alcoolisme	Lésion vasculaire
Diabète-tabac	Artérite
Immunodéficience	Atteinte majeure des parties molles
Tumeur-Patient âgé	Antécédents de radiothérapie

#### **4. Etiologie de la fracture initiale :**

Dans notre série les circonstances de traumatisme sont représentées par les accidents de la voie publique dans 81 ,8 % (09 cas), et par chute d'un lieu élevé dans 09% (1 cas) , accident de travail dans 09 % ( 1 cas ) .

Un traumatisme violent et appuyé à haute énergie est nécessaire pour entraîner une fracture du fémur. Les AVP constituent la cause majeure des traumatismes causaux comme le montre le tableau.

**Tableau 12:Le pourcentage des AVP dans les traumatismes initiales :**

<b>Séries</b>	<b>Année</b>	<b>% des AVP dans les traumatismes causaux</b>
<b>Giannoudis [9]</b>	<b>2000</b>	<b>84%</b>
<b>El Moumni [4]</b>	<b>2008</b>	<b>88,78%</b>
<b>El Mekkaoui [10]</b>	<b>2007</b>	<b>78%</b>
<b>Talibi [11]</b>	<b>2017</b>	<b>90%</b>
<b>Bouayad [12]</b>	<b>2020</b>	<b>85 %</b>
<b>Notre série</b>	<b>2024</b>	<b>81 ,8 %</b>

### **III. Etude clinique et radiologique de la fracture initiale :**

#### **1. Lésions cutanées :**

Dans notre série on a rapporté 2 cas de fractures ouvertes dont une stade 1 et une autre stade 3 selon la classification Cauchoix et Duparc.

Les résultats de notre série concordent avec celles des autres études comme en témoigne le tableau en dessous avec un faible pourcentage d'ouverture cutanée uniquement dans 18 % des cas.

**Tableau 13: Etude comparative selon l'ouverture cutanée de la fracture initiale :**

Série	Nb de cas	Fractures ouvertes	Fractures fermées
Allouche [17]	17	17,64 %	82,35 %
Raoufi [18]	19	5,3 %	94,7 %
Mekkaoui [10]	27	26 %	74%
Arslan .H [19]	12	10 %	90 %
L.Talibi [11]	20	10 %	90 %
Bouayad [12]	20	10 %	90 %
Notre série	11	18,18 %	81,81 %

Plusieurs analyses indiquent un risque plus élevé de survenue de la pseudarthrose lié à l'ouverture cutanée.

Arslan [19] ; a rapporté l'association de l'ouverture cutanée avec la pseudarthrose du fémur.

En effet, l'ouverture du foyer de fracture en dehors de toute infection doit faire envisager une consolidation plus lente, d'une part parce qu'elle traduit un traumatisme appuyé des parties molles avec risque important d'interposition musculaire qui serait non favorable à la consolidation, d'autre part cette ouverture

cutanée perturbe la vascularisation musculaire et périostique locales, allongeant ainsi le délai de consolidation .

## **2. Lésions associées :**

La fracture de la diaphyse fémorale est généralement causée par un traumatisme à haute énergie et peut être associée à de multiples lésions.

La prise en charge initiale doit prendre en considération les lésions associées.

Un taux élevé est rapporté par tous les auteurs, ces lésions associées graves doivent être intégrées dans la stratégie thérapeutique.

Leur association à une fracture du bassin peut mettre en jeu le pronostic vital et impose la réalisation d'un angioscanner à la recherche de signes de saignement actif qui justifieraient une embolisation. [20]

La fracture du fémur associée à une fracture non contiguë de l'extrémité inférieure du fémur, surviennent dans environ 3% des cas. Il s'agit presque toujours d'une fracture supra- ou unicondylienne latérale [21] , exceptionnellement d'une fracture de Hoffa ou fracture- séparation à trait coronal du condyle fémoral médial . [22]

La Fracture étagée de fémur et de tibia également dénommées genou flottant, il s'agit souvent de fractures ouvertes avec importante attrition des parties molles, en particulier au niveau de la jambe. Le risque d'embolie graisseuse est majeur avec un taux de 10 à 15% Ce sont de grandes pourvoyeuses de lésions vasculaires . [20]

Les lésions des parties molles du genou sont à envisager dans les traumatismes à haute énergie. La fréquence des lésions du pivot central est de 10% à 20% et des

ligaments collatéraux est de 15% à 20%, il faut également retenir la fréquence non négligeable des lésions méniscales associées, aux alentours de 15% pour le ménisque médial et de 25% pour le ménisque latéral doit faire évoquer devant une lésion ligamentaire devant toute fracture fémorale traumatique (non balistique) [23]

La fracture bilatérale du fémur constitue une association classique pouvant survenir dans 2 à 10%. [23]

Chez un polytraumatisé la fracture du fémur peut, selon sa gravité prendre une place importante dans la sévérité du polytraumatisme.

36,36 % des fractures du fémur (4 cas) dans notre série ont été associées à d'autres lésions.

La présence de lésions associées semble être un facteur d'évolution de la pseudarthrose. [11]

### **3. Etude radiologique :**

#### **3.1. Siège du trait de la fracture :**

Dans notre série les fractures du 1/3 moyen étaient majoritaires avec un taux de 45 ,45 %.

Benoit [24] a étudié tout particulièrement le rôle du siège de la fracture ,il a divisé la diaphyse en 4 segments (Les segments 1 et 2 représentent la partie rétrécie du canal médullaire ; Le segment 3 correspond au début de l'élargissement du canal ; le segment 4 est la zone du tromblon proprement dit) et a trouvé que les zones 3 et 4 seraient des zones à pseudarthrose.

Cependant Yokoyama [25] a trouvé un taux élevé de pseudarthrose au niveau de 1/3 distal.

Yokoyama et al[25] ont également montré une relation significative entre les fractures de type C et les pseudarthroses.

### 3.2.Type du trait de la fracture :

Des études suggèrent que le type de trait de fracture influence l'évolution d'une fracture vers la pseudarthrose. Cette complication est fréquemment associée aux fractures diaphysaires transversales et à la présence d'un troisième fragment. Dans notre série, les fractures simples représentent 80 % des cas, se répartissant comme suit : 30 % de fractures obliques, 25 % de fractures transversales et 25% de fractures spiroïdes.

**Tableau 14:Etude comparative du siège initial de la fracture :**

Série	Année	NBR de PSA	Localisation au 1/3 moyen
Jorge	2006	25	88 %
El Mourni	2008	108	90,74 %
Rafaoui	2012	17	52,94 %
L.Talibi	2017	20	60 %
Bouayad	2020	20	70 %
Notre série	2024	11	45 ,45%

## **IV. Traitement de la fracture initiale :**

### **1. Délai entre la fracture initiale et le traitement initial :**

Le délai d'intervention chirurgicale suscite des controverses notables dans le domaine médical. Selon Grosse [26] et Pahud [27], une intervention urgente présente plusieurs avantages, notamment :

- Une incidence similaire de pseudarthrose lors de l'enclouage.
- Une réduction des complications cardiovasculaires.
- Une facilitation des soins infirmiers.
- Une diminution de la durée d'hospitalisation.
- Un risque réduit d'embolie graisseuse.

En revanche, Sédel Wilber [7] et Charnley [28] ont observé qu'un traitement différé conduit souvent à une consolidation plus rapide et à des taux de pseudarthrose significativement plus faibles par rapport aux interventions urgentes.

Dans une étude portant sur 89 fractures fémorales, la réduction opératoire a été réalisée dans un délai de six jours pour 54 patients, tandis que 35 autres ont été opérés entre sept et trente jours après la fracture. Dans le groupe soumis à une prise en charge chirurgicale précoce, l'incidence des retards de consolidation et des pseudarthroses était de 18 %. En revanche, le groupe traité tardivement a présenté des retards de consolidation de seulement 3 % et aucun cas de pseudarthrose. [29]

Il convient de souligner que le traitement utilisé dans cette étude était une plaque, qui permet d'éliminer l'hématome péri-fracturaire .

Par ailleurs, Boss [30] a mis en évidence que chez les patients polytraumatisés, en particulier ceux présentant un traumatisme thoracique associé, un retard dans l'intervention chirurgicale augmente l'incidence des complications pulmonaires, telles que la pneumonie, le syndrome de détresse respiratoire, l'embolie graisseuse et l'embolie pulmonaire.

## **2. Analyse du traitement initial :**

Une fois que le patient est stable sur le plan hémodynamique , les options thérapeutiques pour la gestion d'une fracture de la diaphyse fémorale incluent des systèmes de fixation interne ou externe. Les techniques prédominantes sont l'enclouage centromédullaire et la fixation par plaque vissée. Chaque approche thérapeutique présente des avantages et des inconvénients spécifiques, ce qui rend crucial l'adaptation du traitement en fonction de divers paramètres, tels que les comorbidités du patient, ses capacités de rééducation, ainsi que l'expertise du chirurgien dans la méthode choisie.

### **a. L'enclouage centro -médullaire :**

L'enclouage centromédullaire sous amplificateur de brillance s'est imposé comme le traitement idéal des fractures diaphysaires du fémur chez les adultes pour plusieurs raisons :

- Taux élevé de consolidation
- Complications rares
- Conservation de la fonction articulaire

Plusieurs entités thérapeutiques sont proposées : l'ECM à foyer ouvert ou fermé, avec ou sans alésage, par, voie rétrograde, antérograde, verrouillé (statique ou dynamique) ou non verrouillé.

Dans le montage dynamique, le verrouillage n'intéresse qu'une des extrémités, la plus proche du trait de fracture ; il contrôle la rotation et permet dans les traits de fracture simples la mise en charge immédiate.

Dans le montage statique, le verrouillage est proximal et distal, il neutralise la rotation, le télescopage et l'angulation. Il permet la mobilisation immédiate mais non la mise en charge

L'ostéosynthèse de la fracture est dans 07 cas sur 11 un enclouage centromédullaire. Cette technique est la plus utilisée dans notre série, est également la technique de choix dans les travaux rapportés par Gelalis et al. [31] ou Buijze et al [32].

#### **L'enclouage avec ou sans alésage :**

L'alésage permet l'implantation de clou de diamètre plus important mais altère la vascularisation endomédullaire.

A-Bing Li et al [33] ont préconisé après une méta-analyse incluant 8 études randomisées portant sur 1078 patients l'utilisation de l'alésage lors du traitement de la fracture de la diaphyse fémorale puisque l'enclouage avec alésage a été corrélé à un délai de consolidation plus court, un taux réduit de pseudarthrose et de retard de consolidation.

Bonnomet et al [23] préconisent le recours systématique à l'alésage en dehors de quelques circonstances particulières (fracture du fémur avec signe d'embolisation

graisseuse, fractures bilatérales du fémur avec une hémodynamique instable et/ou une gazométrie perturbée).

### Verrouillage statique ou dynamique :

Omerovic et al [34] ont comparé entre l'enclouage à verrouillage statique et l'enclouage à verrouillage dynamique dans le traitement des fractures fémorales et tibiales et ont conclut que le délai de consolidation moyen était plus court lors de l'enclouage statique.

A.Khan [34] ont étudié 50 cas de fractures de diaphyse fémorale, ces cas ont été répartis en deux groupes, l'un traité par ECMV à montage statique et l'autre par ECMV à montage dynamique . Le groupe traité par ECMV à montage statique a présenté moins de complications avec un délai de consolidation plus court.

**Tableau 15:Le délai de consolidation moyen(montage statique vs montage dynamique)**

	Montage statique	Montage dynamique
Délai de consolidation moyen	16,11 mois	19,37 mois

### Le clou gamma long :

Chamoune et al [35] préconisent l'utilisation du clou gamma long dans les fractures sous trochantérienne du fémur à condition d'une technique rigoureuse, ils ont employé un clou gamma long chez 59 de fractures complexes sous trochantérienne. La consolidation a été obtenue chez 57 cas (2 patients ont présenté une PSA). Le nombre de complications mécaniques était faible (migration de la vis céphalique 4 cas, clavettes de verrouillage cassées 9 cas, rupture du clou 1 cas).

**b. La plaque vissée :**

Dans notre étude, la fixation par plaque vissée n'a été utilisée que dans 3 cas sur 11 . Jusqu'à la fin des années soixante-dix, l'ostéosynthèse par plaque vissée constituait le traitement de référence pour les fractures de la diaphyse fémorale, avant d'être progressivement remplacée par l'enclouage centromédullaire.

Les inconvénients associés à cette technique sont multiples : une large voie d'abord cutanée, un déperiestage néfaste à la consolidation et expose au risque de nécrose osseuse, des qualités mécaniques insuffisantes nécessitant une décharge stricte de 2 à 3 mois, ainsi qu'un risque accru de réfracture après l'ablation du matériel.

L'ostéosynthèse par plaque vissée doit respecter certaines règles impératives :

- Utilisation d'une plaque suffisamment longue et robuste pour résister aux contraintes importantes auxquelles elle sera soumise.
- Déperiestage limité, réduction précise et impaction via un appareil à compression (comme un tendeur de plaque), ou utilisation d'une plaque DCP.

La technique mini-invasive permet de préserver le périoste et les tissus mous environnants grâce à l'absence d'incision chirurgicale, favorisant ainsi une synthèse biologique tout en conservant l'hématome, à l'instar de l'enclouage centromédullaire. Cette approche réduit le temps de consolidation, le besoin d'alitement, ainsi que les complications associées à l'immobilisation, tout en permettant la remise en charge si le montage le permet

**c. La fixation externe :**

Pour les patients polytraumatisés la fixation externe peut être la méthode de choix dans un premier temps. Une fois le patient en état de subir une intervention chirurgicale le fixateur externe est converti en enclouage centromédullaire [36]

Les difficultés de réduction, l'entrave à la mobilité du genou, la lenteur et le caractère aléatoire de la consolidation, l'intolérance des fiches et le risque septique sont autant de limites aux indications

Dans notre série un seul patient a été traité initialement par un FE .

## **V. Pseudarthrose :**

### **1. Définition et diagnostic de la pseudarthrose :**

La FDA (Food and Drug Administration) américaine définit une pseudarthrose comme une «fracture qui manque de potentiel de guérison sans intervention additionnelle», neuf mois après le traumatisme et en l'absence de progression radiologique pendant les trois derniers mois sur des radiographies subséquentes, et/ou avec présence de douleurs et de mobilité au niveau du site de fracture.

Le diagnostic de pseudarthrose repose sur trois paramètres :

- Le temps écoulé depuis l'intervention,
- Les éléments radiographiques caractéristiques,
- L'expression clinique typique reconnaissable à l'anamnèse ou à l'examen.

Il n'y pas de définition stricte de la pseudarthrose dans la littérature, les auteurs s'accordent à dire que pour définir cliniquement une pseudarthrose (non-union en anglais), un délai de 6 à 9 mois doit s'être écoulé depuis la fracture et que durant les 3 derniers mois, aucune image radiographique ne doit montrer de signe d'évolution. La durée de consolidation peut s'étaler de 4 mois à 12 mois en fonction de la localisation de la fracture et des capacités physiologiques de guérison du patient. Les critères radiographiques qui définissent une pseudarthrose comprennent une ligne de fracture persistante, l'absence de travée osseuse d'un bord à l'autre de la fracture ainsi qu'un épaissement sclérotique des bords de la fracture. Si la fracture est stabilisée au moyen d'un clou centromédullaire, l'absence d'un cal qui ponte peut faire évoquer une pseudarthrose. Dans le cas d'une fixation par plaque, si la fracture est très bien réduite, le remaniement osseux se fait de manière primaire et un cal osseux n'est pas toujours visible. D'un point de vue clinique, une pseudarthrose se manifeste surtout par une douleur à la charge et se présente parfois avec une fausse mobilité du foyer de fracture. La manipulation directe ou la mise en charge du membre provoquent une douleur [37]

## **2. Les facteurs étiopathogéniques de la PSA :**

Selon Oslen [38] et Tsang [39] : Différents facteurs permettent d'expliquer la survenue de la pseudarthrose, nous distinguons 3 grands groupes de ces facteurs :

### **2.1. Facteurs liés aux patients:**

Plusieurs facteurs peuvent influencer la consolidation de la fracture :

**a. Facteurs circulatoires :**

L'hypoxie, l'anémie avec hypovolémie entraînent une diminution de l'élasticité de l'os et un retard de consolidation.

Une insuffisance vasculaire empêchant le développement d'une néo-circulation nécessaire à la constitution du cal.

**b. Facteurs hormonaux :**

L'action des hormones sur la consolidation est identique à leur action sur le cartilage de croissance ;

Les stéroïdes systémiques ont un effet direct sur la consolidation, ils ont été démontré de retarder la cicatrisation osseuse chez les rats. L'ACTH peuvent retarder ou arrêter la consolidation.

**c. Certains médicaments :**

Il existe une corrélation entre la prise des AINS et la pseudarthrose, surtout lorsque les AINS sont utilisés pendant plus de 4 semaines [9]

Les preuves actuelles suggèrent que l'évitement des AINS dans la période postopératoire peut empêcher les pseudarthroses.[40]

Les AINS inhibent l'activité ostéogénique et la consolidation des fractures, dans une étude rétrospective de 228 patients Glassman et al [41] ont rapporté un ordre ratio de PSA multiplié par cinq avec la prise des AINS.

Les corticoïdes à haute dose peuvent retarder la consolidation en inhibant la différenciation des cellules précurseurs en ostéoblastes.

**d. La malnutrition :**

La diminution des protéines affecte la formation du cal osseux. Guarniero et al. ont montré dans leur étude l'importance du soutien nutritionnel protéique sur la consolidation des os longs.

La carence en vitamine B6 provoque des modifications osseuses qui provoquent un déséquilibre entre l'activité des ostéoblastes et ostéoclastes par une diminution marquée de l'activité du glucose-6 phosphate (G6PD) dans la région périostée et dans le cal en développement, cela suggère que le statut en vitamine B6 peut être important.

**e. Diabète non équilibré :**

IL joue un rôle nocif non seulement en raison de la microangéite distale habituelle dans cette maladie, mais aussi parce qu'une oxydation correcte des hydrates de carbone est nécessaire à la synthèse du collagène.

Frey et al.[14] ont conclu que le diabète contribuait à la PSA de la cheville. Perlman et Thordarson ont trouvé un taux de 28% de PSA chez les patients diabétiques.

Dans notre série deux patients sont diabétiques.

**f. Tabagisme :**

McKee MD [42] ont démontré des associations significatives entre le tabagisme et le développement de la pseudarthrose, des études cliniques rétrospectives ont démontré un taux élevé de consolidation chez les non-fumeurs (84%) par rapport aux fumeurs (58%).

Feitelson et al. [43] a constaté qu'après 2 semaines de traitement par la nicotine le flux sanguin osseux diminuait.

**g. Ostéoporose :**

Ne ralentit pas la consolidation mais complique le traitement de la pseudarthrose.

**h. La grossesse et la lactation :**

Elles ralentissent la formation de cal osseux [7]

**2.2. Facteurs liés au traumatisme initial:**

Les facteurs locaux jouent un rôle prépondérant :

- L'ouverture du foyer de fracture double le taux de pseudarthrose [44] [45].

Elle traduit soit un traumatisme appuyé des parties molles en cas d'ouverture de dehors en dedans, soit un déplacement important des fragments s'il s'agit d'une ouverture de dedans en dehors.

- Dans notre série, la majorité des traumatismes initiaux étaient fermés.
- Une comminution en raison de la dévascularisation d'un ou plusieurs fragments et la difficulté de stabilisation mécanique. [46]
- L'interposition : Il s'agit le plus souvent de tissus mous (muscle, fascia, tendon périoste).
- L'existence de fractures multiples d'un même membre, de fracture à double étage sur un même segment aboutit le plus souvent à la consolidation rapide d'un foyer et un retard de consolidation ou une pseudarthrose de l'autre foyer.

– Les troubles de l'innervation périphérique des vaisseaux sanguins prédisposent à la formation de pseudarthrose.

– l'infection : toujours incriminée dans la genèse de PSA, soit par la dévascularisation des extrémités de la fracture ou par la perte de la stabilité du matériel d'ostéosynthèse ce qui va être responsable d'un excès de mouvement et d'une dévascularisation.

### **2.3. Facteurs liée au traitement initial:**

L'erreur du traitement initial apparaît comme un facteur important dans la genèse des pseudarthroses.

Selon WATSON-JONES, il faut incriminer plus le chirurgien que les ostéoblastes en cas de pseudarthrose.

La stabilité du site fracturaire et les conditions mécaniques résultantes influencent la consolidation.

Epari et al. [47] ont montré que le manque de rigidité de la fixation augmentait le temps nécessaire à la consolidation des fractures.

La position des fragments est importante pour le processus de réparation, un diastasis de plus d'un millimètre peut être source de PSA évoqué dans les études animales. Dépériostage excessif en cas de PV , taille de clou inadaptée ou verrouillage antéropostérieur insuffisant.

L'abord chirurgical du foyer de fracture entraîne la mise en péril des facteurs de consolidation

**a. En cas de PV :**

- L'évacuation de l'hématome fracturaire et du blastème
- Le déperiostage plus ou moins entendu
- La persistance d'un écart inter-fragmentaire sous une ostéosynthèse ce qui ne stabilise pas parfaitement les micromouvements au niveau du foyer

**b. En cas de l'ECM :**

- Taille de clou inadaptée
- Mauvaise réalisation technique
- Réalisation d'un montage dynamique alors que le type de fracture aurait nécessité un montage statique ou le contraire.
- Verrouillage antéropostérieure insuffisant ne prenant pas la corticale opposée.

**c. En cas de FE :**

- le montage qui est insuffisamment rigide, d'où l'intérêt du montage en double cadre selon Vidal ou en V ou triangulaire.
- Intolérance cutanée locale au niveau des fiches du fixateur, constituant une porte d'entrée infectieuse, source de nécrose osseuse responsable d'une instabilité du montage

La fréquence de la pseudarthrose après ostéosynthèse par plaque est plus importante que celle après ostéosynthèse par clou.

La pseudarthrose aseptique est généralement la conséquence d'une erreur thérapeutique tant dans son indication que dans sa réalisation technique

#### **2.4. Etiologie en fonction du type de la pseudarthrose :**

- ❖ Pseudarthrose atrophique et dont les causes possibles sont :
  - Dépériostage chirurgical.
  - Dévascularisation locale.
  - Fractures ouvertes.
- ❖ Pseudarthrose hypertrophique et dont les causes possibles sont :
  - Défaut de stabilisation ou de réduction
  - Correction tardive.
  - Intolérance au matériel d'ostéosynthèse

### **3. Etude clinique et paraclinique de la PSA:**

#### **a. Signes fonctionnels :**

- La douleur est le critère clinique prépondérant
- Une impotence fonctionnelle totale ou partielle
- Une limitation de la mobilité du membre

#### **b. Signes physiques :**

- Une douleur provoquée au niveau du foyer de la PSA
- Une déviation de l'axe anatomique
- Une inégalité de longueur des membres, un raccourcissement du membre traumatisé
- Une mobilité anormale du foyer fracturaire
- Une amyotrophie peut exister [37]

#### **c. Imagerie de la PSA**

- La radiologie standard :

- La radiographie constitue l'examen essentiel dans le diagnostic d'une PSA ainsi que pour sa classification, cet examen comportera des clichés radiographiques de face et de profil.

On recherchera sur ces clichés des signes de non consolidation de la fracture :

- l'élargissement du cal périphérique avec persistance du trait de fracture.
- une densification du tissu osseux de part et d'autre du trait.
- une résorption progressive des berges du foyer.
- Rupture du matériel d'ostéosynthèse.
- des signes radiologiques d'ostéoporose secondaire à l'immobilisation ou à l'algodystrophie.

### 3.1. Scanner et IRM :

Le scanner et l'IRM ne sont pas demandés systématiquement, leurs indications se posent lorsque les radiographies standards ne sont pas concluantes .

ainsi que pour la planification préopératoire précise, le scanner est l'examen de choix, avec 100% de sensibilité et 62% de spécificité.[48]

L'IRM peut être demandée en cas de suspicion d'une pseudarthrose septique, avec la possibilité d'étudier l'étendue de l'infection, que ça soit au niveau de l'os ou des parties molles. Mais la présence de matériel d'ostéosynthèse perturbe de façon significative la qualité des images et la différenciation de l'œdème (post-traumatique, postopératoire, infection) n'est pas possible avec certitude. Ceci diminue la qualité d'évaluation des images. [48]

### **3.2. Scintigraphie :**

C'est une technique invasive et chère mais qui permet de détecter la présence de PSA avec une sensibilité de 70% et une spécificité de 90% .

### **4. Biologie :**

Diagnostic surtout dans le cas des PSA septiques en objectivant la présence d'une accélération de la vitesse de sédimentation, une augmentation de la CRP, et une hyperleucocytose.

### **5. Classification :**

#### **a. Classification selon weber et Cech :**

Après avoir réalisé une scintigraphie avec l'application de strontium radioactif, les chercheurs ont pu distinguer les pseudarthroses vitales/réactives, caractérisées par un potentiel de guérison intact, des pseudarthroses avitales/aréactives, présentant un potentiel de guérison compromis.

Les pseudarthroses vitales/réactives comprennent :

- La pseudarthrose hypertrophique, communément appelée « patte d'éléphant », qui se distingue par une abondance de cal.
- La pseudarthrose légèrement hypertrophique, ou « sabot de cheval », caractérisée par une quantité réduite de cal.
- La pseudarthrose oligotrophique, qui ne présente pas de formation de cal.

En revanche, les pseudarthroses avitales/aréactives regroupent :

- La pseudarthrose partiellement nécrotique, ou dystrophique.
- La pseudarthrose nécrotique, causée par une comminution.

- Le défaut osseux, résultant de la perte de fragments intermédiaires, soit suite à un traumatisme, soit à une infection (séquestres).
- La pseudarthrose atrophique, représentant l'état final des trois types précédents, dépourvue de tout potentiel ostéogénique, avec des extrémités partiellement résorbées.

À une certaine distance des extrémités, les fragments osseux principaux conservent une vitalité, tandis que les régions affectées par la pseudarthrose présentent une vascularisation significativement altérée.

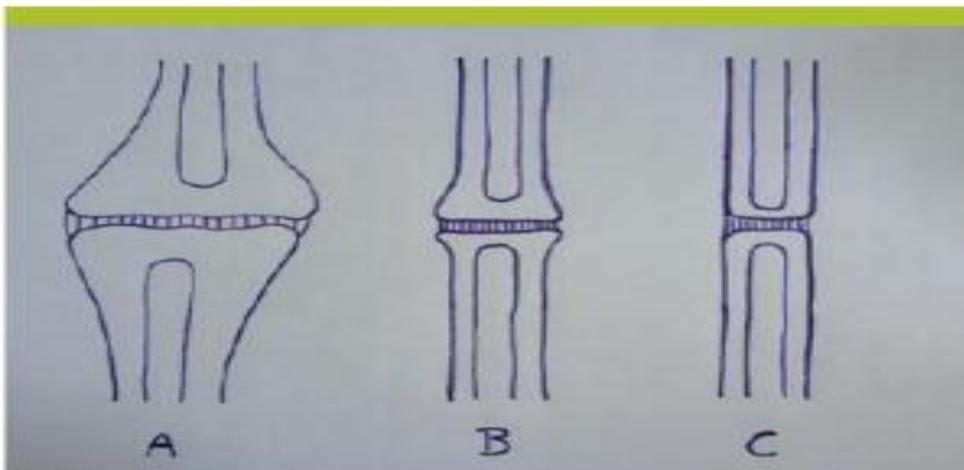


Figure 39:Schéma des PSA vitales

Schéma des pseudarthroses vitales/réactives selon la classification de Weber et Čech  
A. hypertrophique («patte d'éléphant») ; B. légèrement hypertrophique («sabot de  
cheval») ; C. oligotrophique (sans cal).

(E.Thein,F.Chevally.Pseudarthrose des os longs. Revue  
médicales suisse)

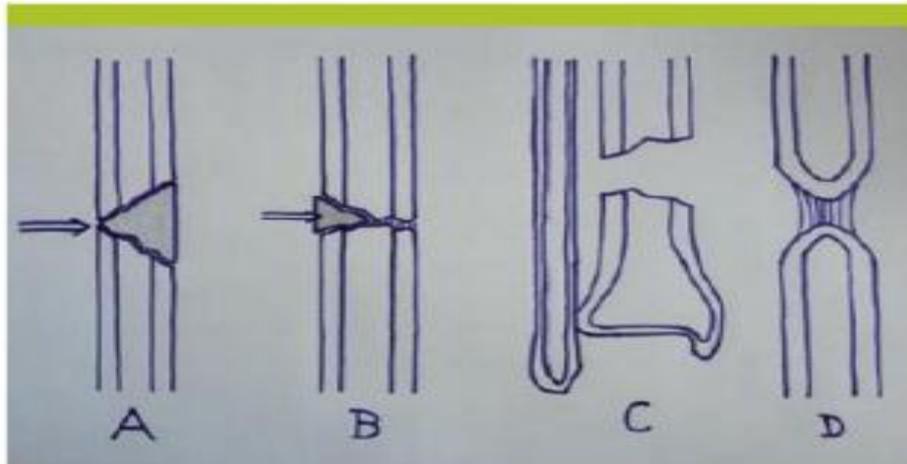


Figure 40:Schéma des PSA avitales

Schéma des pseudarthroses avitales/aréactives selon la classification de Weber et Čech

A. partiellement nécrotique (dystrophique) ; B. nécrotique (par comminution) ; C. défaut osseux ; D.atrophique.(E.Thein,F.Chevally.Pseudarthrose des os longs. Revue médicales suisse)

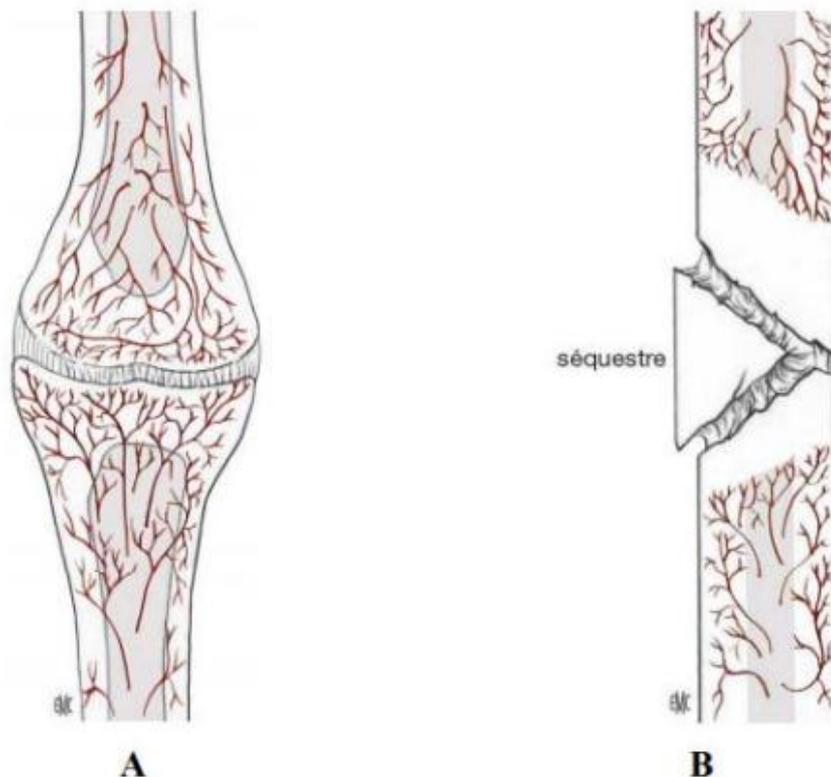


Figure 41:A Pseudarthrose hypertrophique. B Pseudarthrose atrophique avec séquestre[49]

**b .Classification selon des critères radiologiques :**

Il est essentiel, dans un cadre pratique, d'établir une classification simplifiée des pseudarthroses sans recourir à la scintigraphie. Cette classification repose sur des critères radiologiques associés aux différents types de pseudarthroses.

La pseudarthrose hypertrophique (PSA hypertrophique) se caractérise par une stabilité insuffisante, bien que la biologie reste préservée. Sur le plan radiologique, elle se manifeste par une réduction du cal osseux , accompagnée d'une formation osseuse en forme de patte d'éléphant ou de cheval.

**Dans notre série la PSD est hypertrophique chez 05 patients**

En revanche, la pseudarthrose atrophique (PSA atrophique) présente une stabilité adéquate, mais avec une biologie inappropriée. Radiologiquement, ce type se distingue par une formation limitée du cal osseux entourant un tissu fibreux.

**Dans notre série la PSD est atrophique chez 4 patients**

Enfin, la pseudarthrose oligotrophique se situe entre les deux catégories précédentes. Ces formes intermédiaires, également désignées sous le terme de pseudarthroses oligotrophiques, présentent une vitalité modérée et une stabilité suffisante, sans toutefois atteindre la consolidation, et ne peuvent pas être classées de manière exclusive dans l'une ou l'autre des catégories.

**Dans notre série la PSD est oligotrophique chez 2 patients**

## 6. Evolution vers la PSA :

La durée médiane de développement de la pseudarthrose est estimée à 8 mois, tandis que la durée moyenne s'élève à 13 mois. Dans notre série, 10 % des patients ont été repris dans un délai inférieur à 6 mois. Selon la définition clinique de la pseudarthrose, un délai minimum de 6 mois est requis avant de poser ce diagnostic. Ainsi, d'un point de vue sémiologique, 10 % des cas de pseudarthrose au sein de notre échantillon peuvent être considérés comme des unions retardées, présentant un risque élevé d'évolution vers une pseudarthrose.

La majorité des patients (7 sur 11) ont été pris en charge dans une période de 6 à 12 mois, une durée cohérente avec les attentes théoriques. En outre, 18,18 % des patients (2 sur 11) ont nécessité une première intervention après plus d'une année.

La durée d'apparition de la pseudarthrose correspond au laps de temps nécessaire à l'émergence de certains signes cliniques et radiologiques, tels que des douleurs inhabituelles ou persistantes au-delà du délai d'union attendu, ainsi que des manifestations radiologiques typiques.

La variabilité des délais avant les interventions observée dans notre échantillon peut être expliquée par des circonstances spécifiques. Par exemple, un patient a été repris après 3 mois en raison d'un arrêt de l'évolution radiologique du processus de consolidation, associé à une fracture du matériel d'ostéosynthèse. Parmi les 2 patients ayant été réintervenues après 12 mois, 1 patient a présenté une rupture du matériel d'ostéosynthèse, accompagnée d'images radiologiques typiques en « pattes d'éléphant ».

## VI. Traitement de la PSD :

### 1. Historique : [50] [51]

La connaissance des pseudarthroses et leur traitement remonte au XVIIIème siècle. Parallèlement à l'évolution des idées concernant la pathogénie et la physiopathologie des pseudarthroses, différents principes thérapeutiques ont vu le jour. Pendant longtemps, on a pensé que le tissu du foyer de PSA était de mauvaise qualité et devait être réséqué. Ce n'est qu'en 1935 - 1940 que cette notion a été modifiée grâce à PAUWELS, qui obtient les premières consolidations simplement en augmentant la stabilité mécanique du foyer sans l'aborder, apportant une nouvelle conception thérapeutique.

#### 1-1 La Conception Ancienne : PSD= Mauvais Tissu à Réséquer :

En 1760, WHITE donne déjà la notion thérapeutique de résection des foyers de pseudarthrose, afin d'obtenir la consolidation. Il introduit ce faisant la conception de « mauvaise qualité » des tissus pseudarthrosiques.

En 1842, ASTLEY COOPER évoque la nécessité d'évoquer toutes les conditions mécaniques essentielles à la consolidation du cal, c'est à dire le repos et une mise en pression des surfaces fracturaires l'une sur l'autre. Il préconise, lui aussi, de réséquer les extrémités osseuses et de les aviver.

En 1886, HAHN et NUSSBAUM décrivent pour la première fois, les pseudarthroses par perte de substance et préconisent un traitement par greffe du péroné.

La même année, OLLIER évoque également la nécessité de résection des pseudarthroses avec BURN qui rapporte 440 cas de résection.

En 1918, MATTI comme l'avait décrit ASTLEY COOPER, met l'accent sur l'importance de la stabilité mécanique à apporter dans le traitement des pseudarthroses et recommande le fixateur externe de LAMBOTTE.

En 1920 ALBEE, 1921 HOFMANN, 1922 LEXER : Insistent à nouveau, sur la mauvaise qualité des tissus pseudarthrosiques, considérant que le tissu fibreux situé dans le foyer a perdu tout pouvoir d'ossification et basent leur traitement sur : la résection de la totalité de la pseudarthrose, l'ouverture du 3<sup>e</sup> canal médullaire et la stimulation de l'ostéogenèse osseuse corticale. Cette conception « d'inactivité biologique » des foyers de pseudarthroses, a conditionné beaucoup de chirurgiens qui ont mis au point des techniques variées visant à apporter le stimulus biologique qui semblait tant faire défaut : la greffe osseuse.[52]

### **1-2 les nouveautés dans le traitement de la pseudarthrose**

Entre 1935 et 1940, grâce aux travaux de PAUWELS, une nouvelle perspective sur la pseudarthrose a émergé, soulignant le caractère vivant du tissu pseudarthrosique, qui peut consolider sous des conditions mécaniques et biologiques favorables.

PAUWELS a mis l'accent sur l'importance des facteurs mécaniques dans l'étiopathogénie et le traitement des pseudarthroses, contestant pour la première fois l'idée d'une infériorité biologique des tissus concernés.

Il a ainsi réussi à obtenir des consolidations sans intervention directe sur le foyer pseudarthrosique, posant les bases du traitement biomécanique de cette condition.

Par la suite, des avancées significatives dans les dispositifs d'ostéosynthèse ont influencé le traitement des pseudarthroses, notamment :

- Le développement de plaques de compression, avec des contributions notables de DANIS (1949), RAZEMAN (1955), DECOULT et RAZEMAN (1956), et MULLER (1960) qui a introduit des compresseurs de plaques et des plaques auto-compressives.
- L'introduction de l'enclouage médullaire par KUNTSCHER (1940–1962) et MULLER et ses collaborateurs.
- L'innovation des fixateurs externes, notamment par GREIFENSTEINER (1946), KLARMANN et WUSTMANN (1948), ainsi que MULLER et ALLGOWER (1958), et R. et J. JUDET (1959–1962).

Ces différentes techniques ont démontré que les tissus pseudarthrosiques ne présentent pas toujours une qualité biologique inférieure. Au contraire, ils peuvent souvent réagir et s'ossifier dès qu'une stabilisation mécanique est appliquée. En 1952, KING a renforcé cette notion en augmentant la stabilité par la compression des foyers pathologiques.

En 1958, BERNARD a suggéré que l'application de pression positive sur les pseudarthroses pourrait rendre l'utilisation de greffes osseuses superflue. Enfin, en 1960, JUDET a franchi une étape clé dans la compréhension des désordres biomécaniques associés à la pseudarthrose, en différenciant les pseudarthroses « en

patte d'éléphant », qui peuvent se consolider par simple stabilisation mécanique, des pseudarthroses atrophiques nécessitant une greffe osseuse.

B. G. Weber et O. Čech ont publié, en 1973, sur l'expérience des résultats obtenus d'environ 700 cas traités à St-Gall et à Prague, un monographe qui a offert un concept novice sur la pathophysiologie des pseudarthroses et introduit des guidelines thérapeutiques claires dans la pratique clinique. Celles-ci ont été validées depuis 40 ans, et la majorité d'entre elles reste valable de nos jours [53]

## 2. Le but et le principe du traitement :

Le but final du traitement est :

- La consolidation osseuse.
- L'utilisation indolore et la récupération de la fonction de l'extrémité concernée.

La consolidation osseuse est un processus dynamique qui est conditionné par plusieurs facteurs.

Le diamond concept décrit cinq conditions qui en sont les bases :

la disponibilité de médiateurs ostéo inducteurs, de cellules ostéogéniques, d'une matrice ostéo conductrice, d'un environnement mécanique optimal, d'une vascularisation adéquate, ainsi que la prise en compte des comorbidités existantes du patient [54]

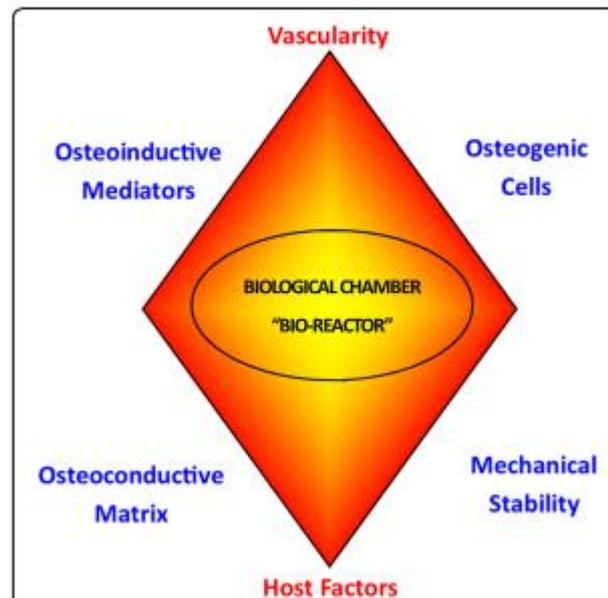


Figure 42:Le modèle "Diamond concept" de la consolidation osseuse

### 3.Abord du foyer :[49]

Tout le tissu fibreux de la pseudarthrose doit être excisé. L'os nécrotique, notamment en cas de pseudarthrose atrophique, doit être retiré. En général, le foyer de pseudarthrose doit être démonté et le canal médullaire reperméabilisé .

#### a. Parage du foyer :

Ce geste, destiné à exciser tout le fibreux de la pseudarthrose n'est en général pas nécessaire. Il risque de déstabiliser le foyer surtout s'il s'agit d'une pseudarthrose serrée. Il n'amène pas une consolidation plus rapide mais contribue à une dévascularisation plus importante. Parfois, ce parage peut être nécessaire pour la correction d'une déviation axiale, en permettant une meilleure mobilisation des fragments.

### **b . Reperméabilisation du canal médullaire :**

Elle impose un démontage du foyer avec les inconvénients cités précédemment si elle est réalisée à ciel ouvert. L'alésage du foyer de pseudarthrose, quand il est possible, permet de ne pas aborder le foyer et de réaliser un apport osseux par le produit d'alésage.[55]

### **d. Excision de l'os nécrotique :**

La conduite à tenir vis-à-vis de l'os nécrotique n'est pas univoque. En effet, si tout séquestre doit être enlevé, il ne faut pas réaliser une excision extensive conduisant à une perte de substance massive de réparation difficile. Seules les pseudarthroses septiques peuvent imposer de tels gestes .l'excision doit, dans ce cas, être complète, quel que soit le sacrifice osseux qui en résultera, pour obtenir l'assèchement du site.

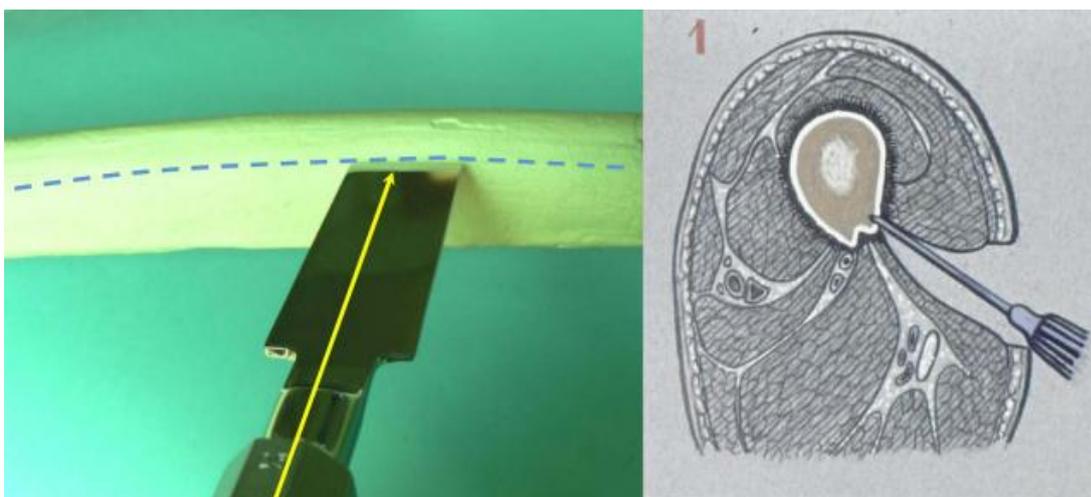
## **4.Stimulation de l'ostéogénèse :**

### **a. Décortication :**

Elle peut être utilisée isolément, ou faire partie de la voie d'abord dans le cadre d'autres techniques. Elle doit être considérée comme une greffe osseuse vascularisée. Son principe a été clairement exposé par Robert Judet[48], père de la technique : «C'est une portion vivante qui reste sur place, qui est simplement séparée de l'os, et à laquelle on confie la tâche de se ressouder à l'os et, en même temps qu'elle se ressoude à l'os, d'entraîner le processus de consolidation de cet os lui-même.»[56]

L'intervention consiste à aborder un segment osseux linéairement avec les ciseaux à frapper et de façon aussi directe que possible, c'est-à-dire selon des voies d'abord classiques et sans aucun décollement. À partir d'une ligne de référence dans

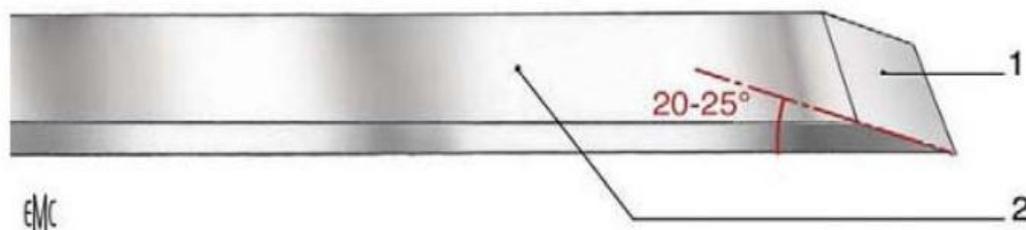
le fil de l'os, la progression de l'avivement est intracorticale, longitudinale et circonférentielle, en proscrivant tout dépériostage à la rugine. De fins copeaux de 1 à 2 millimètres d'épaisseur sont détachés en préservant leur adhésion aux parties molles, sur une dizaine de centimètres à cheval sur le foyer de pseudarthrose. Le vaste fourreau ostéo-musculaire progressivement libéré constituera le réceptacle des temps ultérieurs de l'intervention, qu'il s'agisse d'un apport osseux, d'une ostéotomie ou de toute forme d'ostéosynthèse. Ce fourreau restant fragile, chaque temps de sa découpe doit être protégé du suivant par une exposition atraumatique à l'aide de lames malléables mousses ou de larges écarteurs de Farabeuf ou contre-coudés.[57]



**Figure 43:L'attaque de l'os sans dépériostage et de façon radiaire.**

L'arsenal se résume à un bon marteau et à des ciseaux. Le marteau, certes, assure la progression du ciseau mais aussi apporte des impressions tactiles et auditives. Le marteau « bourgeois », dit de Robert Judet, est souvent préféré au classique maillet chirurgical, car mieux équilibré et plus stable en main. Plus importants encore sont les ciseaux : il faut disposer de ciseaux à os . Leur manche doit être assez volumineux pour autoriser une tenue ferme à pleine main, leur lame fine, mais néanmoins assez rigide pour ne pas s'incurver lors des efforts transmis par la main de l'opérateur. Une

épaisseur de 20 à 25 dixièmes de millimètres est adaptée. Enfin et surtout, la lame doit être de morphologie asymétrique, présentant comme les ciseaux à bois un côté plan ou « planche » et un côté oblique ou « biseau ». L'angle dièdre formé par le biseau et la planche doit avoisiner 25°.



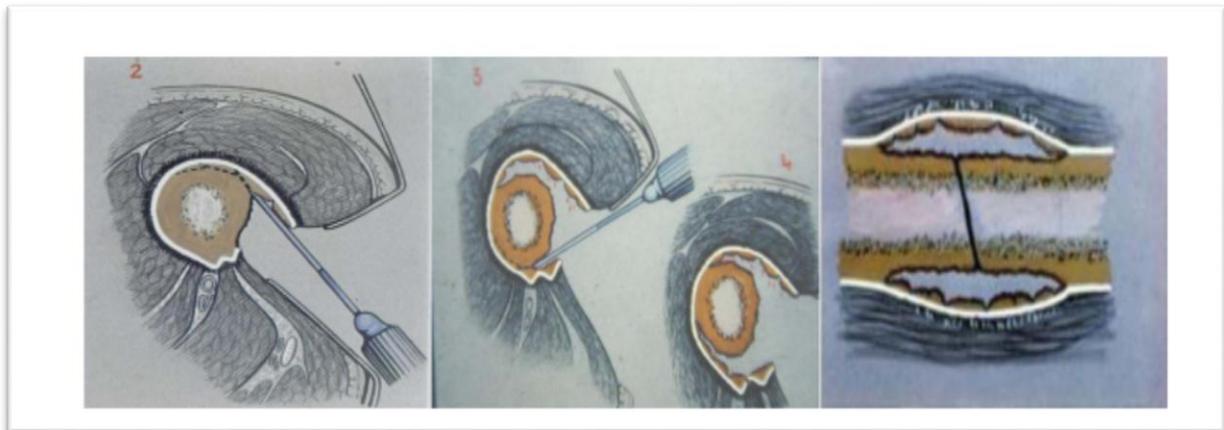
**Figure 44: Ciseau à décortiquer. 1. Biseau ; 2. Planche.**

L'abord osseux doit se faire par la reprise d'une ancienne cicatrice ou une voie d'abord anatomique aussi directe que possible. C'est la première difficulté : les parties molles doivent être écartées de façon prudente pour éviter de les décoller de l'os, et pour la même raison, rugines et écarteurs contrecoudés sont formellement proscrits. On accède ainsi directement à la corticale osseuse selon une ligne imposée par l'abord choisi. À ce stade, il est souvent difficile de localiser l'exact niveau du foyer de pseudarthrose qui souvent ne sera précisé qu'une fois levé les premières rangées de copeaux.

Le premier temps de la décortication consiste à matérialiser cette ligne par le tracé d'une ligne d'attaque : un ciseau large est utilisé plein fil selon l'axe du segment osseux et dans une direction, autant que possible radiaire, perpendiculaire à la surface corticale qui, rappelons-le, n'est à ce stade pas visible. C'est à partir de cette ligne tracée au ciseau dans l'axe de l'os sur une hauteur de dix à quinze centimètres, que va débiter la décortication. C'est la deuxième vraie difficulté : que ce soit vers l'avant ou vers l'arrière,

il faut que cette attaque du ciseau soit à peu près tangente à la surface osseuse, avec quelques degrés d'angle d'attaque, le fil et la planche du ciseau fortement appliqués sur la surface corticale, ceci alors que l'on n'a pas encore de vue directe sur la corticale. [57]

les copeaux et surtout leurs pédicules sont protégés par la mise en place de deux lames malléables larges et modelées pour être de forme contre -coudée, exposant au mieux l'os et protégeant le fourreau de décortication . Enfin, ces copeaux sont hémorragiques, leur face profonde laissant perler une « rosée sanglante », témoin de leur bonne vascularisation



**Figure 45:La création du « fourreau » de décortication sur 8 à 12 cm de long.**



**Figure 46:La protection de la décortication par des lames malléables ou des écarteurs contre -coudés**

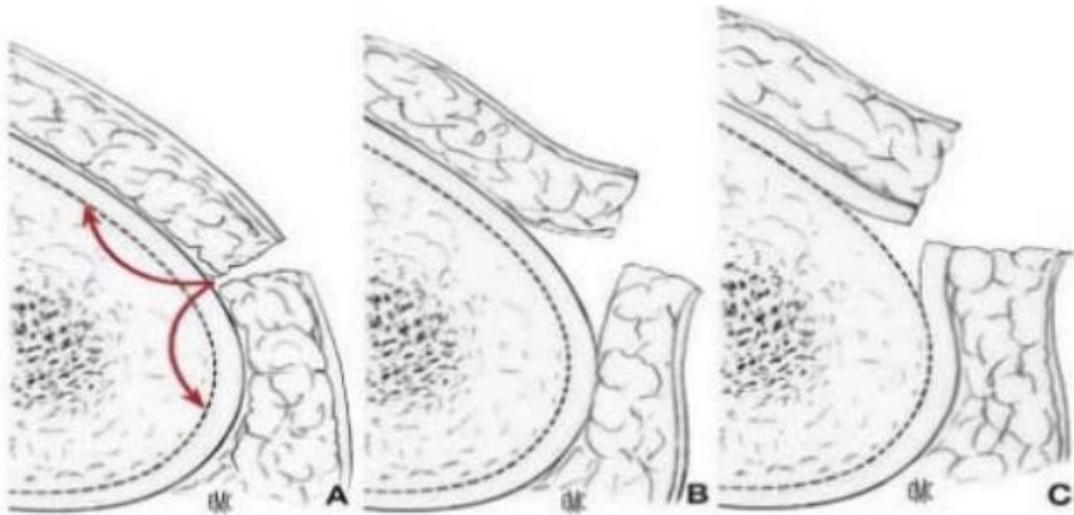


Figure 47:Schéma objectivant les principes de la voie d'abord dans la décortication.

A. D'emblée jusqu'à l'os.

B. Pas de décollement sous-cutané.

C. Pas de décollement périosté

(Traitement chirurgical des pseudarthroses diaphysaires aseptiques. J. Brilhault.EMC

Rhumato-orthopédie)

La décortication doit pouvoir être effectuée dans de bonnes conditions si la chronologie suivante est respectée :

- Faire l'entaille du premier copeau ostéopériosté, planche contre l'os, pour obtenir une entaille de 2 à 3 mm de profondeur .
- Retourner le ciseau et travailler le biseau contre l'os, progressivement, le ciseau remontant à la surface en détachant un copeau ostéomusculaire de bonne épaisseur
- Recommencer de la même façon pour le copeau suivant.

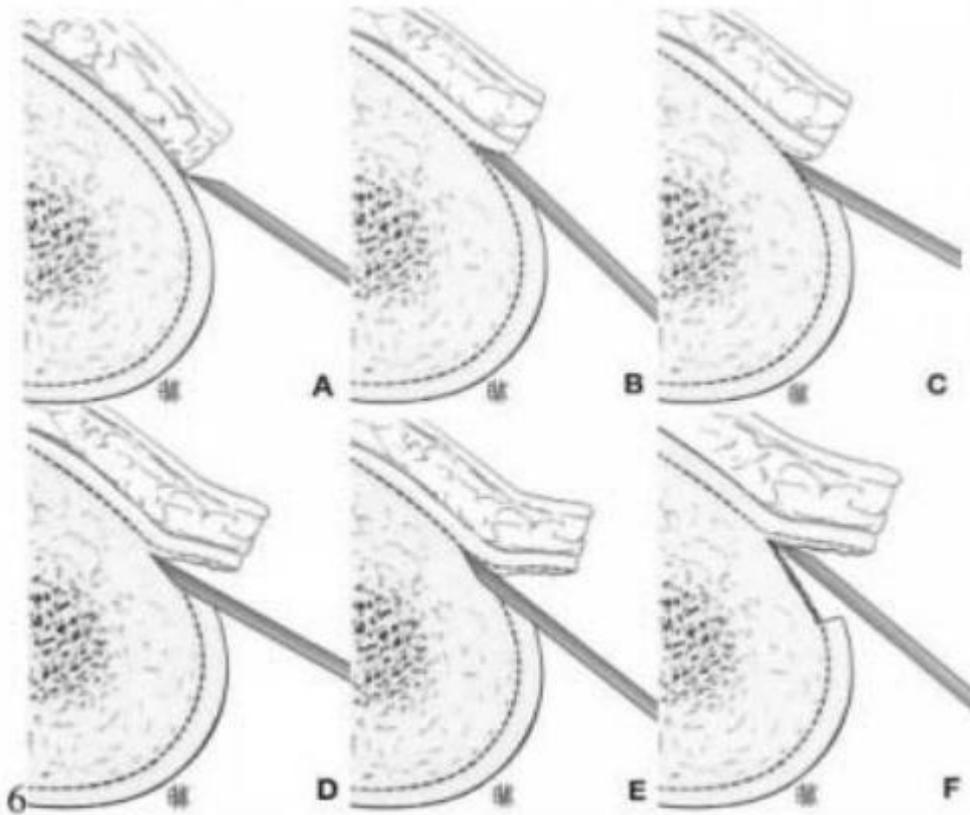


Figure 48:Maniement du ciseau au cours de la décortication (A àF).

(Traitement chirurgical des pseudarthroses diaphysaires aseptiques. J. Brillhault.EMC  
Rhumato-orthopédie)

**b . Greffe osseuse :**

C'est certainement la plus ancienne des thérapeutiques. Elle consiste, après curetage et avivement du foyer de fracture, à déposer au sein de ce dernier des greffons autologues prélevés à différents endroits qui joueront le rôle de consolidation et de comblement d'un défaut osseux parcellaire ou segmentaire. Les greffons peuvent être de trois types : spongieux, cortico-spongieux ou corticaux.

La greffe spongieuse: ces greffons ont le plus grand potentiel ostéogénique mais ne fournissent pas un soutien structurel.

La greffe cortico-spongieuse: Ces greffons sont généralement prélevés au niveau de la crête iliaque. Ils offrent plus de soutien structurel que les greffes spongieuses pures et sont fréquemment utilisés pour ponter un défaut osseux .

La greffe corticale pure: Ces greffons sont prélevés à partir de la crête iliaque ou du péroné .Ils sont utilisés pour combler les défauts et fournir un soutien mécanique immédiat. L'union aux deux extrémités rétablit rapidement l'intégrité mécanique. Le prélèvement de greffe corticale augmente la morbidité du site donneur.

Sur le site receveur, les greffons corticales ont une incorporation plus lente que les greffons spongieuses, une revascularisation moins rapide et fournissent moins de cellules ostéogéniques ainsi que de facteurs de croissance.

Quelle que soit la technique retenue, l'apport de greffons spongieux est toujours bénéfique.

Ces greffons se défendent bien contre l'infection, ils induisent une ostéogénèse rapide, et peuvent être placés dans les moindres recoins sans problème. À l'inverse, la greffe corticale pure, qui a une réhabilitation lente et se défend mal contre l'infection. Son prélèvement entraîne toujours la fragilisation du segment de membre donneur. Employée seule, sans synthèse de complément, elle n'assure pas, quel que soit le mode de fixation, une stabilisation satisfaisante du foyer de pseudarthrose. Elle est actuellement abandonnée.

➤ Technique de prise de greffons :

Prise de greffons dans la crête iliaque antérieure :

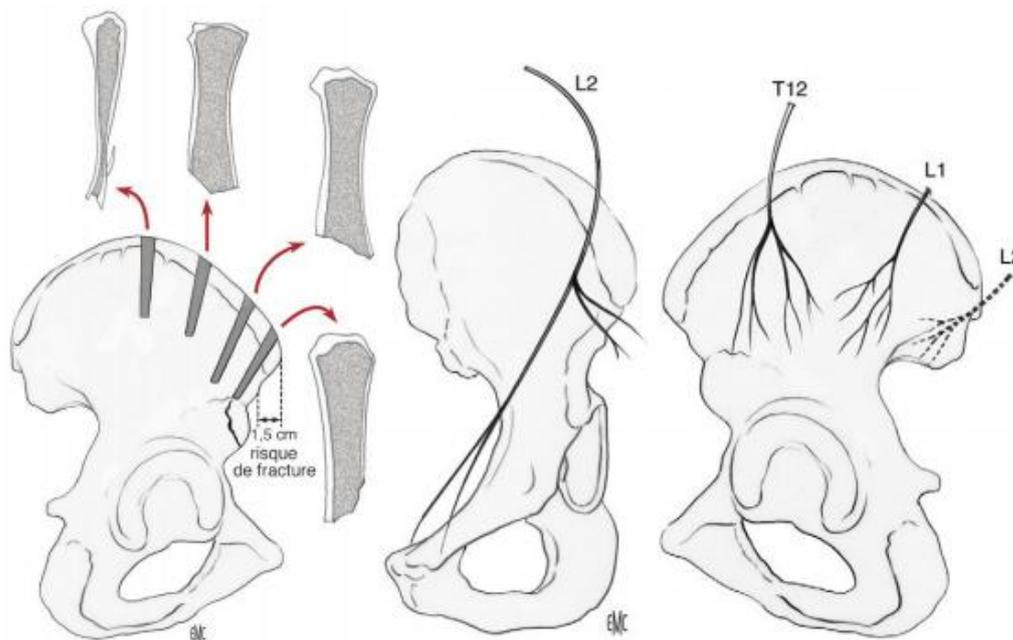
Le site donneur le plus couramment utilisé est la crête iliaque. Selon la position du patient, on utilise soit la crête iliaque antérieure qui procure de 5 à 10mL d'os spongieux, soit, si cela est possible, la crête iliaque postérieure qui permet d'obtenir jusqu'à 30 mL d'os spongieux [58]

L'accès de la crête iliaque antérieur est facile, le patient peut être installé en décubitus dorsal ou latéral et elle permet de prélever des greffons corticospongieux d'excellente qualité bien que d'un volume de spongieux peu important

Les complications à éviter sont :

- l'atteinte du nerf fémorocutané ;
- la fracture de l'épine iliaque antérosupérieure ;
- la lésion de la branche postérieure du 12e nerf thoracique
- la perforation de l'aile iliaque

Deux rapports nerveux sont à retenir. Le nerf cutané fémoral latéral (branche du plexus lombaire) et les branches du 12 e nerf thoracique.



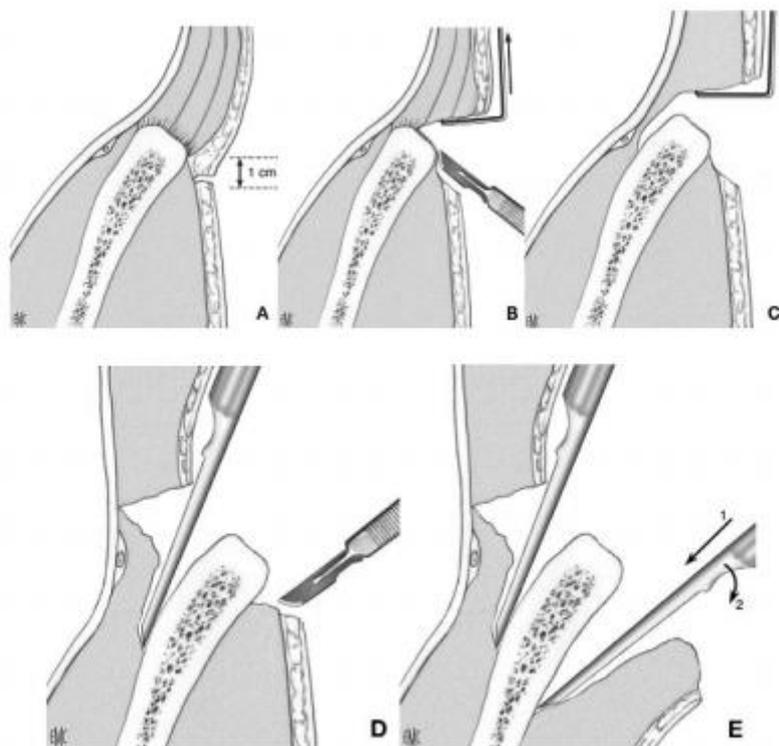
**Figure 49:A : Architecture osseuse de l'aile iliaque. B :Rapports neurologiques de l'aile iliaque**

**(Traitement chirurgical des pseudarthroses diaphysaires aseptiques. J. Brillhault.EMCRhumato-orthopédie)**

➤ **Exposition de la crête iliaque antérieure :**

Exposition de la crête iliaque antérieure. L'installation du patient se fait le plus souvent en décubitus dorsal avec un coussin sous la fesse homolatérale.

L'incision débute 1,5 cm en arrière de l'épine iliaque antéro supérieure pour ne pas léser le nerf cutané fémoral latéral et ne pas fracturer l'épine iliaque antéro supérieure en taillant un greffon trop antérieur ; L'incision cutanée est habituellement réalisée 1 cm sous la crête car les muscles de l'abdomen retombent « en besace » sur la crête .



**Figure 50: Exposition de la crête iliaque antérieure (A à E).[49]**

**(Traitement chirurgical des pseudarthroses diaphysaires aseptiques. J. Brilhault.EMC  
Rhumato-orthopédie)**

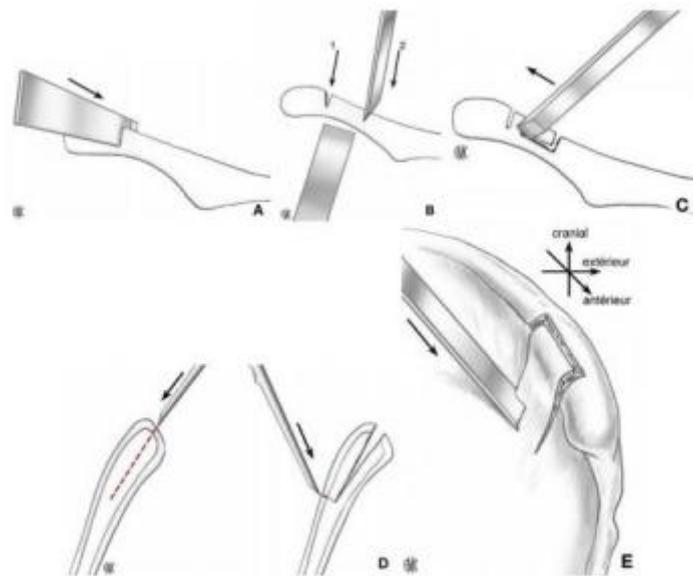
Il faut repérer le bord inférieur des muscles abdominaux et relever ceux-ci jusqu'au bord supérieur de la crête (respecter le 12 e nerf intercostal en arrière du tubercule du moyen fessier). Il faut ensuite décoller le périoste au bistouri du bord externe au bord interne de la crête puis désinsérer toujours au bistouri le muscle iliaque de la crête jusqu'à voir la zone musculaire sur toute l'étendue du prélèvement.

**Prise d'un greffon corticospongieux :**

Le greffon doit être pris sur la face interne, respectant ainsi les fessiers et le galbe de la crête.

Il faut mesurer au préalable la taille requise pour le greffon. Amorcer les coupes antérieure et postérieure au ciseau à os à partir du bord interne de la crête, sans

dépasser son milieu. La dernière coupe est réalisée, dans le plan de l'aile iliaque, au petit ciseau (en attaquant du coin du ciseau), en suivant le sommet de la crête entre les coupes précédentes. Il faut ensuite s'étendre en profondeur avec des lames de Pauwells en faisant attention ne pas perforer l'aile iliaque. Enfin, il faut rompre la corticale avec un ciseau à os [49] .



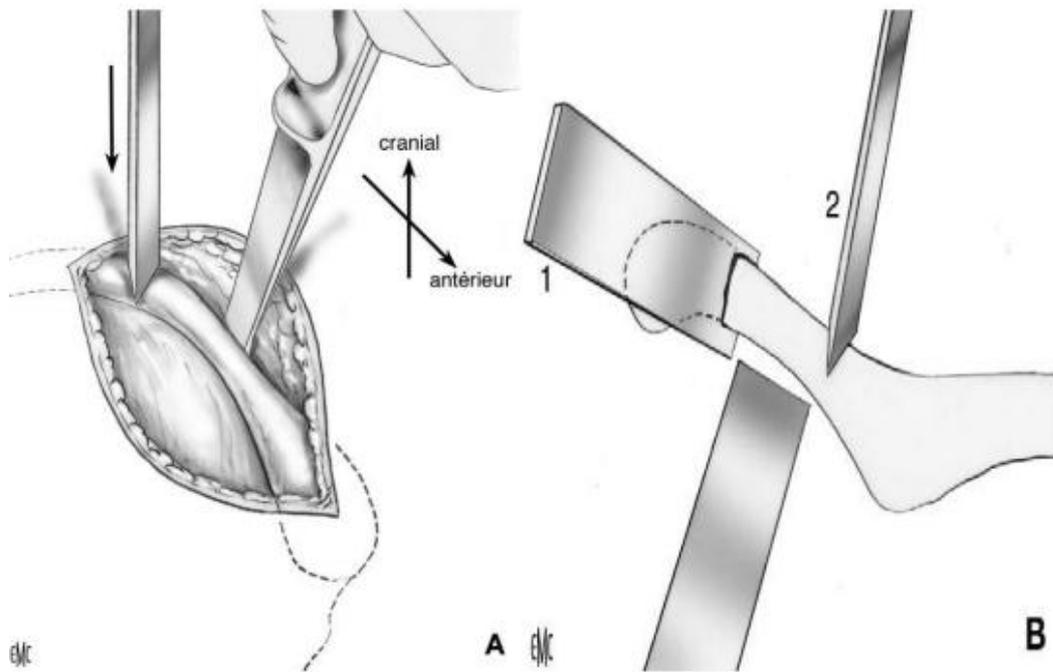
**Figure 51:Prélèvement d'un greffon corticospongieux iliaque antérieur (A à E) [49]**

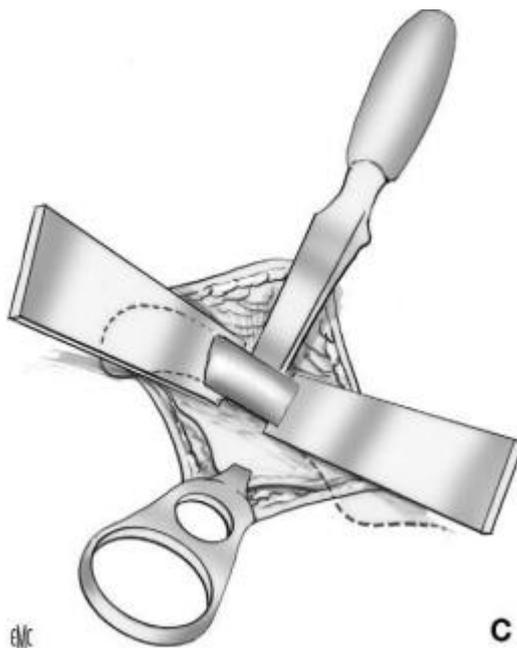
**Prise d'un greffon en pleine crête (tricortical) :**

Le site de prélèvement (antéropostérieur) et l'orientation du ciseau sont en fonction de la forme désirée pour le greffon et de la courbure de la crête iliaque. La zone de prélèvement (théorique) débute à 1,5 cm en arrière de l'épine iliaque antéro supérieure pour se prolonger jusqu'à 3cm en arrière du tubercule du moyen fessier où se situe la partie la plus mince de l'aile iliaque. Une fois le site de prélèvement localisé, il faut réaliser la coupe postérieure

Dans le cas particulier de la prise de deux greffons de pleine crête juxtaposés, il faut réaliser successivement les traits d'ostéotomie suivants en laissant en place une

lame de Pauwells dans chacun d'eux : trait antérieur, trait intermédiaire et enfin trait postérieur. Il ne faut pas libérer les deux greffons ensemble car le prélèvement complet du premier greffon rendrait difficile la prise du greffon adjacent. En effet, le défaut d'appui lié au défaut du premier greffon risque de fragiliser le second greffon lors de son prélèvement.





**Figure 52:Prélèvement d'un greffon tricortical sur l'aile iliaque antérieure (A, B, C).**  
**(Traitement chirurgical des pseudarthroses diaphysaires aseptiques. J. Brillhault.EMC**  
**Rhumatoorthopédie)**

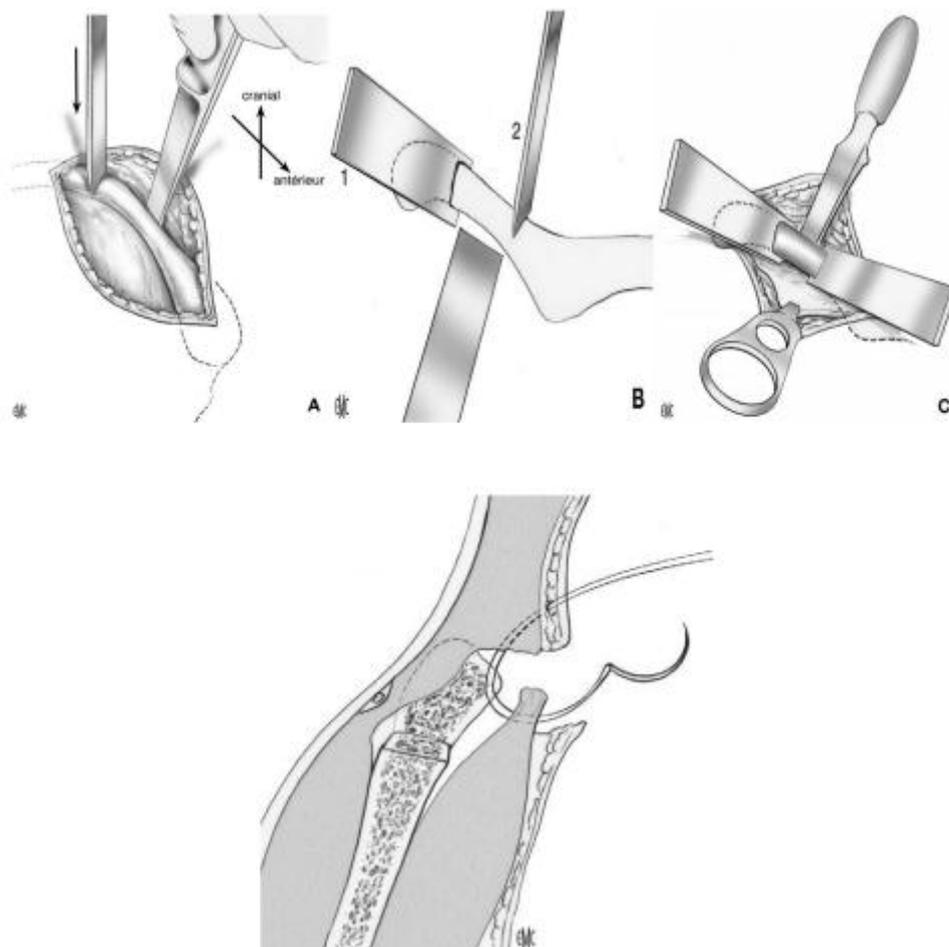
**Fermeture :**

Il faut suturer les aponévroses de fessiers et du muscle iliaque pour éviter les hernies.

Vérifier qu'aucune compresse n'a été oubliée (et ne pas se fier au simple compte de celles-ci). Un drain de Redon sous-cutané est positionné (En évitant le nerf cutané fémoral latéral lors du passage de l'aiguille à l'aine)

Les complications à éviter sont :

- l'atteinte du nerf fémoro-cutané ;
- la fracture de l'épine iliaque antéro-supérieure ;
- la lésion de la branche postérieure du 12ème nerf thoracique
- la perforation de l'aile iliaque ;
- l'oubli de compresses lors de la fermeture.



**Figure 53: Fermeture**

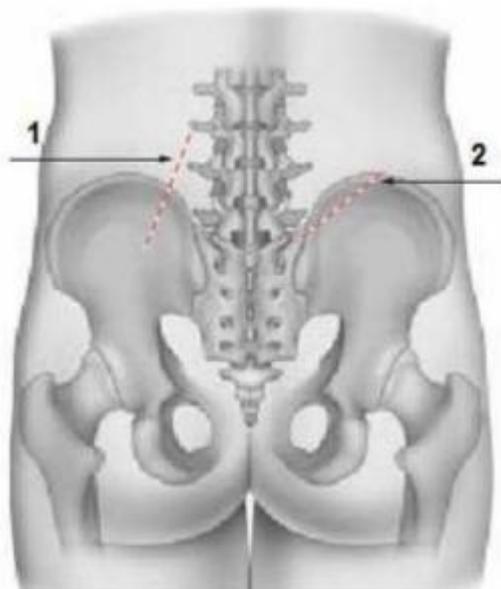
**(Traitement chirurgical des pseudarthroses diaphysaires aseptiques. J. Brilhault. EMC  
Rhumato-orthopédie)**

**Prise de greffons dans la crête iliaque postérieure :**

Elle permet de prélever des greffons de grand volume et si nécessaire sur les deux crêtes dans une même installation. Cette installation se fait en décubitus ventral, le patient reposant sur les abords en postopératoire. Il n'est pas possible de prélever de greffon tricortical du fait de la présence de l'articulation sacro-iliaque. Cette zone de prélèvement a été rapportée pour être la moins pourvoyeuse de douleurs postopératoires [59].

Les complications à éviter sont :

- la lésion des branches postérieures des premier et deuxième nerfs lombaires
- l'ouverture de l'articulation sacro-iliaque
- la plaie de l'artère fessière dans l'échancrure sciatique
- l'oubli de compresses lors de la fermeture.



**Figure 54:Trajets de l'incision utilisés pour le prélèvement d'un greffon iliaque postérieur**

Ce type d'abord épargne les filets nerveux sensitifs qui ont une orientation oblique en bas et en dehors.

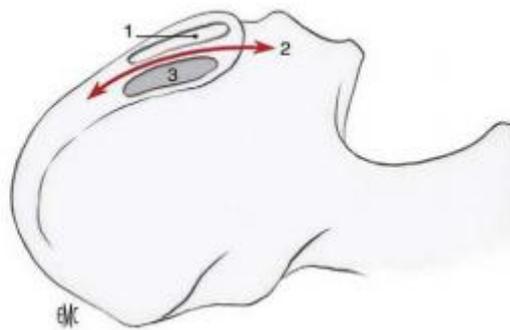
1. Incision recommandée ;

2. Incision habituelle.

L'incision cutanée doit être perpendiculaire au grand axe de la crête et parallèle aux rameaux nerveux cutanés pour limiter les lésions de ces derniers (et donc les douleurs postopératoires).

L'incision du périoste se fait entre les insertions du grand fessier et de l'aponévrose lombaire (Figure 35 ).

Il faut ensuite mettre à nu la crête au bistouri. La fosse iliaque externe est exposée à la rugine. Cette exposition est maintenue à l'aide d'un écarteur de Homman planté dans l'os iliaque.



**Figure 55:Exposition de la crête iliaque postérieure. 1. Zone d'insertion de l'aponévrose lombaire ; 2.siège de l'incision du périoste ; 3.zone d'insertion du grand fessier.**

**Différentes techniques représentent des alternatives à l'apport spongieux :**

➤ **L'alésage :**

Le produit d'alésage peut réaliser un apport spongieux au foyer de pseudarthrose. Il peut être employé seul en dehors de l'enclouage centromédullaire.

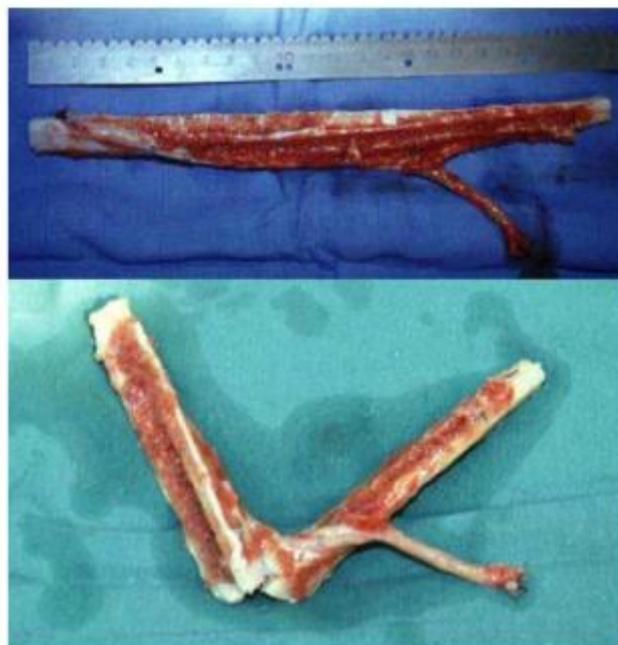
➤ **Les greffes vascularisées :**

Les greffes osseuses vascularisées par rapport aux autogreffes ou allogreffes conventionnelles ont fait la preuve de leur supériorité en termes de taux et de délai de consolidation. Les pertes de substances supérieures à 7 cm sont de classiques indications de transferts osseux vascularisés [60]

Les greffes vascularisées, elles, consolident rapidement à l'interface greffon-hôte. Malgré leurs propriétés mécaniques, ces greffes doivent être stabilisées par une ostéosynthèse interne ou externe pour les protéger de fractures pendant leur période d'hypertrophie [61]

Le transfert osseux libre vascularisé (péroné, crête iliaque, côte) est actuellement bien connu en chirurgie osseuse des tumeurs malignes et pseudarthroses. Les micro-anastomoses vasculaires ont transformé la guérison osseuse par réhabilitation progressive en consolidation simple du site fracturaire. [62]

Les greffes vascularisées ont prouvé leur supériorité par rapport aux autogreffes et aux allogreffes en termes de taux et de délai de consolidation. La littérature rapporte un taux de consolidation de 83% à 100% avec un délai de 5,1 à 7,5 mois .



**Figure 56:Fibula prélevée avec son pédicule vasculaire dans sa portion proximale**

➤ Greffe selon papineau :

L'intervention de Papineau consiste en une excision-greffe à ciel ouvert réalisée en deux étapes. La stabilisation du site opératoire est cruciale, étant généralement effectuée à l'aide d'un fixateur externe. La qualité de l'excision est évaluée par l'apparition d'un bourgeon charnu recouvrant intégralement la cavité. La greffe est effectuée entre le 10<sup>ème</sup> et le 15<sup>ème</sup> jour post-excision. La cicatrisation est obtenue par épithémisation de la surface. Dans une étude menée par la Société Orthopédique de l'Ouest (SOO), portant sur 14 cas traités au niveau de la diaphyse fémorale, le traitement par Papineau a permis d'atteindre un taux de guérison de 100 % des patients. [56]

Pour Lortat-Jacob[63], le traitement par Papineau, en dehors des complications liées au traitement des pseudarthroses infectées (raideur, infection itérative), expose à un certain nombre de complications spécifiques qui sont les problèmes cutanés et la difficulté d'obtenir un os mécaniquement fiable.

Cette méthode thérapeutique, qui permet d'apporter de l'os là où il en manque – sans souci de la couverture cutanée immédiate et avec une bonne assurance de consolidation –, doit du fait de sa morbidité rester d'indication exceptionnelle

➤ Céramique phospho -calcique :

Ces céramiques sont bioactives, ont donc des échanges chimiques avec les tissus vivants.

Après implantation, elles sont dissolues et dégradées suivant leurs compositions et leurs structures, ce qui aboutit à la précipitation des cristaux d'apatite: processus de calcification.

Ensuite peut se produire le processus d'ostéoconduction et de remodelage osseux haversien.

Leur utilisation est aisée pour combler des pertes de substance. En cas d'extrusion dans une articulation, elles ne se dissolvent pas.

Perrier et al [64] ont obtenu 80% de consolidation de pseudarthroses de la diaphyse humérale traitées par greffe de céramique phosphocalcique et greffe de moelle osseuse autologue.

Actuellement les indications reconnues restent surtout les fractures fraîches avec perte de substance osseuse épiphysaire où elles semblent être aussi efficaces que les greffes osseuses autologues[65].

➤ **Les autres traitements adjuvants :**

✓ **L'injection de moelle osseuse :**

La moelle osseuse a un potentiel ostéogénique intrinsèque en raison de la présence de cellules ostéoprogénitrices.

Elles fournissent des cellules précurseurs associées éventuellement à un échafaudage porteur, ainsi permet d'augmenter la réponse ostéogénique du foyer de pseudarthrose. Hernigou [66], a précisé la technique :

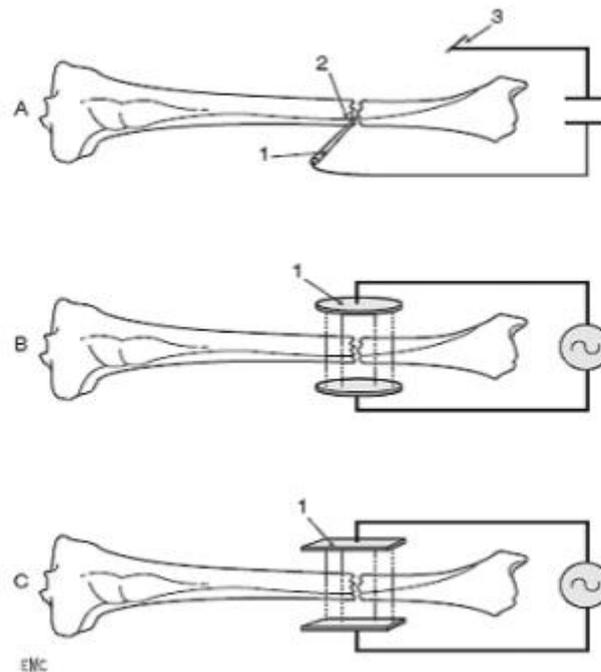
La moelle est prélevée au trocart dans la partie antérieure des deux crêtes iliaques, au besoin par deux équipes. Environ 300 cm<sup>3</sup> sont ainsi prélevés. La centrifugation permet ensuite de ne conserver que les cellules nucléées qui sont réinjectées dans le foyer ou à proximité.

La moelle osseuse peut être associée à un support comme le collagène, l'os déminéralisé, et les polymères d'acide polylactique ou polyglycolique, et les céramiques phosphocalciques qui constituent un excellent support. Plusieurs études ont montré l'efficacité de cette technique dans le traitement de PSA notamment Hernigo [67] rapporte 28 cas de succès sur 35 cas de non consolidation, Ainsi, Cette solution paraît très prometteuse pour la réparation des larges pertes de substance osseuses, mais elle nécessite un laboratoire à proximité.

✓ **Les champs électromagnétiques pulsés :**

Deux électrodes sont posés sur le membre de manière opposée vont délivrer des ondes électromagnétiques. Quand les ondes sont pulsées, un courant faible, similaire à celui créé par l'os en réponse à une déformation, traverse les tissus. Ce courant déclenche la minéralisation du foyer et induit la consolidation. L'utilisation clinique des champs électromagnétiques dans le traitement des PSA date des années 70 avec un taux de consolidation proches de 80% [68]

Xu et al [69] ont étudié l'efficacité des ondes pulsées dans 69 cas. La consolidation est acquise dans 75,4 % des cas mais cette étude n'a pas mis en évidence d'efficacité sur les pseudarthroses atrophiques.



**Figure 57:Techniques de stimulation électrique et électromagnétique (d'après Ryaby).[70]**

**A. 1. Électrode introduite dans le foyer de fracture ; 2. cathode ; 3. anode.**

**B. Stimulation par champ électromagnétique. 1. Bobine.**

**C. Stimulation par courant alternatif. 1. Électrodes appliquées sur la peau avec un gel conducteur**

✓ **Les ultrasons pulsés de basse intensité :**

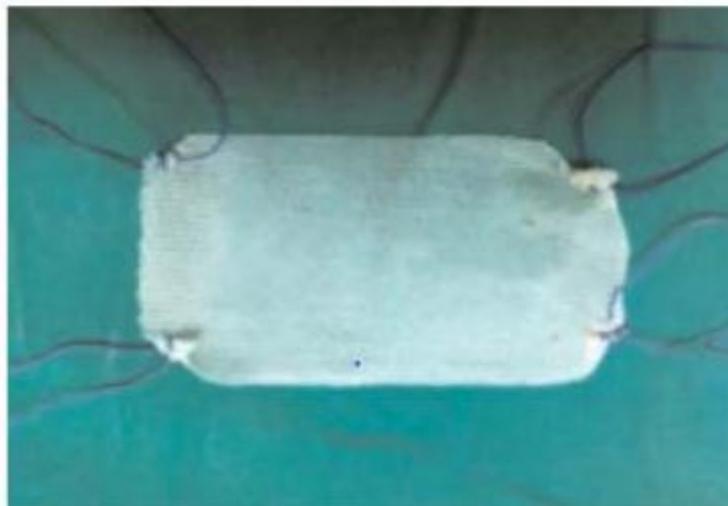
Le principal avantage de la stimulation électrique est son risque minimal. Pour cette raison, de nombreux chirurgiens choisissent d'utiliser comme un traitement adjuvant pour les pseudarthroses fémorales difficiles avec enclouage centromédullaire ou plaque [71]. Stein et al. [72] retrouvait un taux de consolidation de 88 % (16 patients sur 18).

Dans les séries de Gebaeur et al [73] et Nolte et al [74] , le taux de consolidation obtenue était respectivement de 70 % et 87 %.

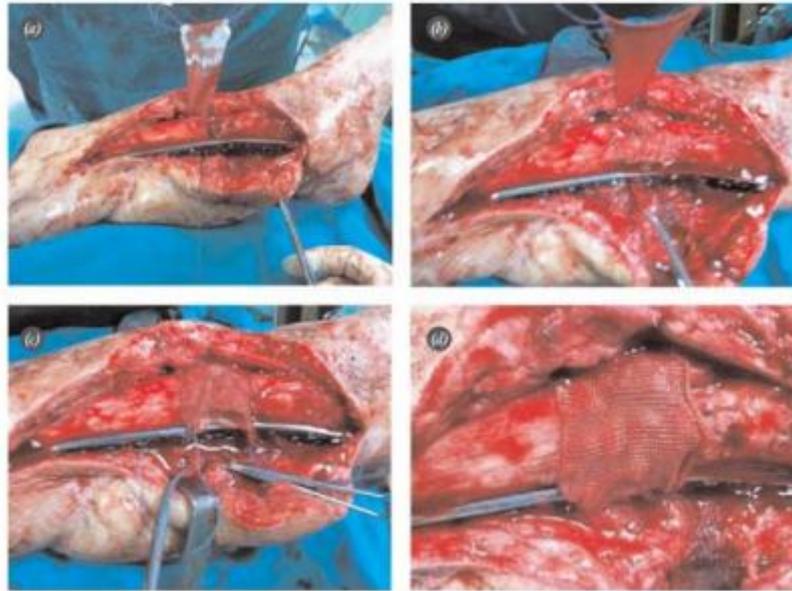
✓ **Méthode de Hyalonect :**

L'utilisation d'Hyalonect semble être une méthode sûre avec un impact positif sur l'union dans le traitement chirurgical de la pseudarthrose, en particulier en l'absence de toute infection.[75]

TEKIN et al [75] a rapporté un taux de consolidation de 100% chez tous les patients ayant une pseudarthrose et traitaient par une ostéosynthèse interne avec une allogreffe et couverte par Hyalonect. le délai moyen de consolidation était de 6 mois



**Figure 58:Hyalonect avec des sutures[75]**



**Figure 59:(A) Une vue de Hyalonect avant de couvrir le site défectueux. (B) Des greffes sur lesite défectueux.**

**(C) Suturer le Hyalonect après la couverture du défaut et des greffes (D) Vue du site de la pseudarthrose après l'application de Hyalonect.[75]**

✓ **Injection de plasma riche en plaquettes :**

Les études portant sur l'utilisation du plasma riche en plaquettes sont peu nombreuses.

Le plasma riche en plaquettes provient d'un triage des cellules de la moelle par centrifugation afin de réduire le taux de granulocytes qui retarde la cicatrisation et la consolidation et de globules rouges qui favorisent l'oxydation. Ce plasma centrifugé devient riche en lymphocytes, monocytes et plaquettes qui sont des sources de facteurs de croissance et de BMP.

Une étude de 21 cas a été faite Philippe Chiron [76]. La technique consiste à injecter sous amplificateur de brillance au niveau du foyer de fracture, du plasma riche en plaquettes de manière isolée.

20 consolidations ont été obtenues dans les quatre mois qui ont suivi l'injection.

L'adjonction de facteurs riches en plaquettes a donc sa place dans l'arsenal thérapeutique du traitement des pseudarthroses aseptiques associée au traitement médical, arrêt du tabac, arrêt des anti-inflammatoires, stabilisation du diabète et du traitement mécanique consistant en la remise en charge.

✓ **les protéines ostéo-inductrices:**

Sur les différentes études analysant l'activité des facteurs de croissance, les BMP ont attiré l'attention par leur capacité à induire une formation osseuse. Seule une partie des BMP a montré sa capacité à induire une ossification enchondrale d'elle-même : ce sont les BMP 2 à 7 et la BMP-9.

Actuellement seules deux BMP recombinantes ont été développées pour des applications cliniques : rhBMP-2 et rhBMP-7 (osteogenic protein 1, OPI). L'utilisation systématique de BMP dans les fractures à risque de PSA permettrait de diminuer de 44% le risque de PSA. [77]

Mac Kee et al [78] ont montré la diminution du taux de réinterventions après injections de rhBMP-7 au niveau du foyer dans les fractures ouvertes de jambe, sans observer d'augmentation significative du taux de consolidation.

## **5.Moyens de stabilisation :**

### **a. La dynamisation d'un enclouage :**

La dynamisation du clou consiste à rendre un clou qui était verrouillé dynamique. Le retrait d'une ou plusieurs vis d'un clou verrouillé permet de rendre le clou dynamique . Ce geste induit une redistribution des forces au niveau du foyer de

fracture lorsque membre est en charge. La tension qui s'exerce au niveau de la fracture stimule l'ostéogénèse et favorise l'union osseuse.[79]

Cette méthode convertit la fixation de statique en dynamique et favorise la formation de cal, le remodelage, stimule l'ostéogénèse et induit une union de fracture en permettant aux forces de poids de transférer à travers le site de pseudarthrose. [31]

Il a été démontré qu'un délai relativement court (3 à 6 mois) entre la mise en place d'un clou centromédullaire verrouillé et la dynamisation du clou permet d'obtenir un taux de consolidation plus élevé comparé à une procédure plus tardive [31]. Si le délai est plus long et qu'une pseudarthrose est établie, les chances de consolider la fracture avec une simple dynamisation sont plus faibles. [37]

Selon Pihlajamäki et al [80] la dynamisation a permis d'obtenir un taux de 50% de consolidation. Cependant, une prévalence significative des complications a été rapportée, la plus notable est le raccourcissement > à 2 cm, dans 20% des patients traités par la dynamisation [80]

Dans notre série deux patients ont bénéficié d'une dynamisation + décortication + greffe spongieuse.

#### **b . Changement de clou ou enclouage primaire :**

Le changement de l'enclouage permet une bonne stabilité, en augmentant la longueur de la portion isthmique du canal médullaire, ce qui augmente la zone de contact clou endoste.

A noter que dans notre série l'échange a été fait avec un clou de diamètre supérieur au précédent environ d'un millimètre (après alésage), cela permettrait une bonne compression du foyer de fracture.

En terme de consolidation de PSA après une première cure par ECMV nous avons obtenu un taux de 84% qui concordent avec les données de la littérature avec un taux avoisinant les 95% de consolidation avec un seul échange [37] Il existe des études récentes qui remettent en question ce mode opératoire constatant un taux d'union bien inférieur à ceux obtenus précédemment (notamment Weresh et al.[81]

taux variables de consolidation de fracture ont été rapportés après le changement de l'enclouage pour le traitement de pseudarthrose du fémur diaphysaire [62]

Korean et al [82] ont trouvé un taux de 54% de consolidation chez les patients qui présentent une pseudarthrose du fémur et qui sont traités par changement de l'ECM .ils ont constaté que le changement de l'ECM n'est pas toujours la méthode fiable de traitement des pseudarthroses du fémur.

Une étude faite par Webb et al. sur 105 patients(61 retard de consolidation et 44 PSA) a rapporté un taux de consolidation global de 96% [83]

La contre-indication principale de cette technique opératoire est d'avoir des antécédents d'infections des tissus mous ou d'ostéomyélite.



Figure 60:A et B (A) face et (B) latérale, des radiographies d'un homme de trente ans qui présente une pseudarthrose eutrophique, trente-trois mois après une fracture fermée du fémur diaphysaire qui a été initialement traités par un enclouage à verrouillage dynamique de 11 mm. C et. (C) laterale , des radiographies faites douze mois suivant le changement de l'enclouage à verrouillage statique de 15 mm (après alésage du canal médullaire d'un diamètre de 16,5 mm) [84].



Figure 61:traitement d'une pseudarthrose vitale légèrement hypertrophique de la diaphyse fémorale par ablation de clou ,réalésage et enclouage par un clou plus large. [53]

**c. ECM après plaque :**

Quand la pseudarthrose survient sur une plaque vissée le choix le plus raisonnable est la conversion en ECM. Wu et al [62] ont obtenu un taux de consolidation de 100% chez 21 patients avec pseudarthrose du fémur sur plaque traités par enclouage centro -médullaire avec alésage.

***d . Plaque vissée :***

L'Ostéosynthèse par plaque offre des avantages spécifiques par rapport à la dynamisation et le changement de l'enclouage. La plaque vissée donne une meilleure stabilité mécanique pour les pseudarthroses hypertrophiques. Alors pour pseudarthroses eutrophiques et atrophiques, la plaque vissée peut être combiné avec une greffe pour améliorer à la fois les mécanismes biologiques et l'environnement mécanique pour la consolidation [84]

Malgré ces inconvénients : une perte de sang plus élevée, un taux d'infection et Taux de pseudarthrose plus élevés qu'avec l'enclouage par échange, l'ostéosynthèse par plaque vissée a été prouvée efficace pour le traitement de la pseudarthrose fémorale . Les indications pour l'ostéosynthèse par plaque incluent Les pseudarthroses hypertrophiques, les pseudarthroses proximaux et distal où l'application du clou intramédullaire est difficile. [79]

**L'utilisation d'une plaque supplémentaire en laissant l'enclouage centromédullaire en place pour le traitement de pseudarthrose du fémur offre une meilleure stabilité mécanique.**

Yangrim et al [85] ont démontré que l'utilisation de plaque supplémentaire et la greffe d'os spongieux en laissant l'ECM in situ peut être une solution efficace en cas de pseudarthrose instable du fémur.

Korean et al [82] ont trouvé un taux de consolidation de 100%, chez les patients traités par plaque supplémentaire avec greffe osseuse. Ils ont rapporté que ce mode de traitement est très utile pour les pseudarthroses du fémur traitées par changement de l'ECM et qui n'ont pas consolidé Les résultats d'une méta-analyse chinoise [86] réalisée en 2020 où 506 patients ont été inclus ont montré que la technique de la plaque vissée en laissant le clou en place est jugée supérieure au changement de clou pour le traitement de la PSA de la diaphyse fémorale à la fois en peropératoire (temps d'opération plus court et moins de saignements) et en postopératoire (un taux de consolidation plus élevé avec un délai de consolidation plus court et taux de complications plus faible).



Figure 62:a)Un homme de 21 ans présente une pseudarthrose du tiers distal du fémur qui a été traitée par une plaque supplémentaire en laissant ECM en place, à 15 mois après l'opération initiale.  
b) 36 mois après la dernière opération, la consolidation osseuse a été obtenue sans complications. Ablation de L'ECM [87]

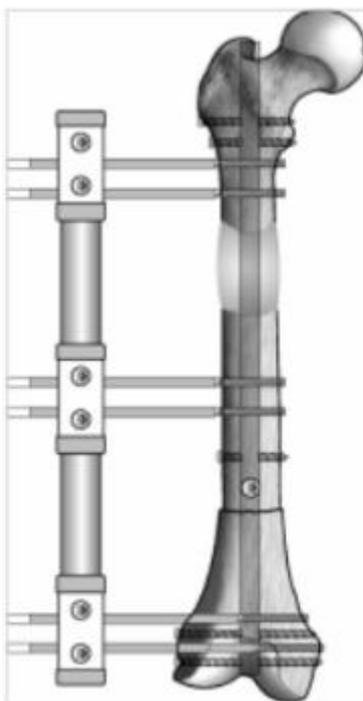
**Tableau 16:Plaque vissée en laissant le clou en place VS Changement de clou [86]**

	<b>Plaque vissée en laissant le clou en place</b>	<b>Changement de clou</b>
Consolidation	98,7%	78,9%
Délai de consolidation moyen	9 mois	10,9 mois
Résultats per-opératoires	Délai plus court Moins de saignement per-opératoire	-
Complications(incluant l'infection et la persistance de PSA)	Moins de complications	-

**e. Transport osseux par fixation et clou :**

Cette technique n'est pas largement utilisée.

il s'agit d'un transport osseux sur clou stabilisé par un fixateur externe. Le clou mis en place a un petit diamètre pour faciliter le glissement des segments osseux, seule l'extrémité distale du clou est verrouillée. Puis un fixateur externe est mis en place et la compression est exercée. Dès que la consolidation est acquise, le fixateur est enlevé ; la présence du clou facilite la compression, limite les forces de cisaillement et de rotation et permet un appui total plus Rapide [88]



**Figure 63:Transport osseux par fixateur externe et clou [89]**

Inan et al [90] ont démontré que cette technique est limitée aux patients qui présentent une pseudarthrose du fémur sur ECM avec plusieurs échecs de changement de l'ECM.

La complexité et le coût élevé suggèrent que ces techniques devraient être limitées aux centres de soins tertiaires avec des chirurgiens expérimentés [90]

Une étude a été faite récemment sur 37 patients (7 fémurs et 30 tibias) par Harshwal [91] sur le rôle de fixateur externe mono-latéral dans le traitement des pseudarthrose des os long avec ou sans perte osseuse ,et qui a montré une consolidation chez 34 cas (91,9%)avec un délai moyen de consolidation de 5 mois .les resultats ont été excellente dans 24 cas ,bon dans 9 cas,moyen dans un seul cas et mauvais dans 3 cas .la complication de cette série était l'infection par les fiches (11,5%).

## VII. Suites opératoires–complications :

### 1.Complications Immédiates :

- L'infection : La fréquence de l'infection a diminué avec l'utilisation de l'antibioprophylaxie. Elle transforme une PSA aseptique en pseudarthrose septique dont le traitement associe schématiquement la stabilisation du foyer de pseudarthrose et le traitement de l'infection.
- Complications cutanées : à type de désunion ou de nécrose
- L'hématome
- Le déplacement secondaire qui peut survenir suite à un démontage de matériel.
- La paralysie : Les complications neurologiques postopératoires intéressent en premier lieu le nerf sciatique lors de l'ECM.
- la thrombose veineuse :elle doit être prévenu par un traitement anticoagulant préventif (héparine à bas poids moléculaire) en raison de la gravité vitale et des séquelles trophiques.
- l'embolie pulmonaire :l'alésage a été rendu responsable d'initier , voire d'aggraver la migration embolique, sa réalisation technique doit répondre à des règles techniques strictes ,ce qui diminue l'importance et la gravité de la migration embolique.
- Dans notre série, nous n'avons pas relevé de cas de thrombophlébites , d'escarres ,d'infection urinaire ou d'embolie pulmonaire.
- Ceci peut être expliqué par l'âge jeune de nos patients et l'absence de comorbidités ainsi que l'utilisation de l'anticoagulation préventive et l'antibioprophylaxie.

## **2. Complications tardives :**

Les complications les plus fréquemment rencontrées à long terme sont :

– La pseudarthrose récurrente : elle constitue l'une des complications les plus redoutables. Multiples sont les facteurs qui ont été incriminés dans la récurrence de la pseudarthrose notamment les gestes chirurgicaux multiples, l'ostéopénie, l'obésité, le tabagisme et l'infection. Elle doit être traitée tant de fois qu'il faut par la décortication et l'apport de tissus spongieux.

– Les cals vicieux : c'est la consolidation en mauvaise position : 10° pour le varus, 15° pour le valgus, 10° de rotation interne, 15° de rotation externe et 2 cm de raccourcissement.

– Le raccourcissement : Il impose le même problème de correction. Il est souvent inévitable lié soit à une perte de substance, soit à une nécrose importante des extrémités. Si le retentissement est important, il faut envisager une chirurgie d'égalisation du côté opposé.

– La neuroalgodystrophie :

• La douleur

• Les troubles trophiques : Ils sont favorisés par les lésions des parties molles, en particulier vasculaires et nerveuses, survenues lors du traumatisme initial, la longue immobilisation et parfois la thrombose veineuse [92] [93]

– la raideur articulaire : due souvent à l'immobilisation prolongée.

– la déminéralisation

– la fracture itérative.

## VIII. Résultats thérapeutiques :

### 1. Le taux de consolidation :

**Tableau 17: Comparaison du taux de consolidation dans différentes études**

<u>Auteurs</u>	<u>technique</u>	<u>Le nombre de cas</u>	<u>Consolidation après une cure</u>	<u>Consolidation après plus d'une cure</u>
<u>Oh et al [94]</u>	ECM sans greffe osseuse	15	15(100%)	15(100%)
<u>Cove et al [95]</u>	PSA aseptiques : 21 PV,3 ECM ; 2 Fixateurs externes ;2 greffes iliaques ; 1 greffe prélevée au niveau du condyle fémorale	31	25 sur 31 (81%)	30 sur 31 (97%)
<u>Weresh et al [81]</u>	ECMV alésés	19	10/19(53%)	18/19(95%)
<u>Hak et al [96]</u>	ECMV(8 cas à montage dynamique verouillé)	23	18 /23(78%)	20 / 23 (87%)
<u>Echantillon CHU Lausanne [36]</u>	ECM,PV,cerclage,1 3/16 greffe osseuse	16	10/16(63%)	16 /16(100%)
<u>Notre serie</u>	<u>2 ECM ;</u> 2 ECM decortication +greffe ; 1 ECM decortication +substitut osseux ; 2 PV +decortication +greffe ;4 dynamisation +decortication +greffe	<u>11</u>	<u>07 /11 ( 63 ,63</u>	<u>11 /11 (100</u>

## 2. Le délai de consolidation :

Tableau 18:Etude comparative selon le délai de consolidation :

Série	Nombre de cas	Consolidation (%)	Délai de consolidation moyen(en mois)
Mega [97]	30	96,66%	7,93
Parsarn [98]	13	100%	13
L.Talibi [11]	20	85 %	6,17
Notre serie	11	63.63	8 mois

Notre délai de consolidation moyen de 08 mois, qui se rapproche aussi des données de la littérature. (Tableau )

## 3. Résultats osseux/fonctionnels :

Nombreuses sont les cotations disponibles pour apprécier les résultats de la chirurgie du fémur, dans notre série on a utilisé la classification d'ASAMI basée sur les paramètres suivants :

- La douleur
- L'activité
- boitrie
- raideur articulaire

Dans notre série, 90 % des résultats étaient moyens et bons.

Pour mieux étudier ces résultats, nous avons fait une comparaison avec les résultats d'autres séries.

**Tableau 19:Etude comparative selon les résultats thérapeutique :**

<u>Série</u>	<u>Résultats osseux</u>		<u>Résultats fonctionnels</u>		
	<u>Raccourcissement</u>	<u>Angulation</u>	<u>Raideur de genou</u>	<u>Hanche de la hanche</u>	<u>Douleur persistante</u>
<u>Jorge</u>	28	22	16	-	-
<u>Mega</u>	-	3,3	10	3	-
<u>Prasarn</u>	7,60	-	2,5	7,6	-
<u>L.Talibi</u>	15	-	20	-	10
<u>M .Bouayad</u>	15	5	5	-	-
<u>Notre série</u>	27,27 %	-	9 %	-	-

Nos résultats fonctionnels étaient acceptables par rapport aux résultats de la littérature.

## **IX. Prévention:**

### **1. Prévention primaire :**

Le traumatisme causal prédominant dans notre série est représenté par les AVP  
La prévention inclut la sensibilisation et le respect du code de la route.

### **2. Prévention secondaire :**

Celle-ci permet d'éviter l'évolution d'une simple fracture de fémur vers la pseudarthrose.

L'optimisation des facteurs de risque modifiables est importante tel que l'état nutritionnel, le tabagisme, l'utilisation d'AINS.

La prévention se situe également au niveau de 2 points essentiels :

- Le respect des règles biomécaniques du traitement d'une fracture du fémur.
- Le respect absolu des conditions d'asepsie rigoureuse.

### **3. Prévention tertiaire :**

Elle consiste en une prise en charge adaptée d'une PSA installée.

# CONCLUSION

La pseudarthrose est une complication redoutable qui représente un fardeau significatif pour le patient, car ses conséquences affectent considérablement sa qualité de vie. Pour le chirurgien, cela constitue un véritable défi. Le traitement de cette condition exige une compréhension approfondie des mécanismes impliqués dans le développement et l'évolution de la pseudarthrose, notamment la stabilité, la biologie et l'infection.

L'objectif principal du traitement est de permettre l'utilisation indolore de l'extrémité touchée, de restaurer la fonction et d'assurer la consolidation osseuse. Ce traitement repose sur trois axes : l'optimisation de la mécanique, l'amélioration de la vascularisation, et le traitement des infections éventuelles si la pseudarthrose est septique.

Il existe plusieurs interventions efficaces pour traiter la pseudarthrose de la diaphyse fémorale, telles que la dynamisation du clou centromédullaire, l'échange de clou centromédullaire, l'ostéosynthèse par plaque avec réduction ouverte, ainsi que des traitements adjuvants. Une analyse précise de la pseudarthrose permet d'orienter vers le traitement le plus adapté.

L'utilisation de l'ECM (exposition chirurgicale minimale) devient de plus en plus courante et est considérée comme la méthode de choix selon plusieurs études. De plus, des articles scientifiques indiquent que la réduction ouverte et l'ostéosynthèse par plaque, tout en conservant le clou en place, présentent un taux de succès élevé.

Dans notre série, la prise en charge des patients souffrant de pseudarthrose de la diaphyse fémorale montre de bons résultats en termes de consolidation. Toutefois, il semble possible de réduire encore la durée totale du traitement.

# RESUMES

## RESUME

La pseudarthrose constitue l'une des complications les plus redoutables en chirurgie traumatologique tant par ses conséquences immédiates que lointaines.

Le but de notre travail est d'évaluer les résultats des différentes prises en charge chirurgicales de la PSA aseptique de la diaphyse fémorale.

Il s'agit d'une étude rétrospective qui concerne 11 cas de PSD aseptique de la diaphyse fémorale réalisée au service de traumatologie-orthopédique B à CHU Hassan II sur une période de 5 ans allant de janvier 2018 à janvier 2024.

L'âge moyen de nos patients était de 31.5 ans avec un sexe ratio de 7H/4 F.

La survenue de la fracture initiale a été dans 81,81% des cas consécutive à un accident de la voie publique.

Dans 4 cas la fracture de la diaphyse fémorale a été associée à d'autres fractures et dans 4 cas elle est survenue dans un contexte de polytraumatisme.

Sur les 11 cas étudiés nous avons noté 2 cas de fractures ouvertes soit 18,18 % des cas. Les fractures complexes étaient majoritaires (54,54 % des cas) . Les fractures du 1/3 moyen étaient les plus fréquentes dans notre série ( 5 cas soit 45,45 %).

Comme traitement initial la plaque vissée a été utilisée dans 3 cas soit 27,27 % de la série, et l'ECMV primaire dans 7 cas soit 63,63 %, le FE a été utilisé chez un seul patient .

délai moyen entre le traitement de la fracture initiale et la prise en charge de la PSA est de 13 mois.

Cliniquement la douleur était le maître symptôme de la PSD , sur le plan radiologique les pseudarthroses étaient considérées hypertrophiques dans 09 cas, atrophiques dans 1 cas , eutrophique chez un seul patient .

Sur les 11 cures de pseudarthrose qui ont été effectuées, l'enclouage centromédullaire a été utilisé dans 5 cures soit 45 ,45 % des cas, la plaque vissée dans 2 cures soit 18,18 % des cas. 4 patients ont bénéficié d'une dynamisation de l'enclouage + décortication + greffe osseuse comme cure de pseudarthrose. Le traitement adjuvant (greffe osseuse, décortication, SO) est très souvent complémentaire aux moyens de stabilisation lors des cures de pseudarthrose .

Le délai moyen de consolidation était de 8 mois avec un taux de consolidation de 63,63 % (07/11).

Les complications retrouvées chez nos patients étaient un raccourcissement > 2 cm chez 3 patients en varus ; un cas de raideur du genou.

Les résultats globaux selon les critères d'ASAMI ont été bons dans 07 cas ( 63 , 63 %), moyen dans 3 cas (27, 27 %) et mauvais dans 1 cas (09%).

La pseudarthrose de la diaphyse fémorale est une complication grave , elle réduit voire abolit l'autonomie du malade et limite ses activités . Le traitement doit être adapté afin d'augmenter la chance de réussite de la cure.

En se basant sur les données de la littérature et l'expérience de notre service, Le véritable traitement de la PSA passe par une prise en charge correcte de la fracture initiale (ostéosynthèse rigide) sans oublier l'intérêt de la prévention des AVP qui paraît un élément primordial, permettant de diminuer l'incidence des fractures de la diaphyse fémorale.

## ABSTRACT

Pseudarthrosis is one of the most serious complications in trauma surgery due to its immediate and long-term consequences.

The aim of our work is to evaluate the results of the different surgical treatments for aseptic PSA of the femoral shaft.

This is a retrospective study of 11 cases of aseptic PSD of the femoral shaft performed in the trauma-orthopedic department B at CHU Hassan II over a period of 5 years from January 2018 to January 2024.

The average age of our patients was 31.5 years with a sex ratio of 7M/4F.

The occurrence of the initial fracture was in 81.81% of cases following a road accident. In 4 cases the fracture of the femoral shaft was associated with other fractures and in 4 cases it occurred in a context of polytrauma.

Of the 11 cases studied, we noted 2 cases of open fractures, or 18.18% of cases. Complex fractures were the majority (54.54% of cases). Fractures of the middle 1/3 were the most frequent in our series (5 cases or 45.45%).

As initial treatment, the screwed plate was used in 3 cases or 27.27% of the series, and primary ECMV in 7 cases or 63.63%, , , FE was used in only one patient.

The average time between treatment of the initial fracture and management of PSA is 13 months.

Clinically, pain was the main symptom of PSD, radiologically, pseudarthrosis was considered hypertrophic in 09 cases, atrophic in 1 case, eutrophic in only one patient.

Of the 11 cures of pseudarthrosis that were performed, intramedullary nailing was used in 5 cures or 45.45% of cases, the screwed plate in 2 cures or 18.18% of cases. 4 patients benefited from dynamization of nailing + decortication + bone graft as treatment of pseudarthrosis. Adjuvant treatment (bone graft, decortication, SO) is very often complementary to stabilization methods during pseudarthrosis treatments.

The average time to consolidation was 8 months with a consolidation rate of 63.63% (07/11).

The complications found in our patients were a shortening > 2 cm in 3 patients in varus; one case of knee stiffness.

The overall results according to the ASAMI criteria were good in 07 cases (63, 63%), average in 3 cases (27, 27%) and poor in 1 case (09%).

Pseudarthrosis of the femoral shaft is a serious complication, it reduces or even abolishes the patient's autonomy and limits his activities. The treatment must be adapted in order to increase the chance of success of the cure.

Based on the data from the literature and the experience of our department, the real treatment of Pseudarthrosis involves correct management of the initial fracture (rigid osteosynthesis) without forgetting the interest of preventing AVP which seems to be a primordial element, allowing to reduce the incidence of fractures of the femoral shaft.

## ملخص

يشكل المفصل الكاذب أحد أخطر المضاعفات في جراحة العظام و المفاصل ، سواء من حيث عواقبه المباشرة أو بعيدة المدى.

الهدف من عملنا هو تقييم نتائج العلاجات الجراحية المختلفة لتمفصل الكاذب العقيم في جذع الفخذ. هذه دراسة بأثر رجعي تتعلق بـ 11 حالة من حالات التمثفصل الكاذب العقيم في جذع الفخذ التي تم إجراؤها في قسم جراحة العظام والرضوح B في مستشفى الحسن الثاني على مدى 5 سنوات من يناير 2018 إلى يناير 2024. كان متوسط عمر مرضانا 31.5 عامًا، وكانت نسبة الجنس 7 رجل / 4 نساء .

وكان حدوث الكسر الأولي في 81.81% من الحالات بعد حادث طريق عام. في 4 حالات، كان كسر عمود الفخذ مرتبطًا بكسور أخرى، وفي 4 حالات حدث ذلك في سياق الصدمات المتعددة. من بين 11 حالة تمت دراستها، لاحظنا وجود حالتين لكسور مفتوحة، أي 18.18% من الحالات. وكانت الكسور المعقدة هي الأغلبية (54.54% من الحالات). كانت كسور الثلث الأوسط هي الأكثر شيوعًا في سلسلتنا (5 حالات أو 45.45%). كعلاج أولي، تم استخدام اللوحة الملولبة في 3 حالات، أي 27.27% من السلسلة، التسمير الداخلي الأولي في 7 حالات، أي 63.63%، تم استخدام المثبة الخارجي لدى مريض واحد فقط.

متوسط الوقت بين علاج الكسر الأولي ومعالجة التمثفصل الكاذب العقيم هو 13 شهرًا. كان الألم هو العرض الرئيسي لمرض التمثفصل الكاذب العقيم ، ومن الناحية الإشعاعية، اعتبرت حالات عدم الالتحام تضخمية في 9 حالات، وضامرة في حالة واحدة، وذات حجم عادي لدى مريض مريض واحد.

من بين 11 علاجًا للمفصل الكاذب تم إجراؤها، تم استخدام التسمير داخل النخاع في 5 علاجات أي 45.45% من الحالات، واللوحة الملولبة في علاجين أي 18.18% من الحالات. استفاد 4 مرضى من التسمير الديناميكي + التقشير + تطعيم العظام كعلاج لداء المفصل الكاذب. غالبًا ما يكون العلاج المساعد (تطعيم العظام، والتقشير،) مكملًا لوسائل التثبيت أثناء علاجات المفصل الكاذب

كان متوسط الوقت اللازم للتوحيد هو 8 أشهر بمعدل توحيد قدره 63.63% (07/11). كانت المضاعفات التي وجدت في مرضانا هي قصر الطول < 2 سم في 3 مرضى ؛ حالة واحدة لتصلب الركبة. وكانت النتائج الإجمالية وفقا لمعايير اسامي جيدة في 07 حالات (63.63%)، ومتوسطة في 3 حالات (27.27%)، وضعيفة في حالة واحدة (09%).

يعد المفصل الكاذب في عمود الفخذ من المضاعفات الخطيرة؛ فهو يقلل أو حتى يلغي استقلالية المريض ويحد من أنشطته. يجب تكييف العلاج من أجل زيادة فرصة نجاح العلاج.

استناداً إلى البيانات المستمدة من الأدبيات وخبرة قسمننا، فإن العلاج الحقيقي للتمفصل الكاذب يتضمن الإدارة الصحيحة للكسر الأولي (تخليق العظم الصلب) دون إغفال الاهتمام بالتقليل من حوادث السير الذي يبدو عنصراً أساسياً، مما يجعل من الممكن تقليل حدوث كسور في عمود الفخذ.

# REFERENCES

- [1] E. Rolland et G. Saillant, « La consolidation osseuse normale et pathologique », *Ann. Réadapt. Médecine Phys.*, vol. 38, n° 5, p. 245-251,
- [2] « Mckee M. Aseptic non-union. In: Ruedi TP, Murphy WM, editors. AO-Principales of fracture management. Stuttgart and New York: Georg Thieme Verlag, 2000;P:748-62.
- [3] R. Jahagirdar et B. Scammell, « Principles of fracture healing and disorders of bone union », *Surg. Oxf.*, vol. 27, p. 63-69, févr. 2009 .
- [4] M. El Moumni, P. A. Leenhouts, H. J. Ten Duis, et K. W. Wendt, « The incidence of non-union following unreamed intramedullary nailing of femoral shaft fractures », *Injury*, vol. 40, n° 2, p. 205-208, févr. 2009 .
- [5] N. Passuti, D. Waast, G. Piétu, et F. Gouin, « Complications de la consolidation osseuse : les pseudarthroses », *Rev. Chir. Orthopédique Réparatrice Appar. Mot.*, vol. 90, n° 5, p. 57-60, sept. 2004 .
- [6] S. Dimartino, V. Pavone, M. Carnazza, E. R. Cuffaro, F. Sergi, et G. Testa, « Forearm Fracture Nonunion with and without Bone Loss: An Overview of Adult and Child Populations », *J. Clin. Med.*, vol. 11, n° 14, p. 4106, juill. 2022 .
- [7] J. SEDEL, L VAREILLES, « "Consolidation des fractures," *Encycl.Méd.Chir*, vol. 8, no. 9, pp. 1 -58, 1992. »
- [8] Amadou BA, « Prise en charge des pseudarthroses humérales au service de chirurgie orthopédique et traumatologique du centre hospitalier universitaire Gabriel Touré de Bamako ».

[9] J. Nicholson, N. Makaram, A. Simpson, et J. Keating, « Fracture nonunion in long bones: A literature review of risk factors and surgical management », *Injury*, vol. 52, p. S3-S11, juin 2021 .

[10] EL MEKKAOUI MOHAMMED, « PSEUDARTHROSES DE LA DIAPHYSE FÉMORALE ». 2007

[11] M. P. P. L. TALIBI, « Le traitement chirurgical des pseudarthroses de la diaphyse fémorale ». 2017

[12] M. BOUAYAD, « LES RÉSULTATS DU TRAITEMENT CHIRURGICAL DES PSEUDARTHROSES ASEPTIQUES DE LA DIAPHYSE FÉMORALE ». 2020

[13] M. D. M. H.Schemitsch, D. J. DiPasquale, L. M. Wild, D. J. G. Stephen, H. J. Kreder, and E., « “The effect of smoking on clinical outcome and complication rates following Ilizarov reconstruction,” *J. Orthop. Trauma*, vol. 17, no. 10, pp. 663– 667, 2003. »

[14] C. Frey, N. M. Halikus, T. Vu-Rose, et E. Ebramzadeh, « A Review of Ankle Arthrodesis: Predisposing Factors to Nonunion », *Foot Ankle Int.*, vol. 15, n° 11, p. 581-584, nov. 1994 .

[15] S. Olson et D. Hahn, « Surgical treatment of non-unions: A case for internal fixation », *Injury*, vol. 37, n° 8, p. 681-690, août 2006 .

[16] A. Bhat, S. Rao, et K. Bhaskaranand, « Mechanical Failure in Intramedullary Interlocking Nails », *J. Orthop. Surg.*, vol. 14, n° 2, p. 138-141, août 2006 .

[17] Mlle.Allouche.), « les pseudarthroses de Fémur Thèse de médecine de casablanca 2012 ».

- [18] Mlle.Rafaoui., « les pseudarthroses aseptiques de la diaphyse fémorale. thèse de médecine de casablanca 2014. »
- [19] Arslan.H (Nom), « Arslan.H, “Femoral Non union:Risk Factors and Treatment Options,” J. Am. Acad. Orthop. Surg., vol. 49, no. 7, pp. 1266-1271, 2008. »
- [20] J.-C. Dosch, T. Moser, M.-G. Dupuis, « Fracture de la diaphyse fémorale EMC Radiologie et imagerie médicale – musculosquelettique – neurologique – maxillofaciale (2009) 31 –030-G-10. »
- [21] B. M. BurgessAR. Brumback RJ, Ellison TS, PokaA, Bathon GH, « Interlocking intramedullary nailing for ipsilateral fractures of the femoral shaft and distal part of the femur. J Bone Joint Surg Am 1991; 73: 1492-502. »
- [22] Miyamoto R, Fornari E, Tejwani NC. (Nom), « Hoffa fragment associated with a femoral shaft fracture. A case report. J Bone Joint Surg Am 2006; 88: 2270-4. »
- [23] F. Bonnomet, P. Clavert, J.-M. Cognet. (Nom), « Fracture de la diaphyse fémorale de l'adulte. EMC Appareil Locomoteur 2006 ; 14-078-A-10. »
- [24] Y. B. J;Cirotteau, « “Etude critique des échecs dans le traitement des fractures fraiches de la diaphyse fémorale à propos de 330 cas.,” Rvue Chir. orthop, vol. 60, no. 1, 1994. »
- [25] K. Y. K;Nakamura K;Itoman, « “Deep infection and fracture healing in immediate and delayed locked intramedullary nailing for open femoral fractures,” Orthopedics, vol. 47, no. 2, pp. 365-375, 1999. »
- [26] M. G. McQuenn A. Christie, J. Taglang, G. Court-Brown, C., « “Open adult femoral shaft fracture treated by early intramedullary nailing.,” » .

- [27] L. M. Abrahan, C. V. Te, et F. D. Cruz, « Delayed Open Intramedullary Nailing of Femoral Shaft Fractures », *Tech. Orthop.*, vol. 21, n° 2, p. 88-98, juin 2006 .
- [28] A. CHARNLEY, J GUINDY, « “Delayed operation in the open reduction of fractures of long bone.” J Bone Jt. Surg, vol. 53, no. 9, pp. 1689-1699, 1961. »
- [29] E. . Wilbert, M.C Evan, « “Fractures of the femoral shaft treated surgically comparative results of early and delayed stabilization.” »
- [30] B. . Bosse, M.J MACKENZE, E.J RIEMER, « “Adult respiratory distress syndrome,pneumonia and mortality following thoracic injury and a femoral fracture treated either with intramedullary nailing with reaming or with plat.” J.Bone Jt. Surg, no. 1990, pp. 12-30, 1997. »
- [31] I. D. Gelalis *et al.*, « Diagnostic and treatment modalities in nonunions of the femoral shaft. A review », *Injury*, vol. 43, n° 7, p. 980-988, juill. 2012,
- [32] G. A. Buijze, S. Richardson, and J. B. Jupiter, « “Successful reconstruction for complex malunions and nonunions of the tibia and femur,” J. Bone Jt. Surg. – Ser. A, vol. 93, no. 5, pp. 485-492, 2011. »
- [33] A.-B. Li, W.-J. Zhang, W.-J. Guo, X.-H. Wang, H.-M. Jin, et Y.-M. Zhao, « Reamed versus unreamed intramedullary nailing for the treatment of femoral fractures: A meta-analysis of prospective randomized controlled trials », *Medicine (Baltimore)*, vol. 95, n° 29, p. e4248, juill. 2016 .
- [34] D. Omerovic, F. Lazovic, and A. Hadzimehmedagic, « “Static or dynamic intramedullary nailing of femur and tibia,” Med. Arch. (Sarajevo, Bosnia Herzegovina), vol. 69, no. 2, pp. 110-113, 2015. »

- [35] F. Chamoun, M Nebunescu, A Roche, « “Utilisation du clou gamma long dans les fractures complexes du fémur: à propos de 59 cas,” *Rev. Chir. Orthopédique Traumatol.*, no. 549, pp. 4–30, 2004. »
- [36] B. Maeder, « “Revue du traitement chirurgical de la pseudarthrose de la diaphyse fémorale,” Université de Lausanne, 2012. »
- [37] B. Maeder, « Revue du traitement chirurgical de la pseudarthrose de la diaphyse fémorale ».
- [38] S. Olson, « Surgical treatment of non-unions: A case for internal fixation », *Injury*, janv. 2006 .
- [39] S. T. J. Tsang, L. A. Mills, J. Baren, J. Frantzias, J. F. Keating, et A. H. R. W. Simpson, « Exchange nailing for femoral diaphyseal fracture non-unions: Risk factors for failure », *Injury*, vol. 46, n° 12, p. 2404-2409, déc. 2015 .
- [40] D. Brinkert, B. Schenck, et P. Adam, « Pseudarthroses aseptiques de la diaphyse fémorale », *Rev. Chir. Orthopédique Traumatol.*, vol. 109, n° 6, Supplement, p. S35-S42, oct. 2023
- [41] S. D. Glassman, S. M. Rose, J. R. Dimar, R. M. Puno, M. J. Campbell, and J. R. et Johnson, « “The effect of postoperative nonsteroidal anti-inflammatory drug administration on spinal fusion,” *Spine*, vol. 23, no. 7. pp. 834–838, 1998. »
- [42] Mckee MD, Dipasquale DJ, Wild LM, Stephen DJ, Kreder HJ, Schemitsch, « The effect of smoking on clinical outcome and complication rates following Ilizarov reconstruction. *J Orthop Trauma* 2003; 17: 663–667. »

- [43] J. B. A. Feitelson, P. P. Rowell, C. S. Roberts, and J. T. Fleming, « “Two week nicotine treatment selectively increases bone vascular constriction in response to norepinephrine,” J. Orthop. Res., vol. 21, no. 3, pp. 497–502, 2003. »
- [44] Migaud H, Senneville E, Gougeon F, Marchetti E, Amzallag M, Laffargue P., « Risque infectieux en chirurgie orthopédique. EMC–Rhumatologie Orthopédie 2005;2:151 –72. »
- [45] E. K. Rodriguez , C. Boulton , M. J. Weaver, L. M. Herde , J. H. Morgan , A. T. Chacko , P. T. et Appleton , D. Zurakowski , M. S. Vrahas, « Predictive factors of distal femoral fracture nonunion after lateral locked plating: A retrospective multicenter case–control study of 283 fractures Injury, Int. J. Care Injured 45 (2014) 554–559 ».
- [46] Espiga X, Antuña S.A, Ferrere A, « Linked total elbow arthroplasty as treatment of distal humerus nonunions in patients older than 70 years Acta Orthop. Belg., 2011, 77, 304–310 ».
- [47] D. R. Epari, H. Schell, H. J. Bail, and G. N. Duda, « “Instability prolongs the chondral phase during bone healing in sheep,” Bone, vol. 38, no. 6, pp. 864–870, 2006. »
- [48] T. Bhattacharyya, K. A. Bouchard, A. Phadke, J. B. Meigs, A. Kassarian, and H. et Salamipour, « “The accuracy of computed tomography for the diagnosis of tibial nonunion,” J. Bone Jt. Surg.– Ser. A, vol. 88, no. 4, pp. 692–697, 2006. »
- [49] J. Brilhault, L. Favard., « Traitement chirurgical des pseudarthroses diaphysaires aseptiques Surgical treatment for the non–union of long bone fractures. EMC–Rhumatologie Orthopédie 2005; 2 : 217–247. »

- [50] Bensaddik R., « Les pseudarthroses de la jambe. Thèse Doctorat Médecine, Rabat;2006,n°6. »
- [51] Sanogo CO., « Aspects epidemiologiques et evaluation du traitement des pseudarthroses aseptiques de la diaphyse fémorale à l'hôpital de Kati à propos de 15 cas. Thèse Doctorat Médecine, Bamako;2005. »
- [52] Damsin JP, « Traitement des pseudarthroses congénitales de jambe par enclouage centro-médullaire et fixateur externe. e-mémoires de l'Académie Nationale de Chirurgie, 2004;3(4):57-60 ».
- [53] E. Thein et F. Chevalley, « Pseudarthroses aseptiques des os longs », *Rev. Médicale Suisse*, vol. 9, n° 411, p. 2390-2396, 2013 .
- [54] P. Andrzejowski et P. V. Giannoudis, « The 'diamond concept' for long bone non-union management », *J. Orthop. Traumatol.*, vol. 20, n° 1, p. 21, déc. 2019 .
- [55] G. Vicenti *et al.*, « The ideal timing for nail dynamization in femoral shaft delayed union and non-union », *Int. Orthop.*, vol. 43, n° 1, p. 217-222, janv. 2019 .
- [56] David Brinkert, Benoît Schenck, et Philippe Adam, « Pseudarthroses aseptiques de la diaphyse fémorale October 2023, Pages S35-S42 ».
- [57] K. K. Mittal, H. Gupta, et N. Kaushik, « Reunion of post nail aseptic non-union of diaphyseal femoral fractures by augmentation plating, decortication and bone grafting - Replacement for exchange nailing », *Injury*, vol. 52, n° 6, p. 1529-1533, juin 2021 .

[58] P. Anract L Vastel B Tomeno., « Techniques et indications des greffes et transplantations osseuses et ostéocartilagineuses. Encyclopédie Médico-Chirurgicale 44-030-A. »

[59] Ahlman E, Patzakis M, Roidis N, Sheperd L, Holtom P, « Comparison of anterior and posterior iliac crest bone grafts in terms of harvest-site morbidity and functional outcomes. J Bone Joint Surg Am 2002; 84: 716-20. »

[60] Eric Thein, François Chevalley, Olivier Borens, « Pseudarthroses aseptiques des os longs Rev Med Suisse 2013 »;

[61] Diligent J, Bensoussan D, Choufany E., « Intérêt de l'injection de la moelle osseuse autologue concentrée dans les pseudarthroses des os longs. Unité thérapie cellulaire tissulaire CHU Nancy 2004 ».

[62] Wu CC, Shih C, Chen W, « Effect of reaming bone grafting on treating femoral shaft aseptic nonunion after plating. Orthop Trauma Surg 1999; 119. »

[63] A. M. Abdel-Aa, O. A. Farouk, A. Elsayed, and H. G. Said, « "The use of a locked plate in the treatment of ununited femoral shaft fractures," J. Trauma- Inj. Infect. Crit. Care, vol. 57, no. 4, pp. 832-836, 2004. »

[64] Perrier C., Philippeau J., Beudet P., Waast D., Passuti N, « Emploi des céramiques phosphocalciques biphasées dans le traitement des pseudarthroses aseptiques de la diaphyse humérale. Revue de Chirurgie Orthopédique et Réparatrice de l'Appareil Moteur, 2006 ; 92 (4S) : 114-5. »

[65] Long W., Einhorn T., Koval K., MacKee M., Smith W., Sanders R., Watson T, « Bone grafts and bone graft substitutes in orthopaedic trauma surgery. The Journal of bone and joint surgery American volume, 2007; 89, 649-58 ».

---

- [66] Shen FH, Samartzis D, An HS, « Cell technologies for spinal fusion. The Spine Journal 2005;5:231 –39. »
- [67] Roussignol X, Costes S, Polard JL, Brunet P, Duparc F, Bégué T et al., « Evaluation du traitement des pseudarthroses par la technique des champs électromagnétiques : utilisation du système Orthopulse. A propos de 22 cas. Revue de chirurgie orthopedique et réparatrice de l'appareil moteur 2004;90(1) ».
- [68] J.-M. Perrier, C Philippeau, « "Evaluation du traitement des pseudarthroses par la technique des champs électromagnétiques:utilisation du système orthopulse," Rev. Chir. orthopédique réparatrice l'appareil locomoteur, pp. 114–115, 2004. »
- [69] Xu ZH, Jiang Q, Chen DY, Xiong J, Shi DQ, Yuan T, et al., « Extracorporeal shock wave treatment in nonunions of long bone fractures. Int Orthop 2009; 33: 789–93. »
- [70] Duarte LR, « The stimulation of bone growth by ultrasound. Arch Orthop Trauma Surg 1983;101:153–9. »
- [71] X. Hemery, X. Ohl , R. Saddiki , L. Barresi , E. Dehoux., « Traitement des non consolidations osseuses par ultrasons pulsés de faible intensité : évaluation d'une série de 14 cas. Revue de Chirurgie Orthopédique et Traumatologique 2011 ; 97 : 54–60. »
- [72] Stein H, Lerner A, « How does pulsed low–intensity ultrasound enhance fracture healing? Orthopedics 2005; 28: 11613. »
- [73] Gebauer D, Mayr E, Orthner E, Ryaby JP, « Low–intensity pulsed ultrasound: effects on nonunions. Ultrasound Med Biol 2005; 31: 1391 –402. »

- [74] Nolte PA, van der Krans A, Patka P, Janssen IM, Ryaby JP, Albers GH., « Low-intensity pulsed ultrasound in the treatment of nonunions. J Trauma 2001; 51: 693–02 [discussion 693–702] ».
- [75] A. Ç. TEKIN , C. Z. ESENYEL , M. ÇAKAR , M. ESENYE , Y. ÖZCAN , M. S. SAYGILI, « Hyalonect in the treatment of pseudarthrosis Acta Orthop Traumatol Turc 2013;47(6):379–386 ».
- [76] P. Chiron \*, N. Reina , É. Cavaignac , F. Molinier, « Traitement des pseudarthroses par injection de plasma riche en plaquettes Service d'orthopédie-traumatologie, CHU Rangueil, 31059 Toulouse, France ,2013 , S275 ».
- [77] P Hernigou, F Beaujean., « Pseudarthroses traitées par greffe percutanée de moelle osseuse autologue. Rev Chir Orthop 1997;83:495–504. »
- [78] Veillette C., MacKee M., « Growth factors– BMPs, DBM, and bufe coat products: are there any proven any differences among themn Injury, 2007; 38 (SI): 38–48. »
- [79] Ioannis D. Gelalis \*, Angelos N. Politis, Christina M. Arnaoutoglou, Anastasios V., Korompilias, Emilios E. Pakos, Marios D. Vekris, Athanasios Karageorgos, Theodoros A., et Xenakis ., « Diagnostic and treatment modalities in nonunions of the femoral shaft. A review Injury, Int. J. Care Injured 43 (2012) 980–988 ».
- [80] Pihlajamäki HK, Salminen ST, Böstman OM, « The treatment of nonunions following intramedullary nailing of femoral shaft fractures. J Orthop Trauma 2002; 16: 394–402. »
- [81] C. G. Finkemeier and M. W. Chapman, « "Treatment of Femoral Diaphyseal Nonunions," Clin. Orthop. Relat. Res., no. 398, pp. 223–234, 2002. »

- [82] J Korean Heun Guyn Jung, M.D., Dae Joong Kim, M.D., Byung Hak Kim, M.D., and Young et Yool Chung, M.D., « Treatment of the femoral shaft nonunion occurred after intramedullary nailing. Orthop Assoc 2007; 42: 653–658 ».
- [83] L. Webb, R. Winguist, and Hansen ST, « “Intramedullary nailing and reaming for delayed union or nonunion of the femoral shaft.A report of 105 consecutive cases.,” Clin. Orthop. Relat. Res. »
- [84] Joseph R. Lynch, MD Lisa A. Taitzman, MD, MPH David P. Barei, MD Sean E. Nork, MD., « Femoral Nonunion: Risk Factors and Treatment Options. Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons 2008; 16: 88–97 ».
- [85] Yangrim. S. Choi . K. S. Kim., « Plate augmentation leaving the nail in situ and bone grafting for nonunion of femoral shaft fractures. International Orthopaedics (SICOT) 2005; 29: 287–290. »
- [86] « “Comparing Augmentative Plating and Exchange Nailing for the Treatment of Nonunion of Femoral Shaft Fracture after Intramedullary Nailing:A Metaanalysis,” Chinese Orthop. Assoc., no. July 2019, pp. 50–57, 2020. »
- [87] Bara T, Synder M., « Nine–years experience with the use of shock waves for treatment of bone union disturbances. Ortop Traumatol Rehabil 2007; 9: 254–8. »
- [88] Kocaoglu M, Eralp L, Rashid H, Sen G, Bilsel K, « Reconstruction of segmental bone defects due to chronic osteomyelitis with use of an external fixator and an intramedullary nail. J Bone Joint Surg Am 2006 ; 88A : 2137–45. »
- [89] F. Dubrana., « Pseudarthroses infectées du fémur (Infected non–unions of the femoral shaft). Conférences d’enseignement 2008 : 65–8423. »

- [90] Inan M, Karaoglu S, Cilli F, Turk CY, Harma A, « Treatment of femoral nonunions by using cyclic compression and distraction. Clin Orthop Relat Res 2005; 436: 222–228 ».
- [91] R. K. Harshwal a, \*, S.S. Sankhala b , D. Jalan, « Management of nonunion of lower–extremity long bones using mono–lateral external fixator – Report of 37 cases. Injury, Int. J. Care Injured 45 (2014) 560–567 ».
- [92] Sanogo CO, « Aspects épidémiologiques et evaluation du traitement des pseudarthroses aséptiques de la diaphyse fémorale à l’hôpital de Kati de 15 cas Thèse Doctorat Médecine ,Bamako ;2005 ».
- [93] Bonneville P, « Fractures diaphysaire de l’adulte (fractures pathologiques exclus) EMC–Rhumatologie Orthopédie 2005 ;2 :394–410 ».
- [94] M. . Indong, Oh Stanley, H Nahigian, « “closed intramedullary nailing for united femoral shaft fractures.” . »
- [95] J. Cove, D. Lhowe, J. Jupiter, and J. Siliski, « “The management of femoral diaphyseal non unions,” Othhop Trauma, vol. 98B, no. 7, pp. 884–891, 1997. »
- [96] J. Hak, DJ Lee, SS Goulet, « “Success of exchange reamed intamedullary nailing for femoral shaft non union or delayed union.,” J. Orthop. Trauma, vol. 6, no. 11, pp. 1 –10, 2000. »
- [97] M. Panagiotis, « “Classification of non–union,” Injury, vol. 36, no. SUPPL. 4, pp. 30– 37, 2005. »

[98] Prasarn M.L, Ahn J, Achor T, Matuszewski P., « Management of infected femoral nonunions with a single-staged protocol utilizing internal fixation. Injury Int J Care Injured 2009; 40: 1220-5. »



أطروحة رقم 25/002

سنة 2025

**التمفصلات الكاذبة الغير المتعفنة لجذع الفخذ:  
العلاج ونتائجه  
(بصدد 11 حالة)  
الأطروحة**

قدمت و نوقشت علانية يوم 2025/01/22

من طرف

السيدة بالحبيب فاطمة الزهراء  
المزداة في 17 أكتوبر 1998 ببوعرفة

**لنيل شهادة الدكتوراه في الطب**

الكلمات المفتاحية

التمفصل الكاذب - جذع الفخذ - التسمير الداخلي - اللوحة الملونة - تطعيم العظام - التقشير

**اللجنة**

السيد المريني عبد المجيد..... الرئيس

أستاذ في جراحة العظام والمفاصل

السيد الإدريسي محمد..... المشرف

أستاذ في جراحة العظام والمفاصل

السيد عبيد حاتم.....  
أستاذ في جراحة العظام والمفاصل

أعضاء

السيد جبير حميد.....

أستاذ في جراحة الأوعية الدموية