

**RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE**

**Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique**

**UNIVERSITÉ DE SAAD DAHLAB BLIDA 1**

**FACULTÉ DE MÉDECINE DE BLIDA**

**Thèse Pour L'obtention Du Diplôme De Doctorat En Sciences Médicales**

**Indications et résultats des allogreffes dans les pertes des substances osseuses  
Aménagement de la banque d'os**

**Thèse Soutenue par**

**Dr AIT SAADI Meriem**

**Maitre assistante en chirurgie orthopédique et traumatologique**

**Directeur de thèse**

**Professeur HAMIDANI Mourad**

**Professeur en Chirurgie orthopédique et traumatologique**

**Membres de jury :**

**MELBOUCI YUCEF**

**MENADI ABDELGHANI**

**DERDOUS CHAOUKI**

**HARRAR RÉDA**

**Professeur Président de jury**

**Professeur Membre de jury**

**Professeur Membre de jury**

**Professeur Membre de jury**

**Soutenue le : 20/07/2020**

**N° d'ordre**

# *Dédicaces*

***À la mémoire de mon père,***

*À l'homme de ma vie, mon exemple éternel, mon soutien moral et source de joie et de bonheur, celui qui s'est toujours sacrifié pour me voir réussir.*

*J'espère que, du monde qui est sien maintenant, il apprécie cet humble geste comme preuve de reconnaissance de la part d'une fille qui a toujours prié pour le salut de son âme.*

*Puisse dieu, le tout puissant, l'avoir en sa sainte miséricorde ! Que dieu te garde dans son vaste paradis, à toi mon père.*

***À ma très chère mère,***

*Rien au monde ne pourrait compenser tes efforts et tes sacrifices pour mon éducation afin que je puisse me consacrer pleinement à mes études.*

*Que dieu te comble de santé, de bonheur et te procure une longue vie afin que je puisse te combler à mon tour.*

***À mon très cher frère Hocine,***

*Mon cher frère, Mon ange gardien dans les moments les plus délicats de cette vie, les mots ne suffisent guère pour exprimer l'attachement, l'amour et l'affection que je porte pour toi.*

*Je te souhaite tout le bonheur du monde dans ta vie personnelle et professionnelle.*

*Je te dédie ce travail en témoignage de l'amour et la tendresse qui nous unissent.*

***À mes chers et adorables frères Abderrezak, Idris***

***À mes sœurs***

***À mes belles sœurs***

***À mes chers petits neveux et nièces***

*En témoignage de mon affection fraternelle, de ma profonde tendresse et reconnaissance, je vous souhaite une vie pleine de bonheur et de succès et que dieu, le tout puissant, vous protège et vous garde.*

***À mon très cher époux yazid***

*Une spéciale dédicace à cette personne qui compte déjà énormément pour moi, et pour qui je porte beau coup, d'amour, de tendresse et de respect.*

*Ton encouragement, ta générosité, ton soutien ont été pour moi une source de courage et de Confiance.*

*Merci d'être toujours à mes côtés, par ta présence, par ton amour dévoué et ta tendresse, pour donner du goût et du sens à notre vie de famille.*

***À la mémoire de mon frère Abdel Hafid***

***À la mémoire de mon amie Ferdji Faiza***

*J'aurais tant aimé que vous soyez présents.*

*Que dieu ait vos âmes dans sa sainte miséricorde*

**À mon amie Anissa BENAIDA,**

*En témoignage de l'amitié qui nous unit et des souvenirs de tous les moments que nous avons passé ensemble, je vous dédie ce travail en vous souhaitant une vie pleine de bonheur et de prospérité.*

**À ma très chère amie Mounia ZEGUELLI,**

*Ma conseillère, et amie fidèle, qui m'a assisté dans les moments difficiles et m'a pris doucement par la main pour traverser ensemble des épreuves pénibles....*

*Je te suis très reconnaissante, et je ne te remercierai jamais assez pour ton amabilité, ta générosité, ton aide précieuse.*

*Je te dédie ce travail avec tous mes vœux de bonheur, de santé et de réussite à toi, à tes filles Dalia, Dina et à ta maman tata Souraya.*

**À mon amie de toujours Zohra BENBOUAICHA**

*Les mots ne suffisent pas pour t'exprimer toute ma reconnaissance. Tu es pour moi une personne très chère sur qui je peux toujours compter.*

*En témoignage de l'amitié qui nous unie et des souvenirs de tous les moments que nous avons passés ensemble je te dédie ce travail.*

**À ma chère amie Soumeya HOCINE,**

*Tu as toujours été présente pour les bons conseils. Ton affection et ton soutien m'ont été d'un grand secours au long de ma vie professionnelle et personnelle.*

*Je te dédie ce travail en te souhaitant une vie pleine de joie et de bonheur à toi, à ton fils Anes et à ta maman tata Fouzia.*

**À ma chère Fatm Zohra ZOUAHI,**

*« Aucune route n'est longue aux côtés d'une amie », tu étais et tu le seras pour toujours. Tu m'as toujours aidé et encouragé, que dieu te protège et te garde pour tous ceux qui vous aiment.*

*Veillez trouver dans ce modeste travail ma reconnaissance pour tous tes efforts.*

**À mes amis de toujours,**

***Hidayette Saidi, Nesrine Boulaasel, Fouzia Touati, Nassima Belhabib, Atika Mazari.***

*En souvenir de notre sincère et profonde amitié et des moments agréables que nous avons passés ensemble.*

*Veillez trouver dans ce travail l'expression de mon respect le plus profond et mon affection la plus sincère.*

*À tous ceux ou celles qui me sont chers et que j'ai omis involontairement de citer.  
À mes compagnons d'orthopédie  
À Tous Mes enseignants tout au long de mes études  
À tous ceux qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail  
Au personnel médical et paramédical de service de chirurgie d'orthopédie  
De Blida : Infirmiers, cadre de santé, anesthésistes, secrétaires.  
Aux résidents  
Aux patients  
À tous ceux qui ont cette pénible tâche de soulager les gens et diminuer leurs  
Souffrances.*

*Je vous dis à toutes et à tous merci*

# *Remerciements*

*À Mon Maître Et Directeur De Thèse*

*Monsieur Le Professeur HAMIDANI Mourad*

*Vous m'avez fait un très grand honneur de nous avoir confié ce travail, qui n'aurait pu être achevé sans votre appui.*

*Vous m'avez aidé, guidé et éclairé par vos précieux conseils dans son élaboration de la manière la plus utile, la plus pertinente, avec patience et compréhension, ne ménageant ni votre temps ni vos efforts.*

*Je vous porte une grande considération pour votre humilité, votre générosité et votre compétence professionnelle.*

*Soyez assuré, cher maître, de mon admiration et mon sincère estime.*

*Veillez trouver ici, Professeur, l'expression de notre profonde gratitude.*

*À Mon Maître Et Président De Jury*

*Monsieur Le Professeur MELBOUCI Youcef*

*Je suis très honorée que vous ayez accepté de présider le jury de cette thèse.*

*Je vous remercie pour la gentillesse et la spontanéité avec lesquelles vous avez bien voulu diriger ce travail.*

*Veuillez, cher maître, trouvé dans ce modeste travail l'expression de mon haute considération, de mon sincère reconnaissance et de mon profond respect.*

*À Mon Maître Et Juge De Thèse,*

*Monsieur Le Professeur MENADI Abdelghani*

*Je suis très touchés et reconnaissants de la spontanéité et la gentillesse avec laquelle vous m'avez reçu et accepté de juger mon travail.*

*Je vous remercie vivement de l'honneur que vous m'avais fait en siégeant dans ce jury.*

*Votre jugement sera d'une grande valeur dans l'appréciation de ce travail.*

*Veillez accepter, chers Maîtres, mes sincères remerciements.*

*À Mon Maître Et Jury De Thèse*

*Monsieur Le Professeur DERDOUS Chaouki*

*Je remercie les plus sincères pour l'honneur que vous nous faites en acceptant de juger mon travail.*

*Vos qualités humaines, votre compétence et votre modestie demeurent à nos yeux exemplaires.*

*Ces quelques lignes sont pour moi l'occasion de vous exprimer mon admiration et mon respectueuse considération.*

*À Mon Maître Et Jury De Thèse,*

*Monsieur le professeur HARRAR Réda*

*Je vous remercie vivement pour l'honneur que vous m'avez fait en acceptant de juger ce travail.*

*Je suis très sensible à votre gentillesse et à l'amabilité de votre accueil.*

*Je vous prie d'accepter l'expression de mes sentiments les plus respectueux.*

*À Mon Cher Professeur BENZINEB Omar*

*Je ne vous remercierai jamais assez pour votre soutien, tes conseils judicieux et ton aide précieuse, merci infiniment.*

*Que dieu vous protège et vous garde pour tous ceux qui vous aiment.*

*Permettez-moi d'exprimer ici toute mes reconnaissances et mes remerciements.*

## *Le serment d'Hippocrate*

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

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

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

*J'informerai les patients des décisions envisagées, de leurs raisons et de leurs conséquences.*

*Je ne tromperai jamais leur confiance et n'exploiterai pas le pouvoir hérité des circonstances pour forcer les consciences.*

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

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

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

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

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

# Étude Théorique

# TABLE DES MATIÈRES

## PARTIE THÉORIQUE

<b>I.</b>	<b>INTRODUCTION.....</b>	<b>06</b>
<b>II.</b>	<b>OBJECTIFS DE NOTRE TRAVAIL .....</b>	<b>07</b>
<b>III.</b>	<b>HISTORIQUE.....</b>	<b>08</b>
<b>IV.</b>	<b>PHYSIOLOGIE DU TISSU OSSEUX</b>	
<b>4.1.</b>	<b>Généralités.....</b>	<b>10</b>
<b>4.2.</b>	<b>L'organisation du tissu osseux</b>	
	4.2.1. Organisation structurale.....	11
	4.2.2. Organisation architecturale.....	12
➤	<b>Os cortical ou compact.....</b>	<b>12</b>
➤	<b>Os trabéculaire ou spongieux.....</b>	<b>13</b>
➤	<b>Tête fémorale.....</b>	<b>14</b>
➤	<b>Architecture de l'extrémité supérieure du fémur.....</b>	<b>15</b>
<b>4.3.</b>	<b>Matrice osseuse</b>	
	4.3.1. La matrice organique.....	17
	4.3.2. Fonction minérale.....	18
<b>4.4.</b>	<b>Les cellules osseuses</b>	
	4.4.1. Origine .....	18
	4.4.2. Lignée ostéoclastique.....	18
	4.4.3. Lignée ostéoblastique.....	20
	4.4.4. Cellules bordantes.....	20
<b>4.5.</b>	<b>Remodelage osseux.....</b>	<b>21</b>
<b>V.</b>	<b>VASCULARISATION OSSEUSE</b>	
<b>5.1.</b>	<b>Le système artériel .....</b>	<b>25</b>
<b>5.2.</b>	<b>Le système capillaire.....</b>	<b>26</b>
<b>5.3.</b>	<b>Le système veineux.....</b>	<b>26</b>
<b>5.4.</b>	<b>Vascularisation de la tête fémorale.....</b>	<b>27</b>
<b>VI.</b>	<b>BIOMÉCANIQUE ET TISSU OSSEUX</b>	
<b>6.1.</b>	<b>Généralités biomécaniques.....</b>	<b>29</b>
<b>6.2.</b>	<b>Influence de la biomécanique sur un tissu vivant.....</b>	<b>30</b>
<b>6.3.</b>	<b>Application des lois biomécanique à un tissu complexe.....</b>	<b>31</b>
<b>6.4.</b>	<b>Complexe os-muscle.....</b>	<b>33</b>

## **VII. LA CONSOLIDATION DES FRACTURES**

<b>7.1. Processus de réparation de l'os cortical chez l'adulte au cours du traitement orthopédique (consolidation naturelle).....</b>	<b>34</b>
<b>7.2. Consolidation de l'os cortical de l'adulte (traitement chirurgical).....</b>	<b>41</b>
<b>7.3. Consolidation de l'os spongieux.....</b>	<b>42</b>
<b>7.4. Consolidation en distraction.....</b>	<b>42</b>
<b>7.5. Facteurs influençant la consolidation des fractures.....</b>	<b>43</b>

## **VIII. MOYENS DE RECONSTRUCTIONS OSSEUSES : LES SUBSTITUTS OSSEUX**

<b>8.1. Cahier des charges d'un substitut .....</b>	<b>45</b>
<b>8.2. Les différents substituts :</b>	
<b>8.2.1. Substituts osseux d'origine non osseux :</b>	
8.2.1.1. Les céramiques de phosphate de calcium.....	47
8.2.1.2. Céramique et collagène.....	48
8.2.1.3. Le BOP (biocopolymère).....	49
8.2.1.4. Le ciment acrylique.....	50
8.2.1.5. Plâtre de Paris.....	51
8.2.1.6. Les dérivés de l'acide polyacrylique.....	51
8.2.1.7. Corail.....	51
8.2.1.8. Bioverres.....	52
8.2.1.9. Substituts osseux injectables.....	52
<b>8.2.2. Substituts d'origine osseuse ou dérivés :</b>	
<b>8.2.2.1. Les substances ostéo inductives.....</b>	<b>54</b>
<b>8.2.2.2. Les substituts osseux à base de produit cellulaires.....</b>	<b>56</b>
<b>8.2.2.3. Xénogreffes.....</b>	<b>57</b>
<b>8.2.2.4. Autogreffes.....</b>	<b>58</b>
<b>8.2.2.5. Allogreffes.....</b>	<b>61</b>
8.2.2.5.1. Définition.....	61
8.2.2.5.3. Histologie des allogreffes .....	62
8.2.2.5.4. Biologie des greffes osseuses :	
➤ Principes de base.....	64
➤ La réhabilitation a la surface d'une allogreffe osseuse .....	64
➤ L'incorporation a la jonction allogreffe – os receveur.....	66
➤ Facteurs contrôlant l'incorporation des allogreffes osseuses .....	67
➤ Le problème immunologique.....	69
8.2.2.5.5. Les maladies transmissibles par allogreffe osseuse	
➤ Infections bactériennes à germe banal.....	71
➤ Les infections virales .....	71
➤ Autres infections.....	73
8.2.2.5.6. Modalités chirurgicales de l'incorporation de l'allogreffe .....	73
8.2.2.5.7. Indications des allogreffes osseuses : (tête de banque) .....	74
8.2.2.5.8. Évolution à long terme et complications .....	77
8.2.2.5.9. Avantages et limites de l'utilisation de l'allogreffe de Banque.....	78

## **IX. ORGANISATION D'UNE BANQUE D'OS**

<b>9.1.GÉNÉRALITÉS :</b> .....	<b>79</b>
<b>9.2.LE DONNEUR :</b>	
<b>9.2.1. La sélection du donneur potentiel et asepsie du prélèvement.....</b>	<b>79</b>
<b>9.2.2. Techniques de prélèvement, conditionnement, Traçabilité Étiquetage, fichage, gestion des données</b>	
9.2.2.1. Technique de prélèvement des greffes.....	83
9.2.2.2. Conditionnement.....	83
9.2.2.3. Traçabilité Étiquetage, fichage, gestion des données.....	83
<b>9.2.3. Contrôles de qualité.....</b>	<b>84</b>
<b>9.3. BANQUE D'OS :</b>	
<b>9.3.1. Aspect médico-légal et éthique .....</b>	<b>85</b>
<b>9.3.2. Les méthodes de conservation tissulaire :</b>	
9.3.2.1. Le lavage du greffon .....	86
9.3.2.2. La cryopreservation.....	86
9.3.3.3. La lyophilisation .....	92
9.3.3.4. Autres méthodes de conservation.....	92
<b>9.3.3. Les méthodes de désinfection</b>	
<b>9.3.3.1. Les agents chimiques désinfectants.....</b>	<b>93</b>
<b>9.3.3.2. Les agents physiques désinfectants.....</b>	<b>93</b>
<b>9.3.4. Les méthodes de stérilisation</b>	
<b>9.3.4.1. Rappels généraux.....</b>	<b>94</b>
<b>9.3.4.2. La radio stérilisation.....</b>	<b>95</b>
<b>9.3.4.3. La stérilisation par oxyde d'éthylène .....</b>	<b>96</b>
<b>9.3.4.4. La stérilisation par la chaleur.....</b>	<b>97</b>
<b>9.3.5. Transport et utilisation .....</b>	<b>97</b>
<b>9.3.6. Méthode d'utilisation de l'allogreffe dans notre service .....</b>	<b>98</b>

## **PARTIE PRATIQUE :**

<b>I.</b>	<b>PRÉSENTATION DU TRAVAIL.....</b>	<b>101</b>
<b>II.</b>	<b>LES CRITÈRES D'INCLUSION ET D'EXCLUSION.....</b>	<b>102</b>
<b>III.</b>	<b>ÉTUDE ÉPIDÉMIOLOGIQUE :</b>	
<b>3.1.</b>	<b>Les données épidémiologiques générales :</b>	
3.1.1.	Age.....	104
3.1.2.	Sexe.....	105
3.1.3.	Coté atteint .....	106
3.1.4.	Antécédents .....	107
3.1.5.	Le siège .....	108
<b>3.2.</b>	<b>Les données épidémiologiques pour chaque groupe</b>	
<b>3.2.1.</b>	<b>Groupe tumeur :</b>	
3.2.1.1.	Age.....	111
3.2.1.2.	Sexe .....	112
3.2.1.3.	Coté atteint .....	113
3.2.1.4.	Antécédents.....	114
3.2.1.5.	Les interventions préalables.....	115
3.2.1.6.	Localisation tumorale.....	116
3.2.1.7.	Le siège.....	117
3.2.1.8.	Répartition topographique.....	119
3.2.1.9.	Clinique.....	121
3.2.1.10.	Radiologie.....	122
3.2.1.11.	Classification.....	123
3.2.1.12.	La nature histopathologie de la tumeur .....	127
<b>3.2.2.</b>	<b>Groupe pseudarthrose :</b>	
3.2.2.1	Age.....	128
3.2.2.2	Sexe.....	129
3.2.2.3.	Coté atteint .....	130
3.2.3.4.	Antécédents .....	131
3.2.3.5.	Les interventions préalables .....	132
3.2.3.6.	Étiologie de traumatisme initiale.....	133
3.2.3.7.	Lésions cutanées initiales .....	134
3.2.3.8.	Le siège .....	135
3.2.3.9.	Localisation osseuse da la pseudarthrose .....	138
3.2.3.10.	Traitement initiale.....	139
3.2.3.11.	Délai moyen de consultation .....	140
3.2.3.12.	Clinique .....	141
3.2.3.13.	Type de pseudarthrose.....	142
3.2.3.14.	Radiologie .....	143
3.2.3.15.	Classification .....	144
3.2.3.16.	Perte de substance osseuse .....	145

<b>3.2.3. Groupe coxarthrose</b>	
3.2.3.1. Age.....	146
3.2.3.2. Sexe.....	147
3.2.3.3. Coté atteint .....	148
3.2.3.4. Étiologie.....	149
3.2.3.5. Antécédents.....	150
3.2.3.6. Les interventions préalables .....	151
3.2.3.7. Clinique.....	152
3.2.3.8. Radiologie.....	157
3.2.3.9. Perte de substance osseuse .....	158
<b>IV. LE TRAITEMENT</b>	
<b>4.1. Information du malade.....</b>	<b>159</b>
<b>4.2. Étude de l'opérabilité.....</b>	<b>159</b>
<b>4.3. Technique chirurgicale</b>	
4.3.1. La préparation du malade .....	159
4.3.2. Type d'anesthésie .....	160
4.3.3. Installation.....	160
4.3.4. Voie d'abord .....	161
4.3.5. La chirurgie de l'allogreffe	
4.3.5.1. Préparation du greffon.....	166
4.3.5.2. Les donneurs.....	167
4.3.5.3. Type de l'allogreffe et son niveau.....	174
4.3.5.4. L'association de l'autogreffe.....	184
4.3.5.5. Reconstruction prothétique et /ou ostéosynthèse .....	185
<b>4.4. Les suites opératoires .....</b>	<b>189</b>
<b>4.5. Immobilisation- Rééducation.....</b>	<b>189</b>
<b>4.6. Évolution- Complications.....</b>	<b>190</b>
<b>V. RÉSULTATS</b>	
5.1. La durée d'hospitalisation .....	192
5.2. Le recul .....	192
5.3. Les résultats radiologiques	
5.3.1. Les méthodes d'évaluation du résultat radiologiques.....	193
5.3.2. Résultats radiologiques .....	193
5.3.2.1. Étude de l'os receveur.....	195
5.3.2.2. Étude de la jonction os-allogreffe.....	199
5.3.2.3. Étude de l'aspect de l'allogreffe (ostéointégration).....	202
5.4. Les résultats fonctionnels	
5.4.1. Les méthodes d'évaluation des résultats fonctionnels.....	215
5.4.2. Résultats fonctionnels.....	216
<b>VI. DISCUSSION .....</b>	<b>221</b>
<b>VII. RECOMMANDATIONS.....</b>	<b>255</b>
<b>VIII. CONCLUSION .....</b>	<b>256</b>
<b>IX. BIBLIOGRAPHIE .....</b>	<b>258</b>
<b>X. LISTES .....</b>	<b>276</b>
<b>XI. ANNEXES.....</b>	<b>286</b>

## **I. INTRODUCTION :**

Durant les 20 dernières années, la greffe osseuse est devenue une pratique courante à l'échelle mondiale et les banques d'os ont pris une importance sans cesse croissante.

Cette pratique nécessite la conservation des tissus osseux dans un établissement spécifique qu'on appelle banque d'os.

Dans notre pays, les progrès réalisés dans le domaine médical et particulièrement, le développement de la chirurgie orthopédique, ont été le principal motif de la création de la banque d'os.

Le but de notre étude est d'apporter une réflexion sur la création d'une banque d'os en Algérie afin d'améliorer la prise en charge des pertes de substance de l'appareil locomoteur ne permettant pas l'utilisation de l'autogreffe. (ou cette dernière est insuffisante dans les grandes pertes de substance surtout lors des résections tumorales).

La première partie de ce travail est consacré au rappel sur la physiologie osseuse. Le mécanisme et le processus de la consolidation, l'allogreffe osseuse, la banque de tissu, mise en œuvre de l'organisation et aménagement de la banque d'os.

La deuxième partie, nous avons réalisé une étude prospective sur 80 patients, dont les objectifs sont :

1. Apprécier la pratique de ce mode de reconstruction et son efficacité.
2. Évaluer les résultats fonctionnels des patients porteurs d'allogreffes.
3. Nous exposerons dans notre série les caractéristiques chirurgicales et le résultat clinique, radiologique, carcinologique et fonctionnel.
4. Analyse des complications
5. L'intérêt d'une allogreffe pour restaurer une fonction de membre.

## **II. OBJECTIFS DE NOTRE TRAVAIL :**

Notre travail a pour objectif :

1. D'étudier les différentes étapes et les moyens nécessaires à la réalisation d'une banque d'os en Algérie.
2. De répondre à la demande accrue des grandes pertes de substances, large qui ne peuvent pas être traitée par l'autogreffe .
3. D'étudier le bénéfice de l'apport de l'allogreffe osseuse dans les pertes de substances osseuses post traumatique, dysplasique dégénérative ou tumorale.

Il s'agit d'une étude d'une étude prospective homogène, mono centrique, portant sur une série de 80 patients, effectuée au sein de service d'orthopédie (CHU DE BLIDA), présentant une perte de substance osseuse segmentaire ou cavitaire d'origine traumatique, dégénérative, tumorale ou dysplasique, ayant bénéficié d'une reconstruction osseuse par allogreffe osseuse provenant des têtes fémorales cryoconservées.

Notre étude repose sur :

1. L'analyse des résultats anatomiques, biologiques, radiologiques et fonctionnels, obtenus après reconstruction par allogreffe osseuse des têtes fémorales.
2. Définir les différents facteurs intrinsèques et extrinsèques susceptibles d'influencer les résultats sur la consolidation osseuse et nous avons comparé les résultats de notre série à ceux de la littérature.

Les résultats nous autorisent à émettre un certain nombre de réflexions concernant les indications de cette technique dans notre pratique quotidienne.

Nous espérons enfin contribuer à porter une solution dans le traitement et la prise en charge des pertes de substances osseuse en introduisant ce concept de la reconstruction par allogreffe osseuse des têtes fémorales cryoconservées.

### **III. HISTORIQUES :**

#### **La légende de SAINT CÔME et SAINT DAMIEN :**

Au même siècle après Jésus-Christ, dans la Rome Antique, deux frères, Côme médecin et Damien chirurgien, avaient obtenu de la part de Dieu le don de guérir, aptitude qui irrita profondément les autorités politiques de l'époque. En raison de leur croyance chrétienne, l'empereur Dioclétien ordonna en l'an 287 leur décapitation et leurs dépouilles mortelles furent transportées secondairement à Rome pour être déposées à l'intérieur d'une basilique bâtie en souvenir de leur martyr.

Au Vème siècle après Jésus Christ, cet édifice fut le théâtre d'un miracle posthume attribué aux deux saints. Un sacristain s'endormit pendant une prière, épuisé de douleurs liées à l'évolution d'une tumeur osseuse de la jambe. C'est alors qu'au cours d'un rêve, il vit apparaître Côme et Damien qui décidèrent de le soulager en réalisant la première allogreffe. Ils réséquèrent l'os tumoral et prélevèrent le tibia sain d'un mort décédé dans la journée pour le replacer en lieu et place du vide osseux occasionné au membre du sacristain, qui se réveilla ainsi guéri de tous ses maux. [12]

Cet événement inexplicable inspira à la Renaissance plusieurs grands créateurs de l'iconographie chrétienne, qui l'illustrèrent par de nombreuses fresques, une des plus célèbres signée par Fra Angélico est exposée de nos jours au musée San Marco à Florence. Canonisés, saint Côme et saint Damien ont été plus tard élus patrons des chirurgiens. [12]

#### **Le XIXème siècle :**

Bien que la première autogreffe osseuse humaine soit attribuée à un chirurgien allemand du nom de Philip von Walther en 1820, Léopold üllier reste le premier à avoir, durant la seconde partie du XIXème siècle, posé sérieusement les bases scientifiques des greffes osseuses, en particulier par la démonstration de l'effet conservateur de l'os par le froid confirmé ultérieurement par les travaux de Carrel. üllier demeure l'un des précurseurs de la chirurgie ostéoarticulaire conservatrice développée dans son ouvrage *Traité des résections et des opérations que l'on peut pratiquer sur le système osseux* publié en 1885-1889 et 1891, par opposition à la chirurgie mutilante héritée des guerres napoléoniennes. Cependant, la première allogreffe osseuse humaine rapportée dans la littérature scientifique est attribuée en 1879 à Sir William Mac EWEN, chirurgien général écossais qui traita chez un enfant une pseudarthrose septique d'humérus à partir d'un greffon tibial prélevé sur un membre amputé, expérience poursuivie quelques années plus tard par un français dénommé PONCET qui en 1887 réalise une allogreffe intercalaire lors de la prise en charge également d'une absence de consolidation post- fracturaire. [12]

#### **La Première Moitié Du XXème siècle :**

H. JUDET travailla énormément en 1906-1907 sur les allogreffes ostéoarticulaires expérimentales mais c'est à Eric LEXER, chirurgien plasticien allemand, que l'on doit en 1908 la première série importante chez l'homme d'allogreffes ostéocartilagineuses fraîches partielles ou totales du genou, avec en 1923 la publication de son étude qui conclut à 50% de bons résultats à 15 ans.[12]

Dallas PHEMISTER d'origine américaine fut celui qui utilisa pour la première fois le terme de « creeping-substitution » pour expliquer la recolonisation de l'os greffé par de l'os néoformé à partir du receveur. Néanmoins, les transferts homologues d'os cadavériques ou de segments amputés sur un donneur vivant resteront épisodiques pendant plusieurs années et l'analyse de leur évolution s'avèrera approximative malgré certaines réussites sporadiques spectaculaires.

En 1942, Alberto INCLAN crée à Cuba la première banque de tissus digne de ce nom en préconisant la conservation de l'os par le froid à - 4°C (63). Cinq années plus tard, BUSH et WILSON, deux américains qui ne se connaissent pas, publient de manière concomitante leur expérience avec de l'os d'amputé conservé à - 20°C.

Par la suite, grâce à la fabrication en grandes séries d'appareils frigorifiques à basse température pour la préservation des denrées alimentaires, de nombreux services de chirurgie osseuse s'équipent de frigidaires, moyens simples et rapides de conserver et de disposer de greffons pour des interventions reconstructrices. Ainsi se développe le concept de « banque d'os », terme quelque peu impropre mais que l'usage a pérennisé. Parallèlement, CHASE et HERDON remarquent que l'immunogénicité des allogreffes peut être réduite par la congélation. Il faut alors une vingtaine d'années avant que ne paraissent plusieurs séries cliniques d'allogreffes massives suivies avec un long recul. [12]

### **La deuxième moitié du XXème siècle :**

En 1966, OTTOLENGHI de Buenos Aires et MERLE D'AUBIGNE démontrent non seulement que cette technique opératoire est possible mais qu'en plus, elle permet d'obtenir à court terme de bons résultats, données confirmées dans les années 1970 par VOLKOV et surtout PARRISI-I à partir d'un recul plus long.

Les chirurgiens orthopédistes repoussent alors avec hardiesse de plus en plus loin les limites de reconstruction de l'appareil locomoteur et la rançon de cette audace ne tarde pas à apparaître avec la survenue d'un taux croissant de complications, au premier rang desquelles figurent les infections. L'essor des banques de tissus se trouve alors quelque peu ralenti, mais depuis les années 1980, elles présentent un regain d'intérêt lié à 2 principaux axes de développement. Tout d'abord, les progrès de la chimiothérapie ont profondément modifié le pronostic vital des tumeurs osseuses malignes et ont permis d'élargir les indications d'une chirurgie conservatrice aux dépens de gestes plus radicaux tel que l'amputation ou la désarticulation, aidés en cela par le développement des techniques d'imagerie de plus en plus performantes telles que la tomodensitométrie ou la résonance magnétique nucléaire. [12]

Ensuite, sous l'impulsion de travaux nord-américains et plus particulièrement ceux publiés par MANKIN et FRIEDLANDER, l'amélioration relative à la méthodologie des banques d'os (rigueur des protocoles de conservation et de stérilisation) et le perfectionnement des techniques d'implantation du greffon ont renforcé la fiabilité des reconstructions par allogreffe. Que ce soit pour sauver des membres après résection large post-tumorale, pour permettre le remplacement de prothèses articulaires à l'origine d'une fragilisation ou d'une perte de substance osseuse majeure, voire pour certains dans la prise en charge secondaire de traumatismes graves chez le sujet jeune. [12]

L'utilisation des allogreffes de petite taille en particulier des têtes fémorales de banque est devenue banale dans de nombreuses indications (Symposium SOFCOT 1987 : Reconstructions cotyloïdiennes lors de reprises d'arthroplasties, comblement de cavités osseuses traumatologie). [12]

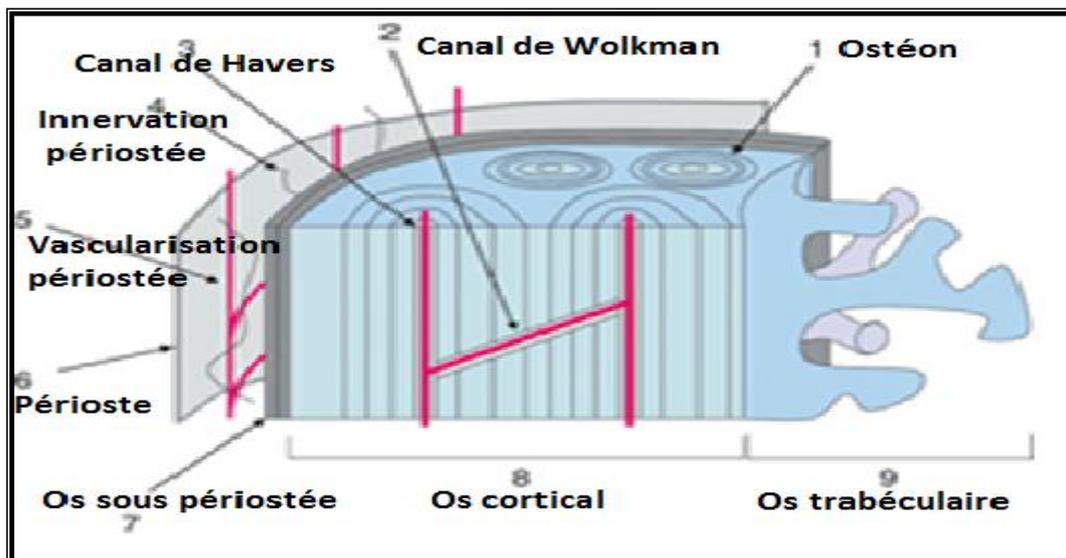
## IV. PHYSIOLOGIE DU TISSU OSSEUX :

### 4.1 Généralités :

Le tissu osseux, de par sa structure et ses fonctions, joue un rôle :

- ✓ protecteur des organes vitaux : le système nerveux central est protégé par la boîte crânienne et les vertèbres, tandis que le cœur et les poumons le sont grâce à la cage thoracique ;
- ✓ métabolique, par le maintien de l'équilibre phosphocalcique : en effet, notre squelette renferme 99 % du calcium et 90 % du phosphore de l'organisme, qui jouent un rôle biologique prépondérant dans la vie cellulaire, la transmission nerveuse et la coagulation sanguine ;
- ✓ hématopoïétique : la moelle osseuse contient les cellules hématopoïétiques, au sein de l'os spongieux ; c'est le lieu de fabrication des cellules sanguines ;
- ✓ biomécanique : l'os est à la fois solide et résistant mais aussi, dans une certaine mesure, élastique. Ces propriétés mécaniques lui permettent de supporter les effets de la pesanteur, de résister aux contraintes mécaniques externes et de résister également aux forces de contraction musculaires.

Ce rôle de soutien est étroitement lié à la nature du tissu osseux, à sa structure intime, à l'association des différents éléments qui le composent et à l'agencement des deux modèles architecturaux qui le constituent : l'os cortical et l'os trabéculaire (Figure 1 ). [156] [20]



**Figure 1 :** Le tissu osseux

**Source :** Physiologie du tissu osseux. T.THOMAS EMC consult17/08/2010

## **4.2 L'organisation du tissu osseux :**

L'organisation des différents éléments qui constituent l'os permet de distinguer plusieurs types de tissu osseux, dont le mode d'apparition, la répartition et surtout les propriétés mécaniques sont totalement différentes. [153] [20]

### **4.2.1. Organisation structurale :**

#### ➤ **Structure primaire :**

**Os tissé ou fibreux (non lamellaire) :** Il est caractérisé par une trame collagénique peu ordonnée et irrégulièrement minéralisée. Les fibres de collagène y sont de calibre inégal et les ostéocytes volumineux et nombreux. Il est synthétisé rapidement et il est mécaniquement peu résistant. C'est le seul type de tissu osseux qui se forme de novo sans matrice préalable. Il est caractéristique de l'os fœtal, mais on peut l'observer dans des situations pathologiques : cals de fracture, ossifications ectopiques, tumeurs ostéogéniques, etc. Au fur et à mesure de la maturation des pièces osseuses, l'os fibreux est remplacé par de l'os lamellaire. [156] [20]

**Os lamellaire :** Il est constitué de lamelles, de 3 à 7  $\mu\text{m}$  d'épaisseur, parallèles entre elles. Cet os lamellaire renferme des ostéocytes ovoïdes, réguliers, dont le grand axe est le plus souvent parallèle aux lamelles. Observé en lumière polarisée, il est constitué d'une alternance de lamelles claires et sombres qui sont le fait d'une variation de densité des fibres collagéniques. [156] [20]

#### ➤ **Structure secondaire :**

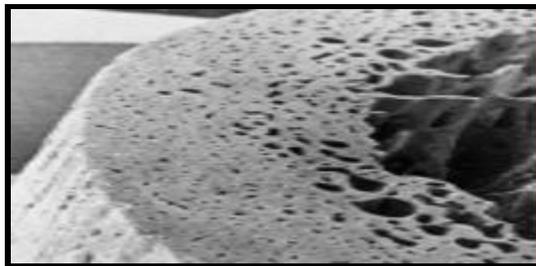
Le tissu osseux est constitué de la juxtaposition d'unités de base appelées « ostéons » centrées sur des vaisseaux sanguins associés à des fibres nerveuses (os haversien) dont la forme dépend du type d'os auxquels elles appartiennent : os cortical ou spongieux. Leur limite externe est constituée par la ligne cémentante, un peu plus dense en lumière polarisée. Entre les ostéons, le tissu osseux est appelé os interstitiel qui, chez l'adulte, est le fruit du remodelage d'ostéons anciens. [156] [20]

#### 4.2.2. Organisation architecturale :

➤ **Os cortical ou compact :**

Il représente environ 80 % du squelette et constitue la paroi externe de toute pièce osseuse, ainsi que la diaphyse des os longs (Figure 2 ). Ses ostéons sont cylindriques, de 200 à 300  $\mu\text{m}$  de diamètre, et centrés par un canal de Havers plus ou moins ouvert de 50  $\mu\text{m}$  de diamètre en moyenne dont l'orientation est grossièrement parallèle à l'axe de la diaphyse. Ils sont reliés par des canaux transversaux de Volkmann. [156] [20]

La résistance de l'os cortical dépend de plusieurs paramètres : extrinsèques (direction et vitesse d'application des contraintes exercées) ou intrinsèques (géométrie de la pièce osseuse et propriétés de la matrice minéralisée). [156] [20]

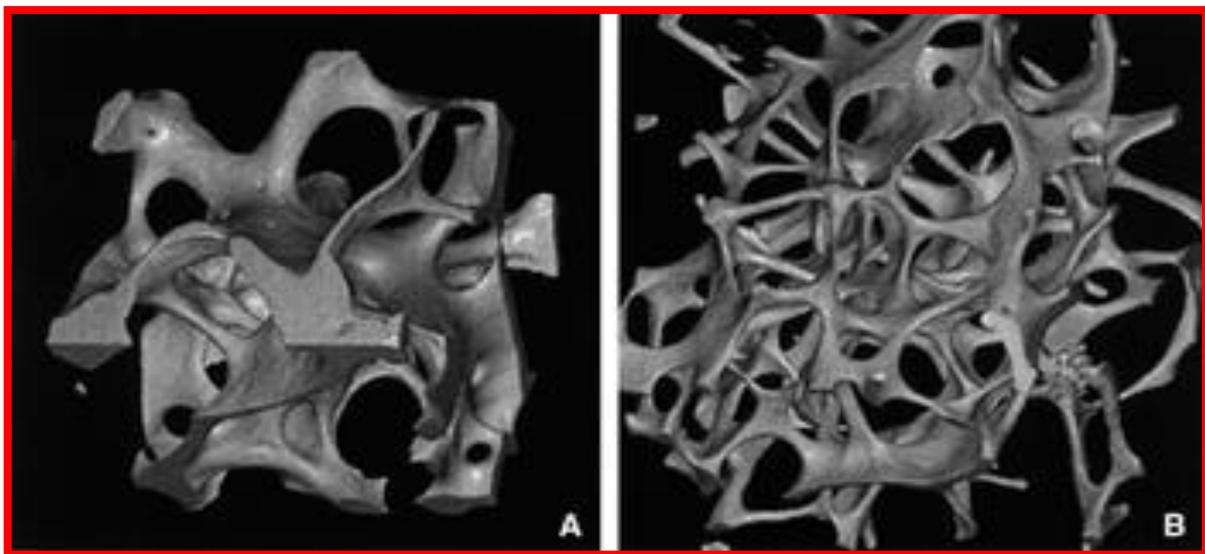


**Figure 2** : Aspect en microscopie électronique à balayage de la structure d'une corticale de fémur sectionnée transversalement à la diaphyse

**Source** : Physiologie du tissu osseux. T.THOMAS EMC consult17/08/2010

➤ **Os trabéculaire ou spongieux :**

Il ne représente que 20 % du squelette adulte. Il est constitué de travées en forme de plaques ou de colonnes reliées entre elles et entourées par du tissu adipeux et hématopoïétique richement vascularisé. Les travées forment ainsi un réseau tridimensionnel dont l'orientation est ajustée par les sollicitations mécaniques (Figure 3 ). Il représente une surface d'échange considérable avec les liquides interstitiels, avec un renouvellement plus rapide que celui de l'os cortical, jouant ainsi un rôle majeur dans l'équilibre phosphocalcique. Il participe d'autre part à la résistance aux contraintes mécaniques, notamment en compression, des épiphyses et des métaphyses des os longs et des corps vertébraux qu'il compose principalement. L'unité de base est cette fois un hémiostéon en forme de croissant ouvert sur la moelle [156] [20]

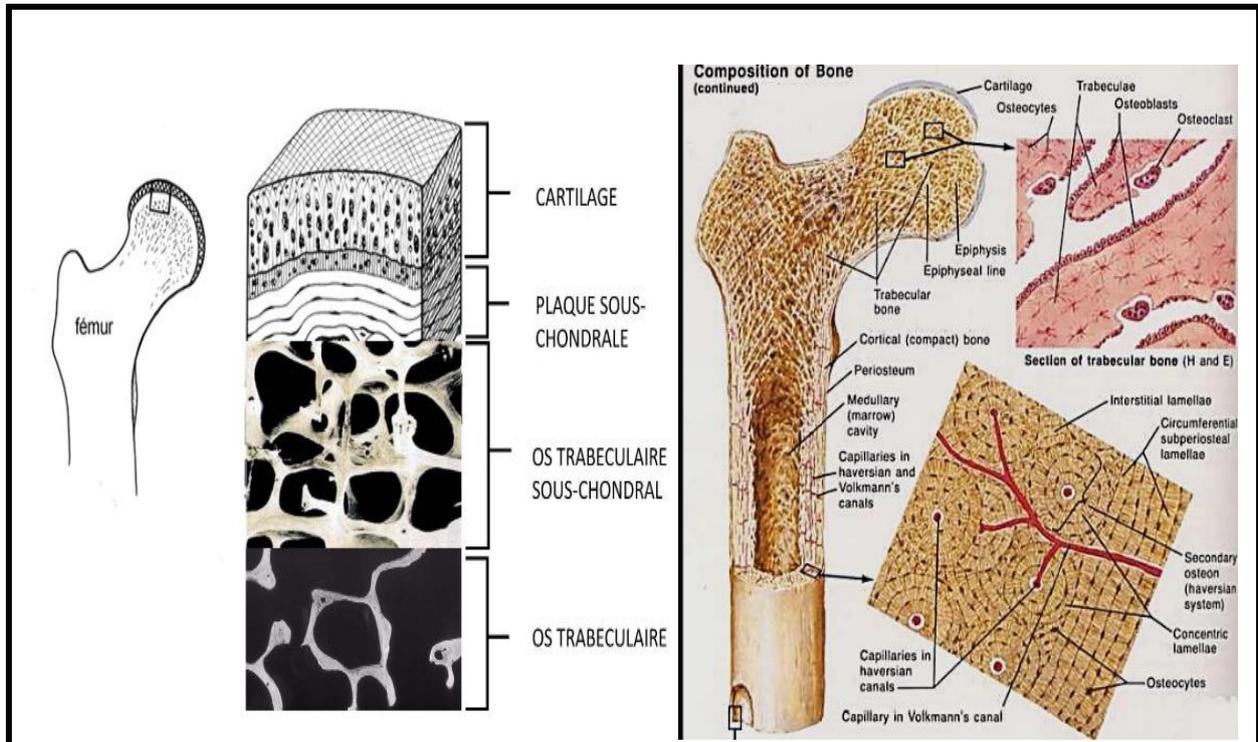


**Figure 3 :** Le réseau trabéculaire osseux vertébral est constitué de lames ou plaques reliées par des piliers ou cordons horizontaux. Sur cette image obtenue par microtomographie synchrotron, on observe les différences d'organisation du réseau trabéculaire et de formes de travées entre un sujet jeune (A) et un sujet âgé (B)

**Source :** Physiologie du tissu osseux. T.THOMAS EMC consult 17/08/2010

➤ **Tête fémorale :**

La tête fémorale est recouverte de cartilage reposant sur un os sous-chondral composé d'une plaque sous-chondrale et d'un os trabéculaire sous-chondral dense faisant la jonction avec l'os trabéculaire constituant l'architecture minérale interne de la sphère (2) (Figure 04 ). L'os sous-chondral rejoint une structure corticale à la jonction cervico-céphalique.



**Figure 04 :** Représentation schématique des couches cartilagineuse et osseuses constituant la tête fémorale

**Source :** Physiologie du tissu osseux. T.THOMAS EMC consult 17/08/2010

➤ **Architecture de l'extrémité supérieure du fémur :**

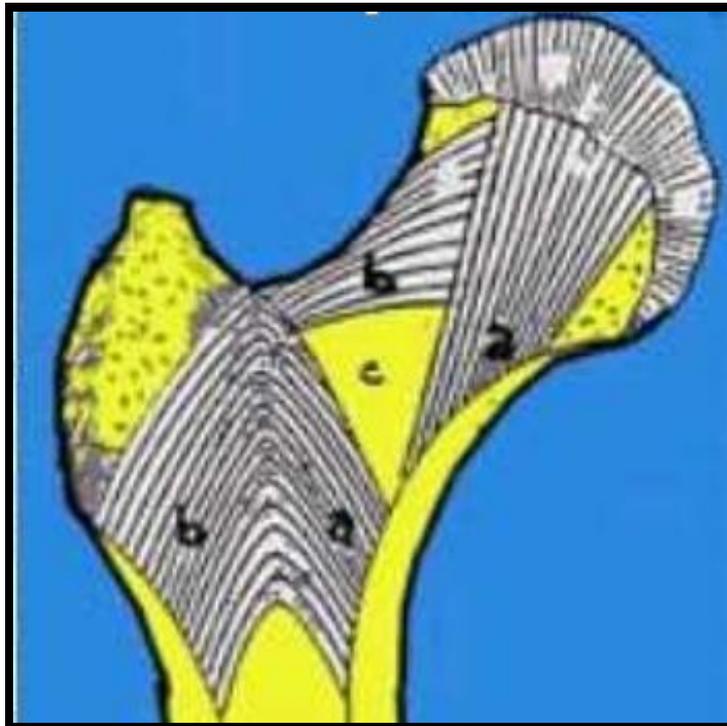
L'extrémité supérieure du fémur est constituée par une lame de tissu osseux compact entourant un bloc d'os spongieux très dense dont les travées s'ordonnent selon les lignes de force. (Figure 5)

• **les corticales :**

Le cylindre cortical de la diaphyse s'évase à l'extrémité supérieure du fémur au niveau des corticales interne et externe.

La corticale interne s'épaissit au niveau de la jonction cervico-diaphysaire, pour former un arc-boutant inférieur du col ou éperon de Merckel, elle s'amincit ensuite jusqu'à la base de la tête.

La corticale externe, moins épaisse, se termine au niveau du grand trochanter, elle n'est résistante que dans sa partie inférieure, qui seule, peut servir d'appui à un matériel d'ostéosynthèse.



**Figure 05 : Architecture de l'extrémité supérieure du fémur**

(Il y a des travées qui forment un système ogival avec des travées de compression (a) et des travées de traction (b) et une zone de fragilité, le triangle de WARD(c). Les traits de fracture passent par ces zones fragiles.)

**Source : Fractures de l'extrémité proximale du fémur** .Prof Claude FAURE, Prof Philippe MERLOZ, Dr Stéphane PLAWESKI, Dr Jérôme TONETTI

• **Les travées spongieuses :**

S'orientant selon des groupes de force superposables à la trame des lignes isostatiques d'un modèle photo-élastique de l'extrémité supérieure du fémur soumis à une charge R.

À la suite des travaux de Pauwels et de Maquet, Casting en a donné une modélisation schématique qui assimile le travail de la hanche à celui d'une grue. Certaines de ces travées travaillent en compression, d'autres en tension (figure 6)

- Le groupe principal de compression : éventail de sustentation constitue le pilier externe de l'arche céphalique.

Il naît de l'éperon de Merckel et s'épanouit en haut et en dedans vers le quadrant supéro-interne de la tête.

- Le groupe principal de tension : issu de la moitié inférieure de la tête. Il fait relais au bord supérieur du col, au niveau de la lame sus-cervicale puis se continue en dehors pour former le pilier externe de l'arche trochantérien.

- Le groupe secondaire de tension : issu de la face supérieure du col et se termine sur la corticale externe des fémurs.

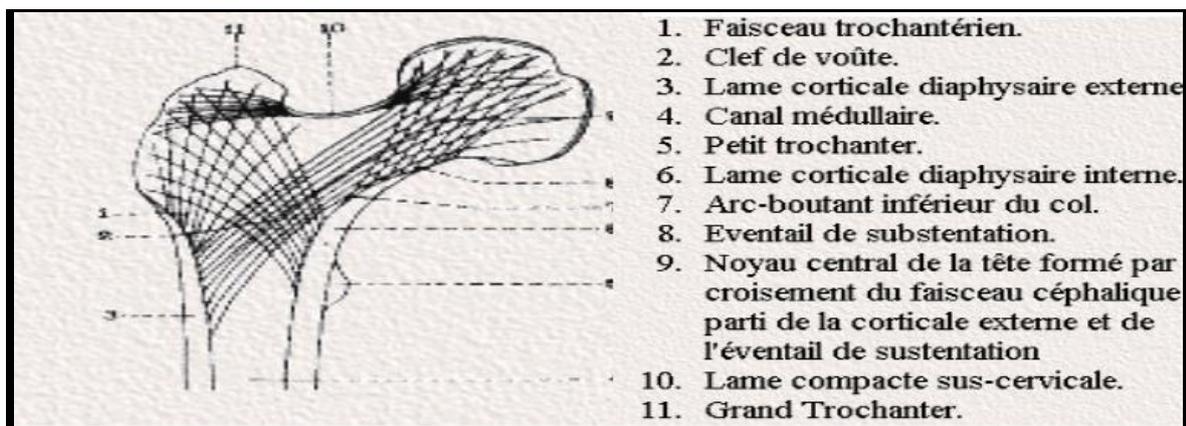
- Le groupe secondaire de compression : part de la corticale fémoral interne pour s'épanouir vers le grand trochanter.

Ces deux groupes secondaires constituent l'arche trochantérienne.  
Leur convergence constitue le système ogival.

- Le groupe trochantérien : tendu de la corticale diaphysaire à la zone d'insertion des muscles fessiers.

Ainsi, il existe deux zones anatomiques de faible résistance, siège des traits de fractures:

- L'une cervicale, entre les deux groupes cervicaux le groupe de compression trochantérien, c'est le triangle de WARD, siège préférentiel des fractures cervicales.
- L'autre, inter-trochantérienne entre le système ogival et le système de sustentation cervico-céphalique. C'est le siège des fractures cervico-trochantériennes.



**Figure 6 :** Les travées spongieuses.

**Source :** Fractures de l'extrémité proximale du fémur .Prof Claude FAURE, Prof Philippe MERLOZ, Dr Stéphane PLAWESKI, Dr Jérôme TONETTI

### **4.3. Matrice osseuse :**

C'est l'ostéoblaste qui synthétise la matrice osseuse et régule sa minéralisation. Elle comporte une partie organique et une phase minérale. La matrice osseuse stock par ailleurs de multiples facteurs de croissance et des cytokines et il existe des d'interaction entre la matrice et les cellules osseuses [35]

#### **4.3.1. La matrice organique :**

La fraction organique de cette matrice est composée de collagène de type I auquel est liée la fraction minérale constituée essentiellement de cristaux d'hydroxyapatite de calcium  $[Ca_1(PO_4)(OH)_2]$ . [156]

##### **➤ Fibres de collagène :**

Le collagène représente 90 % de la matrice organique. C'est une glycoprotéine fibreuse, rigide, formant une triple hélice (deux chaînes  $\alpha_1$  et une chaîne  $\alpha_2$ ) d'une longueur de 3 000 Å et de 50 Å de diamètre, riche en proline et hydroxyproline. Les gènes du collagène de type I sont situés sur les chromosomes 7 et 17, et codent respectivement les chaînes pro- $\alpha_1$  et pro- $\alpha_2$ . Les modifications post-transcriptionnelles comprennent la glycosylation et l'hydroxylation des résidus proline et lysine. Le collagène est synthétisé sous la forme de tropocollagène. Cinq molécules de tropocollagène sont ensuite agencées en microfibrilles ordonnées séquentiellement en longueur avec une période de 640 Å. Une fibrille est ensuite constituée par l'assemblage régulier de microfibrilles conférant à cette molécule en microscopie électronique un aspect caractéristique strié alternant bandes sombres et bandes claires. [156]

Le déploiement des fibres de collagène dans l'espace extracellulaire s'accompagne d'un arrangement spatial spécifique et du clivage des peptides d'extension aux extrémités amino- et carboxyterminales, ainsi que de la formation de pontages. Les fibres collagéniques ainsi formées sont associées à des protéines non collagéniques secrétées par les ostéoblastes, ainsi qu'à des protéines plasmatiques et des facteurs de croissance. Cette matrice nouvellement formée, appelée tissu ostéoïde, est minéralisée dans un second temps. [156]

##### **➤ Protéines non collagéniques :**

Elles ne constituent que 10 % du tissu organique de l'os et 2 % du poids total de l'os. On peut schématiquement classer les protéines non collagéniques en trois groupes :

Les protéines non collagéniques osseuses proprement dites, quantitativement les plus importantes, qui font partie intégrante de la matrice osseuse ; certaines sont spécifiques du tissu osseux comme l'ostéocalcine ;

- ✓ les protéines plasmatiques, synthétisées dans d'autres organes et qui s'accumulent dans l'os à partir du plasma et des liquides interstitiels ; l' $\alpha_2$ -HS glycoprotéine et l'albumine sont les plus abondantes de ces protéines adsorbées par l'os ;
- ✓ les facteurs de croissance, dont certains ont pu être isolés dans la matrice osseuse, comme le *transforming growth factor* (TGF) bêta ou certains membres de la famille des *insulin-like growth factors* (IGF).

- ✓ Les protéines non collagéniques participent non seulement à l'organisation macromoléculaire du tissu osseux, mais elles interviennent aussi dans de nombreux processus encore mal connus de la physiologie osseuse (mécanismes de la minéralisation, chimiotactisme cellulaire, phénomènes de couplage entre résorption et formation osseuses, etc. [[156]

#### **4.3.2. Fraction minéral :**

La minéralisation nécessite des concentrations adéquates en minéraux et l'existence de sites de nucléation localisés dans des zones particulières des fibres de collagène de type I, permettant la formation des cristaux d'hydroxyapatite. Ils sont formés de petites plaques hexagonales organisées en lamelles sur lesquelles se répartissent les ions  $\text{OH}^-$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  et  $\text{PO}_4^{3-}$ . La maille élémentaire du cristal a une dimension de  $15\text{-}30\text{\AA} \times 50\text{-}100\text{\AA} \times 400\text{-}500\text{\AA}$ . [156]

Parmi les enzymes associées à la différenciation ostéoblastique, la phosphatase alcaline est responsable du clivage des liaisons organophosphates qui libère le phosphate inorganique dans le milieu. Elle participe vraisemblablement au processus de minéralisation. Elle est localisée dans la membrane plasmique des ostéoblastes et son site actif est accessible à partir de la surface extracellulaire. Cette enzyme est également libérée dans la circulation sanguine et l'augmentation de sa concentration sérique est un marqueur de l'activité ostéoblastique. [156]

#### **4.4. Les Cellules osseuses :**

##### **4.4.1. Origine :**

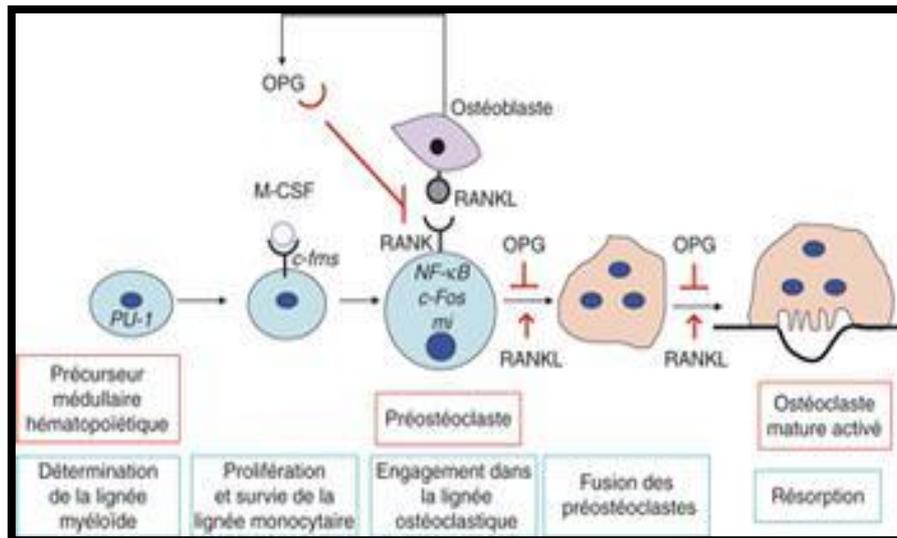
Les cellules osseuses trouvent leur origine dans la moelle, qui produit deux grands groupes de cellules souches :

- ✓ les cellules souches de la lignée hématopoïétique qui vont donner les cellules sanguines et immunitaires, dont la lignée monocyte-macrophage à l'origine des ostéoclastes ;
- ✓ les cellules souches mésenchymateuses ou stroma, qui sont à l'origine des fibroblastes, des adipocytes et des cellules endothéliales, et de la lignée ostéoformatrice (ostéoblastes et chondroblastes) [156]

##### **4.4.2. Lignée ostéoclastique :**

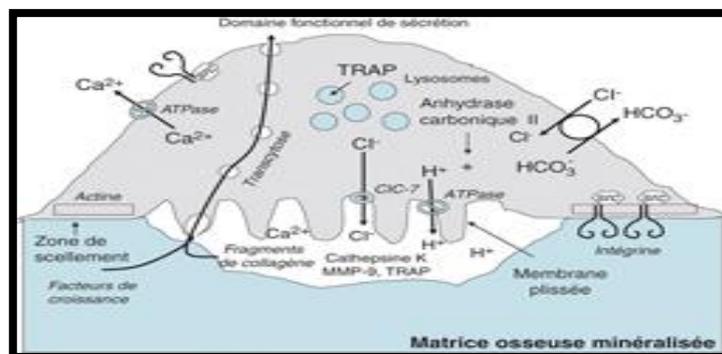
La lignée ostéoclastique dérive de précurseurs circulants, apparentés à la lignée gonocytaire, qui colonisent la moelle osseuse, et se différencient (au contact des cellules stroma les préostéoblastiques) en préostéoclastes mononucléés fusionnent pour former des ostéoclastes matures multinucléés (Figure 7)

Ces différentes étapes sont régulées par un grand nombre de cytokines et autres facteurs systémiques



**Figure 7 :** Différenciation des cellules de la lignée ostéoclastique.  
**Source :** Physiologie du tissu osseux. T.THOMAS EMC consult 17/08/2010

L'ostéoclaste mature est une cellule géante multinucléée (100 µm de diamètre en moyenne). Elle est caractérisée par la présence de phosphatase acide tartrate résistante contenue dans ses nombreux lysosomes, de récepteurs de la calcitonine, et par sa capacité à résorber la matrice osseuse minéralisée. Le pôle basal présente une membrane plissée appelée bordure en brosse au contact de laquelle la matrice est résorbée. La résorption débute par l'adhérence de l'ostéoclaste sur la travée osseuse avec constitution d'une « poche » hermétique entre membrane plissée et os dans laquelle l'ostéoclaste relargue notamment des ions H<sup>+</sup> grâce à une pompe à protons. Il s'ensuit une dissolution de la phase minérale du tissu osseux, suivie d'une phase de digestion de la matrice collagénique sous l'effet d'enzymes lysosomiales telles que la cathepsine K et les matrice métalloprotéases (ou collagénases) libérées par exocytose (Figure 8). L'os résorbé laisse peu à peu la place à une lacune de résorption (ou lacune de Howship). Le pH acide de cette lacune favorise l'activité de ces enzymes. Certains débris protéiques, incluant les produits de dégradation du collagène, sont transportés grâce au trafic vésiculaire (transcytose) à travers la cellule et sont ensuite excrétés dans le milieu extracellulaire au domaine fonctionnel de sécrétion. La durée de vie moyenne d'un ostéoclaste humain est de 2 semaines après lesquelles il entre en apoptose. [156]



**Figure 8 :** Ostéoclaste mature.  
**Source :** Physiologie du tissu osseux. T.THOMAS EMC consult 17/08/2010

#### **4.4.3. Lignée ostéoblastique :**

Membres de la lignée ostéoblastique :

Ostéoblaste :

Les ostéoblastes matures sont des cellules cuboïdales mononucléées de 20 µm de diamètre, alignées et attachées sur la matrice osseuse, et caractérisées par une activité phosphatase alcaline importante. [156]

Leur fonction principale est de synthétiser la matrice osseuse (ou tissu ostéoïde) et de participer à sa minéralisation au cours de la croissance du squelette, le renouvellement de la matrice osseuse chez l'adulte et la réparation osseuse. Au fur et à mesure que la matrice est synthétisée et minéralisée, les ostéoblastes deviennent moins actifs et s'aplatissent. Certains ostéoblastes s'incorporent à l'ostéoïde et deviennent des ostéocytes. D'autres deviennent des cellules bordantes (lining cells). D'autres enfin meurent par apoptose. [156]

Ostéocyte :

Un dixième environ des ostéoblastes matures se retrouvent « emmurés » dans la matrice minéralisée, au sein de logettes appelées ostéoplastes, et deviennent alors des ostéocytes. L'ostéocyte est une cellule étoilée possédant de très nombreux prolongements cytoplasmiques qui cheminent, au-delà de l'ostéoplaste, à travers un réseau de canalicules creusés dans la matrice osseuse et baignés de liquide extracellulaire. Ce réseau permet de relier les ostéocytes entre eux et aux cellules de la surface (ostéoblastes et cellules bordantes), assurant ainsi la transmission de diverses informations chimiques (ions, hormones) et mécaniques (mouvement de fluides, déformations, gravité) par le biais de jonctions communicantes intercellulaires. De ce fait, les ostéocytes sont de bons candidats au rôle de « mécanosenseur ».

Ainsi, plusieurs études montrent que ces cellules sont sensibles au stress mécanique et aux mouvements de fluides.

Ces cellules sont également capables de synthétiser certaines molécules, notamment en réponse à un stimulus mécanique et de jouer un rôle dans les échanges calciques entre le tissu osseux et le sang. Enfin, les ostéocytes expriment spécifiquement la sclérostine, puissant agent inhibiteur de la formation osseuse [156]

#### **4.4.4. Cellules bordantes :**

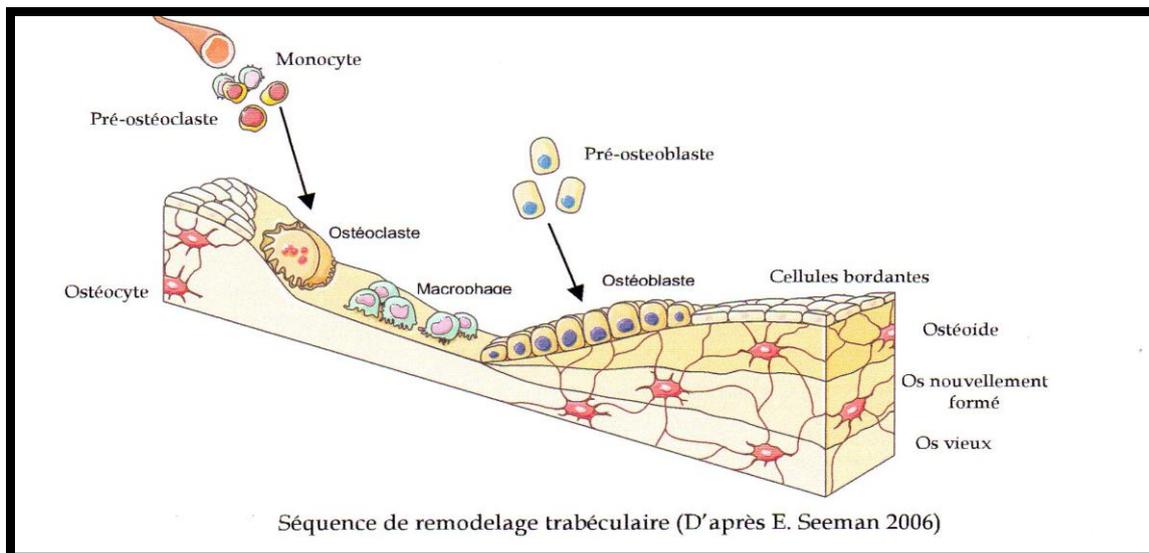
Les cellules bordantes sont des ostéoblastes devenus progressivement aplatis pour former une couche cellulaire attachée et alignée le long de surfaces osseuses dites inactives. Différents rôles leur sont attribués. Unies entre elles et aux ostéocytes, elles pourraient ainsi participer au réseau de communications intercellulaires. Elles pourraient également constituer une barrière fonctionnelle entre la moelle osseuse et l'os calcifié. Les cellules bordantes seraient également une source de cellules ostéoblastiques de réserve capables de se transformer en cellules ostéogéniques sous l'action de certains stimuli comme la PTH. Enfin, elles pourraient jouer un rôle déterminant dans la modulation de l'activité ostéoclastique en libérant lors de l'activation d'un cycle de remodelage des substances chimiotactiques reconnues par les précurseurs ostéoclastiques. L'exposition de l'os à la résorption ostéoclastique serait par ailleurs facilitée par les rétractions cytoplasmiques des cellules bordantes sous l'action de certaines hormones comme la 1,25(OH)<sub>2</sub> D<sub>3</sub> ou la PTH. [156]

#### 4.5. Remodelage osseux :

Le remodelage osseux accomplit trois principales fonctions. Il permet tout d'abord à l'organisme de réguler l'équilibre minéral (homéostasie du calcium et du phosphate). Il constitue ensuite un mécanisme d'adaptation du squelette à son environnement mécanique, réduisant ainsi le risque de fracture. C'est enfin un mécanisme de renouvellement tissulaire et de réparation des dommages osseux créés notamment lors des contraintes cycliques.

Le remodelage osseux se produit au niveau d'unités fonctionnelles de remodelage (ensemble de cellules appelés BMU ou basal multicellular unit, avec une activité couplée entre ostéoclastes et ostéoblastes).

La séquence de remodelage commence par une *phase d'activation* des cellules bordantes. La collagénase produite par les cellules bordantes permet la digestion de la couche de collagène sur lesquelles elles reposent. Les pré-ostéoclastes vont être attirés vers cette zone osseuse, fusionnent pour devenir des ostéoclastes actifs et érodent la surface osseuse, créant une zone de résorption (*phase de résorption*). Dans cette zone érodée se déposent des cellules mononuclées de type macrophagique lors de la phase dite *phase d'inversion*. Puis des ostéoblastes sont recrutés dans ces lacunes, se différencient localement et apposent une nouvelle matrice organique, le tissu ostéοide, comblant la zone résorbée par les ostéoclastes (*phase de formation*). Puis il existe une minéralisation d'abord primaire, puis secondaire plus lente. (Figure9)[156]



**Figure 9 :** Séquence de remodelage trabéculaire  
**Source :** Physiologie du tissu osseux. FRANCOISE DEBLAIS

## **Contrôle du remodelage :**

### ➤ **Facteurs locaux :**

Ces facteurs sont essentiellement produits par les ostéoblastes et les cellules du microenvironnement osseux. Ils constituent souvent des intermédiaires locaux issus de l'action de certaines hormones systémiques.

#### - **Système « receptor activating NF Kappa B (RANK)-ligand »/ostéoprotégérine (OPG)**

Les ostéoblastes sont nécessaires à la différenciation des ostéoclastes. Le système RANK-L/OPG, médiateur de cette communication intercellulaire entre ostéoblastes et ostéoclastes, exerce un rôle fondamental dans le contrôle de l'ostéoclastogenèse, la plupart des hormones et cytokines modulant la résorption osseuse agissant au moins en partie à travers cette voie. [156]

#### - **« Transforming growth factor bêta »**

Le TGF bêta constitue l'un des facteurs de croissance le plus abondamment stockés dans la matrice osseuse. Il est sécrété par les cellules en culture, dont les ostéoblastes, sous une forme biologiquement inactive, laquelle peut être activée *in vitro* par acidification ou par l'action d'une protéase telle que la plasmine. Impliqué dans les phénomènes de cicatrisation, le TGF bêta 1 est un facteur chimiotactique qui recrute différents types cellulaires, notamment les précurseurs ostéoblastiques, aux sites de réparation et d'inflammation. [156]

#### - **« Bone morphogenetic proteins » :**

Les BMP, définies à l'origine comme des protéines qui induisent la formation de cartilage et d'os, représentent presque un tiers de la superfamille des TGF bêta. La caractéristique commune des facteurs de la famille des TGF bêta est la présence d'un domaine conservé de sept résidus cystéine, impliqué dans le repliement de la molécule. Les BMP sont traduites sous la forme de grandes préprotéines composées d'un peptide signal, d'un prodomaine et d'un domaine actif. Après clivage du peptide signal, les proprotéines se dimérisent. Les enzymes protéolytiques spécifiques clivent les proprotéines dimérisées, donnant naissance aux protéines (dimères) biologiquement actives. [153] *In vitro*, les BMP, notamment les BMP 2, 4 et 7, induisent la différenciation des cellules mésenchymateuses multipotentes vers les voies ostéochondrocytaire et ostéoblastique. Les BMP régulent également la différenciation adipocytaire, en favorisant ou inhibant la différenciation des cellules stromales. De plus, les BMP régulent la différenciation des chondrocytes et la chondrogenèse pendant le développement du squelette. Comme d'autres membres de la superfamille des TGF bêta, les BMP transmettent leurs signaux en contactant simultanément deux récepteurs de type I et II de type sérine/thréonine kinases transmembranaires. Les BMP induisent la formation de complexes homéo- ou hétérodimériques des récepteurs I et II induisant respectivement l'activation de la voie des SMAD ou indépendamment de ces dernières comme les MAP kinases. Les effets des BMP sont modulés par des antagonistes extracellulaires tels que noggin ou sclérostine qui bloquent le signal en se liant aux BMP ou en inhibant leur fixation aux récepteurs spécifiques. La synthèse de ces antagonistes est généralement stimulée par les BMP, indiquant que l'équilibre entre les BMP et leurs antagonistes est maintenu. [156]

- « **Insulin-like growth factors** » :

L'os est une source très riche en IGF. Les IFG jouent un rôle important dans la formation du tissu osseux. L'IGF-1 a en effet une action mitogène importante sur les chondrocytes et les ostéoblastes. Il stimule également la différenciation ostéoblastique en augmentant la transcription de collagène, d'ostéocalcine et la production de cytokines. Leur action est contrôlée de façon complexe par un ensemble de protéines porteuses, les IGF binding proteins[156]

- **Prostaglandines** :

Les prostaglandines sont produites localement par les ostéoblastes, grâce à l'expression des prostaglandines G/H synthases ou cyclo-oxygénases (COX 1 et 2). La prostaglandine E2, principale prostaglandine synthétisée par les ostéoblastes, a des effets divers sur le métabolisme osseux, avec des effets stimulateurs ou inhibiteurs de la formation et de la résorption osseuse selon la dose et le mode d'administration. [156]

➤ **Facteurs systémiques** :

- **Hormones calciotropes** : Les hormones calciotropes interviennent dans le maintien de l'homéostasie phosphocalcique en agissant sur trois organes : l'os, le rein et l'intestin. Les hormones calciotropes les plus importantes sont la PTH et la vitamine D active (1,25(OH)<sub>2</sub>D<sub>3</sub>).
- **Parathormone** : La PTH, protéine de 84 acides aminés, est au centre de la régulation du métabolisme osseux, mais son action est complexe. La PTH est mise en jeu par l'hypocalcémie, ce qui conduit dans l'os à stimuler la résorption osseuse en augmentant le nombre et l'activité des ostéoclastes, induisant secondairement un flux de calcium de l'os vers le sang
- **Vitamine D** : La vitamine D active est la 1,25(OH)<sub>2</sub>D<sub>3</sub> ou calcitriol. Elle joue un rôle essentiel en tant que régulateur de l'homéostasie phosphocalcique et de la minéralisation du squelette, en stimulant l'absorption digestive du calcium et du phosphate. Mais elle a aussi des effets directs sur les cellules osseuses
- **Calcitonine** : La calcitonine est un peptide de 32 acides aminés, synthétisé principalement par les cellules C de la thyroïde. Elle est hypocalcémisante. La calcitonine inhibe directement la résorption osseuse, à travers des récepteurs spécifiques exprimés par les seuls ostéoclastes.
- **Hormones sexuelles** : En dehors du contrôle de l'homéostasie phosphocalcique, les œstrogènes sont les principaux régulateurs hormonaux du niveau de remodelage du tissu osseux indépendamment du sexe. Les androgènes ont également des effets sur le tissu osseux à travers des récepteurs spécifiques.
- **Hormones thyroïdiennes** : Elles agissent par le biais de récepteurs stéroïdiens qui s'hétérodimérisent avec les récepteurs de la vitamine D et de l'acide rétinoïque.
- **Hormone de croissance** : Elle est sécrétée par l'hypophyse et a des effets stimulateurs sur la croissance de nombreux organes (muscles, os, etc.). Les effets stimulateurs sur la formation osseuse induits par l'hormone de croissance peuvent être directs, en agissant sur des récepteurs spécifiques présents dans des tissus ou indirects, via la stimulation de la production d'IGF-I produite localement.

- **Autres hormones hypophysaires :** Les hormones hypophysaires exercent des effets osseux indirects à travers le contrôle de la sécrétion des hormones périphériques sous leur dépendance.  
Elles peuvent également agir directement par le biais de récepteurs spécifiques exprimés par les cellules osseuses. Ainsi, la thyroïdostimuline hypophysaire exercerait des effets protecteurs sur la masse osseuse par diminution de la formation ostéoclastique et la follicle stimulating hormone serait en partie responsable de la perte osseuse liée à l'ostéoporose postménopausique. La place dans la physiologie osseuse de ces voies directes reste à définir. [156]

## **V. LA VASCULARISATION DE L'OS :**

Comme dans n'importe quel tissu, la vascularisation d'un os long mature comporte un système artériel ou afférent, un système capillaire et un système veineux.

### **5.1. Le système artériel :**

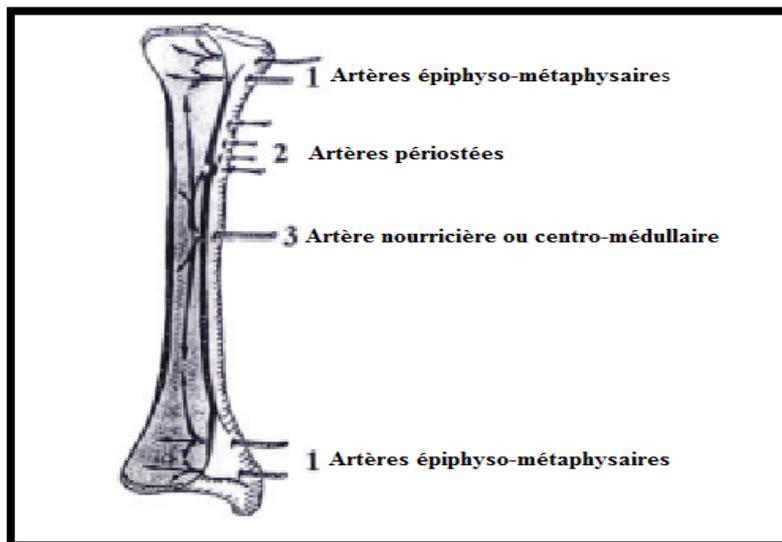
Trois types d'artères composent le système artériel qui assure toute la vascularisation d'un os long (figure 10).

- *L'artère nourricière*, qui est en général unique, pénètre dans l'os par le trou nourricier puis se divise en artère médullaire ascendante et descendante. Celles-ci assurent la quasi-totalité de la vascularisation diaphysaire.

- *Les artères épiphyso-métaphysaires* sont multiples, pénètrent dans l'os métaphysaire par les zones d'insertion capsulaires, ligamentaires, musculaires et tendineuses. On peut observer une anastomose à l'étage capillaire entre ces dernières et l'artère nourricière.

- *Les artères périostées* dont le rôle est la nutrition du cortex superficiel. Elles s'anastomosent également avec les terminaisons des artères médullaires dans la corticale.

La vascularisation des autres os (courts et plats) est diffuse et se rapproche en cela des réseaux épiphyso-métaphysaires. [3]



**Figure 10 :** Réseau artériel de l'os

**Source :** La circulation sanguine de l'os BAILLAT X. et TEOT L.

### **5. 2. Le système capillaire :**

Il se compose de petits vaisseaux intra-corticaux. Le terme de capillaire n'est pas exact car, circulant dans des canalicules osseux rigides, ils sont incapables de se dilater et d'effectuer des échanges directement avec le liquide interstitiel. Ce réseau capillaire emprunte le système haversien, est non anastomosé et irrigue à partir d'une même artériole de petits segments de corticale d'une hauteur d'au maximum 2 mm [3]

### **5. 3. Le système veineux :**

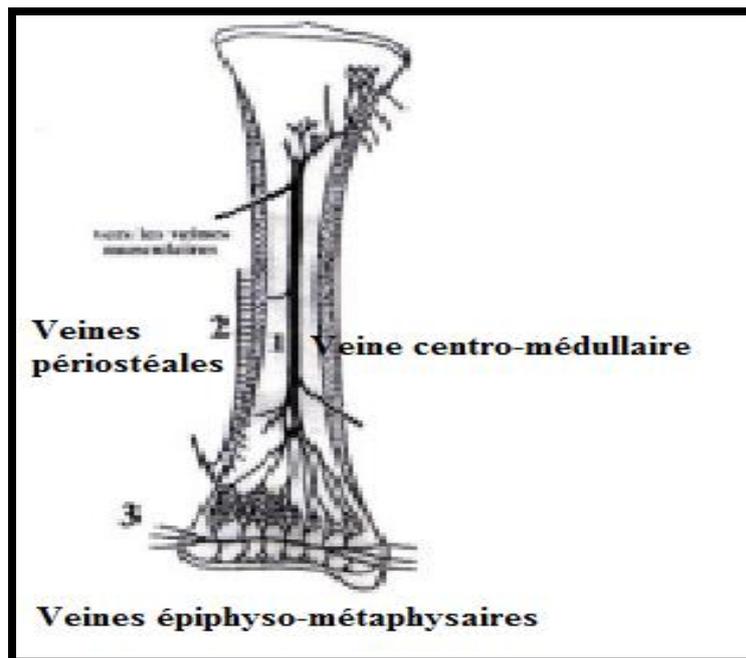
Le drainage des épiphyses et des métaphyses est assuré par de nombreuses veines épiphyso-métaphysaires satellites des artères (figure 8).

Le tiers interne de la corticale est drainé par une veine centromédullaire.

Du périoste partent de nombreuses veines collectrices qui rejoignent les veines musculaires.

Un système d'anastomoses assure la réunion de ces différents compartiments.

Par rapport à la vascularisation précédemment décrit, l'os des jeunes animaux présente des différences dues à la présence de cartilages de conjugaison et d'un périoste actifs. Le cartilage de croissance reçoit une irrigation à la fois par un cercle épiphysaire et un cercle métaphysaire. Quant au périoste, il est vascularisé par un système d'artères longitudinales prolongées par de nombreuses artérioles radiées. Tout ce réseau assure la vascularisation de l'os néoformé à partir du périoste (figure 11). [3]



**Figure 11** : Réseau veineux de l'os

**Source** : La circulation sanguine de l'os .BAILLAT X. et TEOT L.

#### 5.4. La vascularisation de la tête fémorale :

La tête fémorale a la forme de  $\frac{2}{3}$  de sphère de 4 à 5 cm de diamètre.

Elle regarde médialement, en haut et un peu en avant.

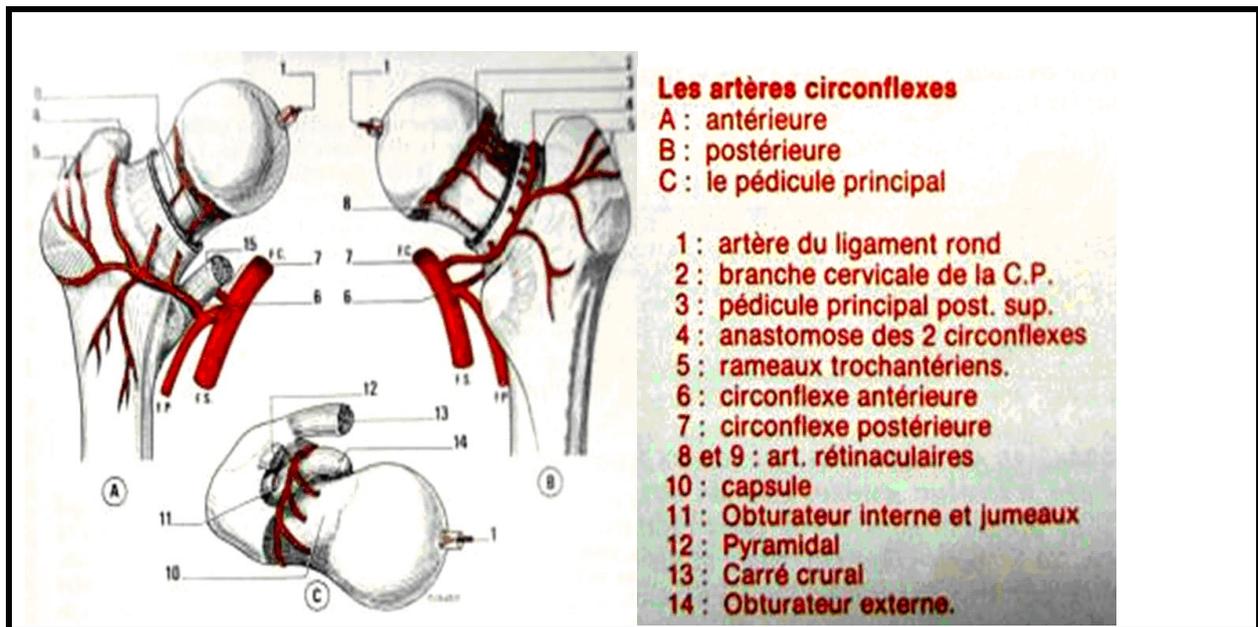
Elle est presque entièrement recouverte de cartilage articulaire sauf dans son cadran postéro-inférieur où on retrouve une fossette dépourvue de cartilage : la fovea capitis, dans laquelle s'insère le ligament rond (ou ligament de la tête fémorale).

L'irrigation de la tête fémorale est assurée par 03 pédicules : (figures 12, 13)

**Pédicule Supérieur :** Terminaison de l'artère circonflexe post

L'artère circonflexe postérieure : Nait aussi soit directement de la fémorale profonde soit du tronc des circonflexes, plus rarement de la fémorale commune, passe dans un défilé étroit entre psoas iliaque et pectiné avant de remonter à la face postérieure du col derrière l'obturateur externe et le carré crural. La première branche forme le pédicule postérieure inférieur du col auquel il est amené par un repli synovial lâche (repli- fovéal d'Amantini).

L'artère circonflexe postérieure se porte ensuite sur la face postérieure du col, et donne une branche grêle et plusieurs collatérales à destinée trochantérienne. Elle s'enfonce ensuite dans la fossette digitale entre le tendon de l'obturateur externe et celui commun aux jumeaux et à l'obturateur interne et perfore la capsule, recausant le pédicule principal postéro-supérieure ceux-ci sont formés par trois à quatre artères plaquées es par la synoviale a la face postéro-supérieure assurant la vascularisation des trois quarts (3/4) supérieurs et postérieurs de la tête.



**Figure 12 :** les artères circonflexes

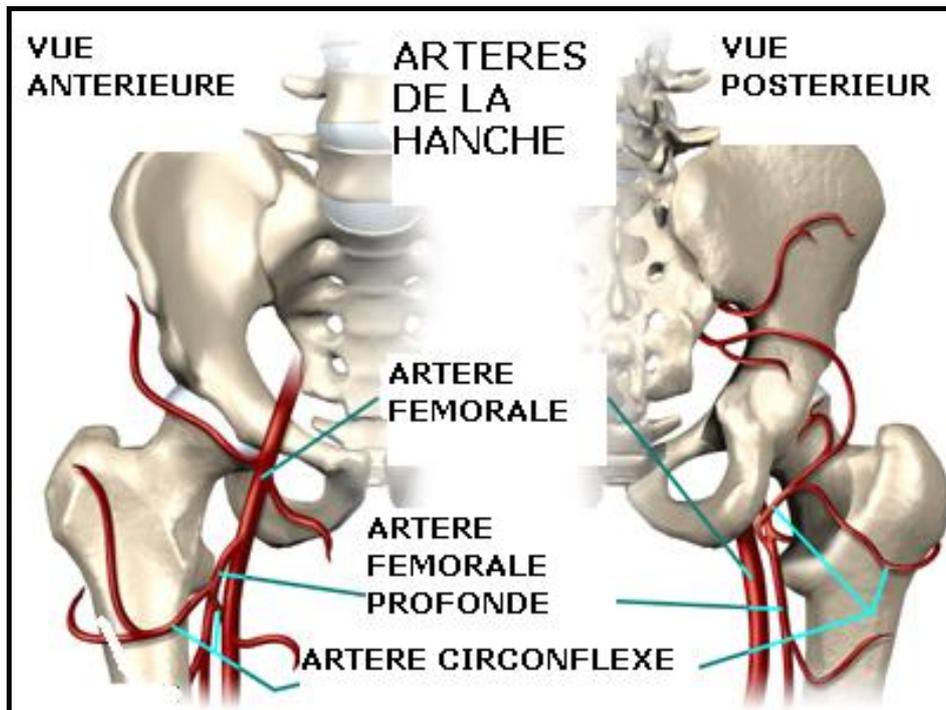
**Source :** Fractures de l'extrémité proximale du fémur .Professeur Claude FAURE, Professeur Philippe MERLOZ, Docteur Stéphane PLAWESKI, Docteur Jérôme TONETTI

**Pédicule inférieur** : Terminaison de l'artère circonflexe antérieure

L'artère circonflexe antérieure : Nait soit directement de l'artère fémorale profonde ou troncs des circonflexes passe entre le tendon du psoas iliaque et celui du droit antérieur en avant , longe la ligne inter- trochantérienne puis cravate la face externe du col, elle donne de nombreuses branches trochantériennes et une anastomose inconstante avec la circonflexe postérieure , son pédicule capsulaire longe le bord inférieur du col (artère retinaculaire-antéro-interne ) et assure la vascularisation du quart antérieure et inférieure de la tête.

**Pédicule interne** : ou l'artère du ligament Rond issue de la branche acétabulaire de l'obturatrice externe ; vascularise la région fovéale s'anastomose avec les branches terminales de la circonflexe postérieure.

**Cette vascularisation est de type terminal.**



**Figure 13** : les artères de la hanche

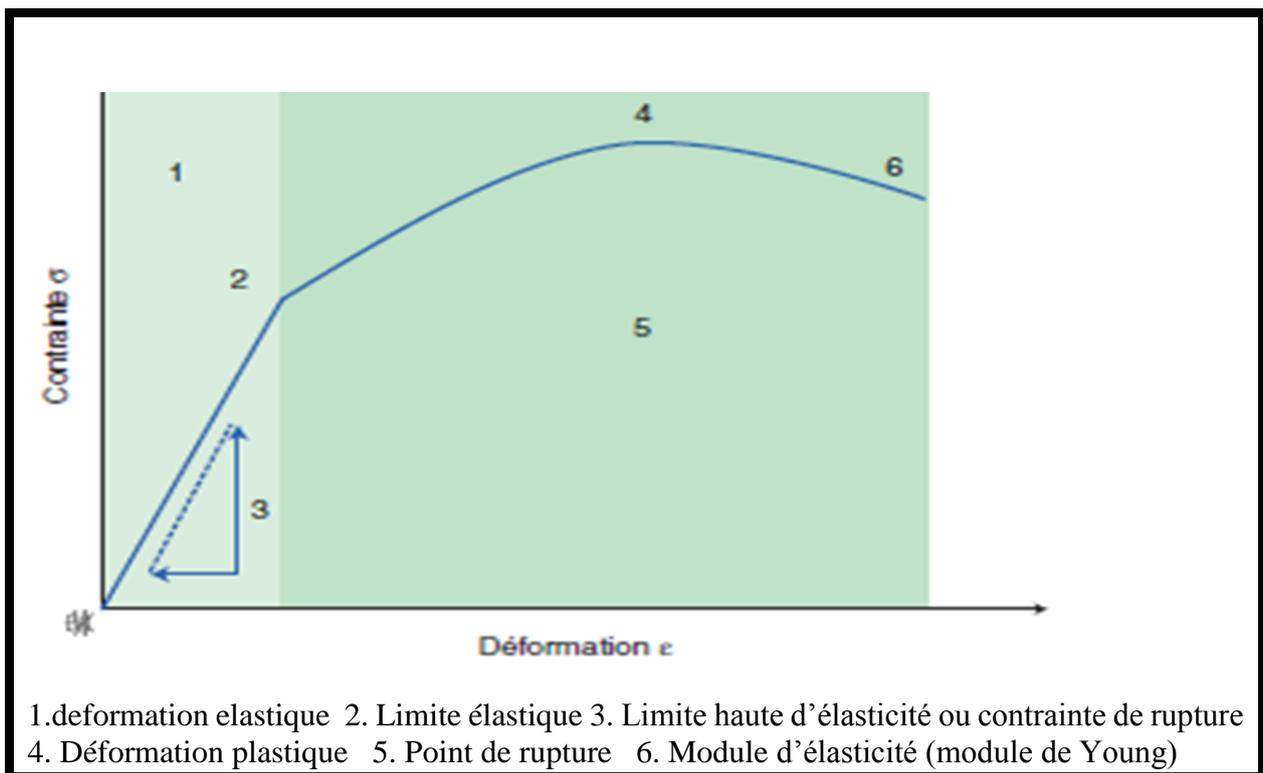
**Source** : Fractures de l'extrémité proximale du fémur .Professeur Claude FAURE, Professeur Philippe MERLOZ, Docteur Stéphane PLAWESKI, Docteur Jérôme TONETT

## VI. BIOMÉCANIQUE ET TISSU OSSEUX :

### 6.1. Généralités biomécaniques :

Les propriétés mécaniques d'une structure dépendent, d'une part, des propriétés du ou des matériaux qui la composent et, d'autre part, des propriétés liées à l'architecture de la structure.

Tout matériau a un comportement intrinsèque, indépendant de la géométrie de la structure étudiée. Ce comportement est défini grâce à plusieurs paramètres qui le caractérisent. Ainsi, parmi ces paramètres, il est essentiel de connaître le module d'élasticité du matériau. Ce module d'élasticité (module de Young) traduit la relation qui existe entre la déformation du matériau et la contrainte qui lui est appliquée. Il est déterminé lors d'un test biomécanique en rupture. Pour cela, on considère une éprouvette du matériau à étudier (cette éprouvette correspond à un échantillon de matériau dont la taille et la forme sont telles que l'on peut la considérer comme homogène). Durant ce test, on mesure la déformation ( $\varepsilon$ ) (*strain*) qui correspond à la modification de la longueur ( $\Delta l$ ) en fonction de la longueur initiale ( $l_0$ ), telle que  $\varepsilon = \Delta l / l_0$ . Parallèlement, on enregistre la contrainte ( $\sigma$ ) (*stress*) subie par l'éprouvette durant le test. Cette contrainte est la pression (exprimée en  $N/m^2$ ) subie par le matériau. La relation entre ces deux variables (déformation et contrainte) est définie par l'équation :  $\sigma = E \cdot \varepsilon$  où le module d'élasticité (ou module de Young), noté E, correspond à la pente de la courbe (Figure. 14) ; il s'agit d'une caractéristique propre et unique du matériau.[134]



**Figure 14** : courbe de déformation en fonction de la contrainte appliquée à un matériau  
**Source** : Biomécanique de l'os, application au traitement et à la consolidation des fractures N.REINA, J.M.LAFFOSSE

Si les contraintes appliquées demeurent dans la zone de déformation élastique, la déformation subie est réversible et la structure retrouve sa forme et ses dimensions initiales lorsque la contrainte aura cessé. Plus ce module est élevé (et la pente « abrupte »), plus le matériau est dit « rigide » (Tableau 1). Au-delà du point de « limite élastique » (zone rouge [yield point]), le matériau entre dans la « zone de déformation plastique », non réversible. L'éprouvette conserve la déformation imposée, même si la contrainte cesse. Cela signifie que les propriétés du matériau ont changé. Un nouveau test en traction sur l'objet définirait une autre zone de déformation élastique puis plastique propre. [134]

<b>Acier inoxydable</b>	<b>400</b>
<b>Alumine</b>	200
<b>Titane</b>	100
<b>Os cortical</b>	7–21
<b>Ciment chirurgical</b>	2,5–3,5
<b>Os spongieux</b>	0,7–4,9
<b>Polyéthylène hautement réticulé (UHMW-PE)</b>	1,4–4,2

**Tableau 1 :** Modules d'élasticité (en gigapascal [GPa]) de différents matériaux utilisés en orthopédie.

**Source :** Biomécanique de l'os, application au traitement et à la consolidation des fractures N.REINA, J.M.LAFFOSSE

## 6.2. Influence de la biomécanique sur un tissu vivant :

La loi de Wolff a été énoncée au XIXe siècle par un anatomiste chirurgien allemand Julius Wolff. Il considérait l'os trabéculaire comme ayant une organisation non aléatoire et anisotrope. Cette architecture était, selon lui, la résultante des contraintes qu'il subit. Elle fait de l'os un organe vivant dont l'adaptation se fait à plusieurs échelles. D'une part, une sollicitation répétée ou spécifique rend la macrostructure différente. L'organisation des travées osseuses au niveau de l'extrémité supérieure du fémur en est un exemple très illustratif. Le bras de levier généré par le déport des contraintes axiales sur les membres inférieurs crée des contraintes prédominant en cisaillement sur le col fémoral.

Ainsi, les travées s'organisent en faisceaux sur un modèle ogival. L'éventail de sustentation céphalique et les travées trochantériennes fonctionnent en traction, tout comme les réseaux arciformes. D'autre part, ce mécanisme agit sur la densité et la microstructure osseuse également. L'exercice physique et le surpoids accroissent la masse osseuse du fait de l'hypersollicitation du complexe ostéo-tendino-ligamentaire. À l'inverse, une diminution des contraintes appliquées à l'os et les expériences de microgravité illustrent la déminéralisation relative induite. [134]

Cette loi, largement réinvestie et étudiée, a permis de faire émerger la théorie des mécanostats, décrite et développée par Frost dès 1960. Les mécanostats détectent les variations de contraintes auxquelles l'os est soumis. L'os s'adapte ensuite à ces nouvelles contraintes par des modifications architecturales tout au long de la vie. Les contraintes appliquées à l'os ont un effet sur l'homéostasie osseuse via des phénomènes non mécaniques et des rétrocontrôles cellulaires. Cette optimisation mécanique résulte d'un couplage entre la charge et l'activité cellulaire, mais les mécanismes de transduction restent encore à ce jour mal connus. [134]

### **6.3. Application des lois biomécaniques à un tissu complexe :**

L'os peut être observé selon différentes échelles d'organisation, chacun apportant sa part d'explication concernant ses propriétés biomécaniques. Sur le plan histologique, l'os est composé de collagène et d'hydroxyapatite. Le collagène, principalement de type I, qui représente l'essentiel de la trame organique (90 %), a une mécanique en traction supérieure à sa résistance mécanique en compression. L'hydroxyapatite, constituée de cristaux de phosphate de calcium, représente, pour sa part, l'essentiel de la trame inorganique minéralisée. C'est un matériau rigide mais cassant, résistant à la compression. L'os humain est minéralisé à 45% selon Seeman, il s'agit d'une valeur optimale. En effet, si cette valeur diminue, l'os devient trop flexible en charge et rompt ; s'il est trop minéralisé, il devient cassant (*brittleness*). Il faut considérer le fait qu'une faible variation de densité et de la minéralisation osseuse peut entraîner une variation importante du module d'élasticité de l'os. L'âge, des paramètres biologiques et hormonaux (pathologies endocriniennes, ménopause), l'hydratation du tissu, des pathologies osseuses et le sexe sont des facteurs influençant la résistance de l'os aux contraintes. La compétence de l'os peut aussi être modifiée par des facteurs extrinsèques modifiables comme l'activité physique et sportive comme on l'a vu précédemment, mais aussi les rayonnements ou certaines molécules à visée thérapeutique qui interfèrent dans le métabolisme osseux.

Au niveau microarchitectural, il existe l'os cortical et le réseau trabéculaire. L'os spongieux est quatre fois moins dense, dix fois moins rigide et cinq fois plus élastique que l'os cortical.

L'organisation des ostéons est l'une des raisons expliquant la rigidité de l'os cortical. Il s'agit de l'association de fibres de collagène calcifiées organisées en lamelles pour former les canaux du réseau haversien. Les propriétés biomécaniques pour chaque type de tissu osseux (cortical et spongieux) varient en fonction de la contrainte (Tableau 2). Les courbes de déformations sont très différentes entre ces différents tissus. Bien que les modules élastiques de l'os cortical en traction et en compression soient proches, la phase plastique en compression avant la rupture est très courte par rapport aux essais en traction. L'os est donc plus ductile en traction.

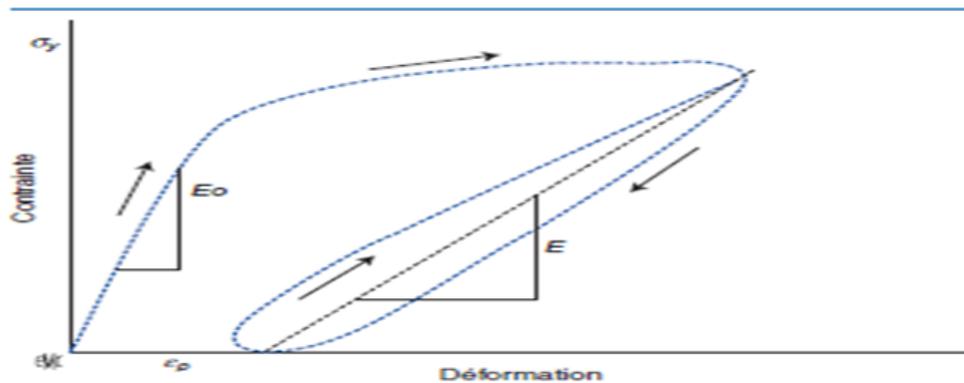
Les propriétés de l'os évoluent en fonction de contraintes en intensité mais également en répétition. Si l'os a dépassé son point de limite d'élasticité, son module d'élasticité se modifie lors des futures contraintes (Figure 15). C'est le fait de microfractures qui vont peu à peu diminuer la rigidité. [134]

Module élastique (gigapascal [GPa])/contrainte de rupture (mégapascal [MPa]) selon le type d'os en fonction du type de contrainte

Os cortical	Module élastique	Contrainte de rupture
Traction <sup>[12, 13]</sup>	11,4–19,1	107–146
Compression <sup>[5]</sup>	15,1–19,7	156–212
Cisaillement <sup>[13]</sup>		73–82
Os spongieux		
Traction <sup>[14]</sup>	0,2–5	3–20
Compression <sup>[15]</sup>	0,1–3	1,5–50
Cisaillement <sup>[14]</sup>		6,6–8

**Tableau 2 :** Modules d'élasticité selon le type d'os en fonction du type de contrainte

**Source :** Biomécanique de l'os, application au traitement et à la consolidation des fractures N.REINA, J.M.LAFFOSSE



**Figure 15 :** Modification du module d'élasticité (E) au-delà de la limite élastique, d'après Nyman et al.

**Source :** Biomécanique de l'os, application au traitement et à la consolidation des fractures N.REINA, J.M.LAFFOSSE

Au niveau macroscopique, la forme globale de l'os est un élément clé, ainsi que sa section. L'étude de l'os est assimilée à la théorie des poutres quand on considère l'os diaphysaire, cortical, dont la section peut être considérée comme continue. Il s'agit d'une approximation, car chaque os long a une forme, une courbure, une section, une longueur différentes tandis qu'au niveau de chaque pièce osseuse, on décrit des zones anatomiques (épiphyses, métaphyses et diaphyse) dont l'architecture est singulière, etc. On peut cependant rappeler les principales propriétés biomécaniques pour quelques os étudiés (Tableau 3) [134]

<b>Col fémoral</b>	Compression latérale	1000–4000 N
	Compression verticale	725–10 570 N
<b>Fémur</b>	Compression axiale	6000–17 000 N
	Flexion	2000–3000 N
	Torsion	183 Nm
<b>Patella</b>	Impact sagittal	7000–10 000 N
<b>Tibia</b>	Compression	2500–12 000 N
	Flexion	1500–2 500 N
	Torsion	100 Nm
<b>Rachis lombaire</b>	Compression axiale	1400–9000 N

**Tableau 3 :** Force de rupture pour différentes pièces osseuses en fonction des types de contraintes

**Source :** Biomécanique de l'os, application au traitement et à la consolidation des fractures N.REINA, J.M.LAFFOSSE

#### **6.4. Complexe os-muscle :**

Un autre élément est à considérer, il s'agit de l'association des os, et plus généralement de l'environnement musculaire des os.

Les muscles agissent comme des haubans qui permettent d'augmenter le module de Young du complexe. L'ensemble os-muscle constitue une poutre composite qui est plus résistante que chaque élément considéré séparément. Ainsi, pour Nordsletten et Ekelund, la contraction musculaire augmente de 23% la rigidité du tibia en flexion et de 60% la résistance à la rupture. [134]

## VII. LA CONSOLIDATION DES FRACTURES :

### 7.1. Processus de réparation de l'os cortical chez l'adulte au cours du traitement Orthopédique (consolidation naturelle)

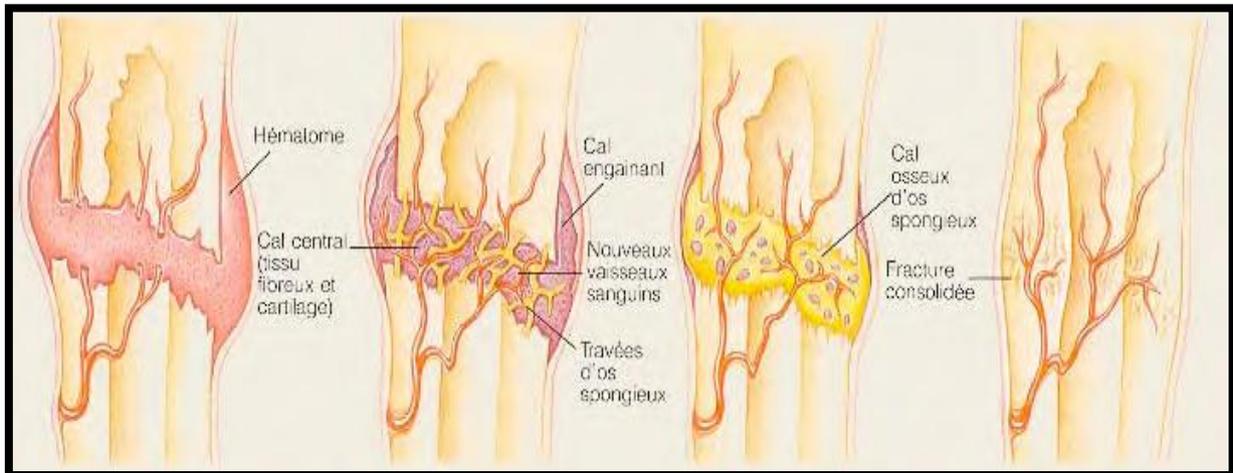
Il se réalise en quatre stades : l'hématome qui aboutit au tissu de granulation, le cal mou ou primaire, le cal dur puis le remodelage (figure 16).

#### ➤ *L'hématome fracturaire :*

Il est issu des extrémités osseuses et des tissus mous environnants. Il acquiert un pouvoir ostéogénique vers le quatrième jour. Une réaction inflammatoire locale s'installe en quelques heures dans les tissus périfracturaires ; des histiocytes et des macrophages apparaissent afin de détruire les débris et les ostéoclastes érodent les surfaces osseuses.

Il existe donc un processus complexe qui va être déclenché immédiatement après la fracture mais dont le signal est encore inconnu. Ce processus recrute des cellules précurseur, les multiplie, assurent leur différenciation en ostéoblastes, ostéoclastes, fibroblastes, contrôle la minéralisation, le remodelage puis le modelage. Le recrutement de cellules précurseur des ostéoblastes s'effectue durant les premières heures par les phénomènes d'induction ostéogénique. Les cellules précurseur sont des cellules non ostéoformatrices qui développent un potentiel ostéogénique en présence d'un stimulus approprié, dans la moelle osseuse et la couche profonde du périoste. Les ostéoclastes dérivent de cellules souches multipotentielle les hématopoïétiques présentes dans la moelle osseuse. Ces cellules précurseur vont migrer vers le foyer de fracture grâce à des facteurs chimiotactiques libérés par les cellules nécrotiques du foyer. Les cellules du foyer entraînent la prolifération des cellules précurseurs par libération de substances mitogènes telles que *platelet-derived growth factor* (PDGF) et *transforming growth factor beta* (TGF- $\beta$ ). Les cellules précurseur ainsi proliférées vont se différencier grâce à des facteurs ostéo-inducteurs chimiques et physiques. Parmi les facteurs chimiques ostéo-inducteurs, facteurs de croissance, l'on compte le PDGF, TGF- $\beta$ , *Bonemorphogenetic proteins* (BMP), *Fibroblast growth factors* (FGF) et *Insulin-like growth factors* (IGF). Les acteurs ostéo-inducteurs physiques sont les contraintes mécaniques telles que les mouvements du foyer de fracture et la variation de potentielles électrocinétiques (développés plus loin) de l'os qui augmentent avec l'intensité des contraintes mécaniques.

La transformation de l'hématome donne suite à un *tissu de granulation*. Il s'agit d'un tissu fibrovasculaire (différenciation en fibroblaste et formation de nouveaux vaisseaux) riche en collagène de type III. À cette phase, qui dure 2 à 3 semaines, les extrémités osseuses ne participent pas à la restauration. [96]



**Figure 16 :** les 4 stades de la consolidation naturelle

1. Hématome et tissu de granulation 2. Cal mou ou primaire 3. Cal dur 4. Remodelage

**Source :** Processus de réparation osseuse Yann Macé

C'est dans le décollement du périoste, sur chaque fragment, que va apparaître le cal primaire que certains désignent sous le terme de cal mou. Ce qualificatif signifie seulement que la continuité mécanique entre les fragments n'est pas encore rétablie. Ce cal va en effet contenir du tissu osseux immature et du cartilage qui ne sont pas spécialement mous, bien avant le rétablissement de cette continuité.

Après une dizaine de jours, les deux fragments sont déjà unis par un manchon souple fusiforme. Ce manchon est limité par une membrane fibreuse, correspondant à la couche externe du périoste reconstituée.

Sous ce nouveau périoste fibreux les cellules précurseur se sont différenciées en deux types de cellules à évolutions différentes :

- à quelques millimètres du site de fracture, elles se transforment en ostéoblastes qui élaborent une matrice organique appelée substance ostéoïde. Celle-ci contient des fibres collagènes sans arrangement spatial organisé. Le pourcentage de collagène de type I augmente mais il reste encore du collagène de types III et V. La minéralisation de la substance ostéoïde produit très rapidement, sur chaque fragment et sous la couche fibreuse du périoste, un manchon d'os immature (*woven bone*) à travées obliques qui s'accroissent en s'écartant du foyer de fracture. La matrice osseuse ne contient plus alors que du collagène de type I. La formation d'os immature est limitée dans le temps. elle cesse vers la sixième semaine [96]
- autour du foyer lui-même et sous l'influence de la mobilité de celui-ci (facteurs physiques), les cellules précurseurs prennent une forme ronde, se transforment en chondrocytes et commencent à produire une matrice cartilagineuse riche en collagène de type II. Le cartilage apparaît en petits îlots dans le mésenchyme fibreux, l'espace fracturaire ou les tissus adjacents. Les chondrocytes se multiplient et forment, autour du foyer, un anneau de cartilage sous-périosté, appuyé sur le manchon d'os immature. Ce passage par un stade cartilagineux correspond à la classique ossification enchondrale. [96]

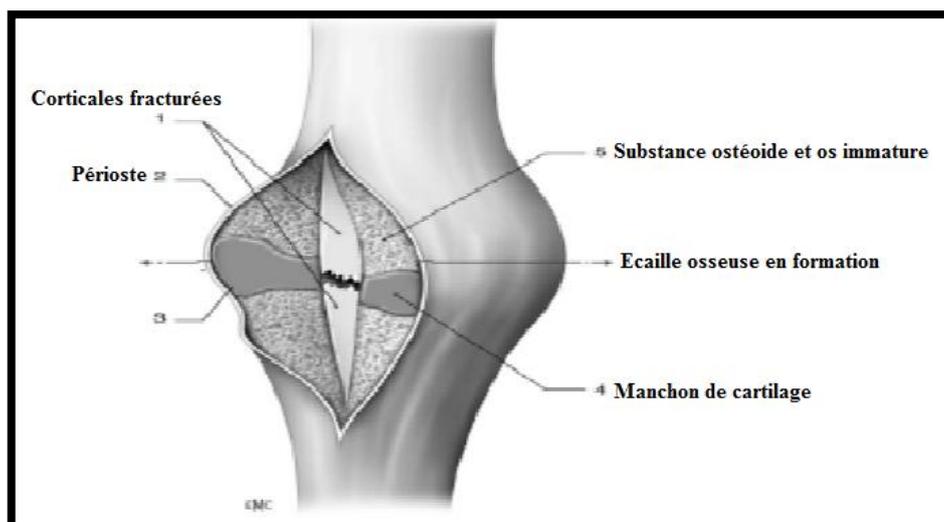
Le manchon de cartilage immobilise progressivement le foyer ce qui fait disparaître l'ostéo-induction physique vers la différenciation cartilagineuse. Les chondrocytes s'hypertrophient et leur métabolisme s'oriente vers la production de tissu osseux. Le calcium est stocké par les mitochondries, avant d'être libéré dans des vésicules cytoplasmiques qui concentrent également deux types d'enzymes : phosphatases et protéases. L'exocytose des vésicules rejette dans le milieu extracellulaire le calcium et les phosphatases. Celles-ci libèrent, par hydrolyse de phosphodiester, les ions phosphates susceptibles de précipiter avec le calcium. Les protéases procèdent à la dégradation des protéines de l'ancienne matrice tandis que les chondrocytes hypertrophiés produisent une nouvelle matrice riche en collagène de type X. La fin de l'activité des chondrocytes semble liée à un processus programmé de mort cellulaire (apoptose).

Le cartilage se minéralise progressivement. Le cal mou va devenir un cal dur. Une lamelle osseuse se forme d'abord, pontant les fragments au contact du périoste fibreux. Cette écaille osseuse fragile est souvent visible sur les radiographies. La minéralisation se poursuit ensuite, progressant du manchon d'os immature vers le foyer. La création d'un pont interfragmentaire est l'étape la plus importante. [96]

Mécaniquement, le développement d'un cal périosté exubérant augmente la rigidité axiale en élargissant la surface de section au niveau du cal. Si les contraintes physiques qui s'exercent sur le foyer de fracture sont trop importantes, le manchon cartilagineux n'est pas assez rigide pour supprimer l'ostéo-induction physique vers la différenciation cartilagineuse. Le foyer reste fibrocartilagineux et la consolidation ne se fait pas. L'évolution se fait vers la pseudarthrose. C'est ce qui se produit par exemple en cas d'appui répété intempestif sur un membre fracturé.

Au stade du cal mou, les corticales ne participent pas à la formation du cal. Il ne semble pas exister d'étude consacrée au rôle de la moelle à ce stade. Les différents auteurs décrivent simplement une ostéogénèse en bande à la face interne de la corticale, évoluant vers un bouchon d'os immature sur chaque fragment.

Au stade du cal mou, le but à atteindre est l'immobilisation du foyer, indispensable à la minéralisation. C'est au périoste qu'est dévolu ce rôle.[96]



**Figure 17 :** cal mou (incision du cal périosté). Sous le périoste, un manchon d'os immature entoure chaque fragment. Anneau de cartilage autour du foyer  
**Source :** Processus de réparation osseuse Yann Macé

En fonction de la qualité de substance ostéoïde minéralisée et de son degré de minéralisation, le cal peut être visualisé sur les radios vers la 3<sup>ème</sup> semaine comme un nuage, tel un collier encerclant chaque fragment. Il a souvent une forme de coin avec, histologiquement, des septa fibreux convergeant au milieu de l'espace fracturaire. Ce cal ou formation d'os neuf immature s'appelle le cal d'ancrage. Au fur et à mesure de la formation et de la maturation de ce cal, la réaction cellulaire et l'œdème dans les parties molles périphériques diminuent. Les fibres musculaires se resserrent, la tuméfaction s'efface. Progressivement, le cal d'ancrage des deux fragments croît en direction du foyer et se rapproche pour ponter éventuellement les fragments. Ce cal externe en pont assure une stabilité temporaire ; il ressemble à une soudure. (Figure 17 ).Le cal d'ancrage et le cal en pont sont aussi appelés cal externe ou cal périphérique par opposition au cal médullaire ou endosté qui a débuté concomitamment, mais dont l'importance est moindre chez l'homme. [96]

Le cal en pont est fonction principalement du degré de mobilité et également de la tension d'oxygène locale ; il est formé plutôt de fibrocartilage. L'apport vasculaire local est responsable d'une PO<sub>2</sub> élevée qui favorise sans doute la transformation des chondrocytes périphériques en ostéocytes. Cette quantité de cartilage est variable : plus importante dans certaines espèces animales ou si des mouvements excessifs existent aux extrémités. Le cal externe est recouvert par une couche fibreuse continue qui est identique à la couche fibreuse du périoste.

Une fois qu'un certain degré de stabilité a été assuré par le cal en pont, l'espace entre les fragments est envahi par des cellules provenant soit du tissu du cal en pont, soit d'éléments médullaires ; le cal d'union est alors constitué. [96]

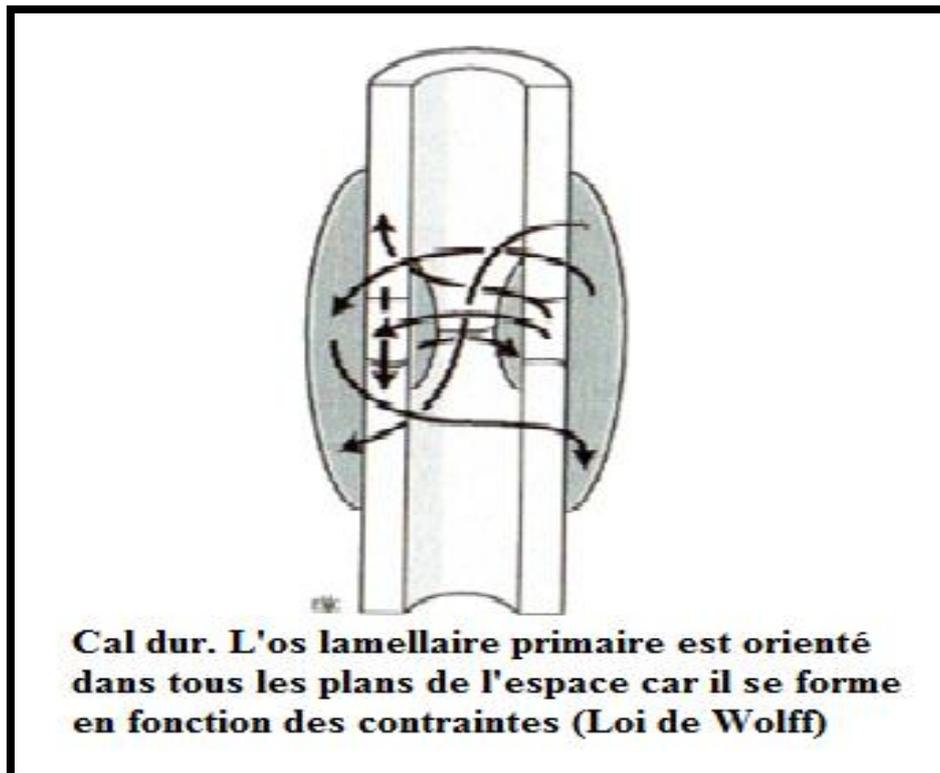
➤ ***Le cal dur :***

La cal dure est d'abord formée d'os immature non orienté de type trabéculaire ignorant complètement les contraintes mécaniques locales et générales (figure 18 ).

Son architecture a été conditionnée par la croissance des capillaires qui précédaient les trabécules et assuraient leur nutrition.

Une fois la fracture convenablement pontée, l'os doit s'adapter à ses nouvelles fonctions, c'est-à-dire se renforcer pour mieux résister aux contraintes qu'il subit.

Conformément à la loi de Wolff, l'os immature va se transformer en os lamellaire primaire. Les auteurs ont montré en 1996<sup>que</sup> cet os est organisé en ostéons orientés suivant les lignes de contrainte, c'est-à-dire dans toutes les directions, afin de rétablir une raideur idéale de l'os. Cette transformation commence à la quatrième semaine. À 8 semaines et plus tard, cet os lamellaire primaire multidirectionnel pénètre dans les extrémités fracturaires. À 16 semaines, l'os immature a pratiquement disparu. [96]



**Figure 18 :** cal dur

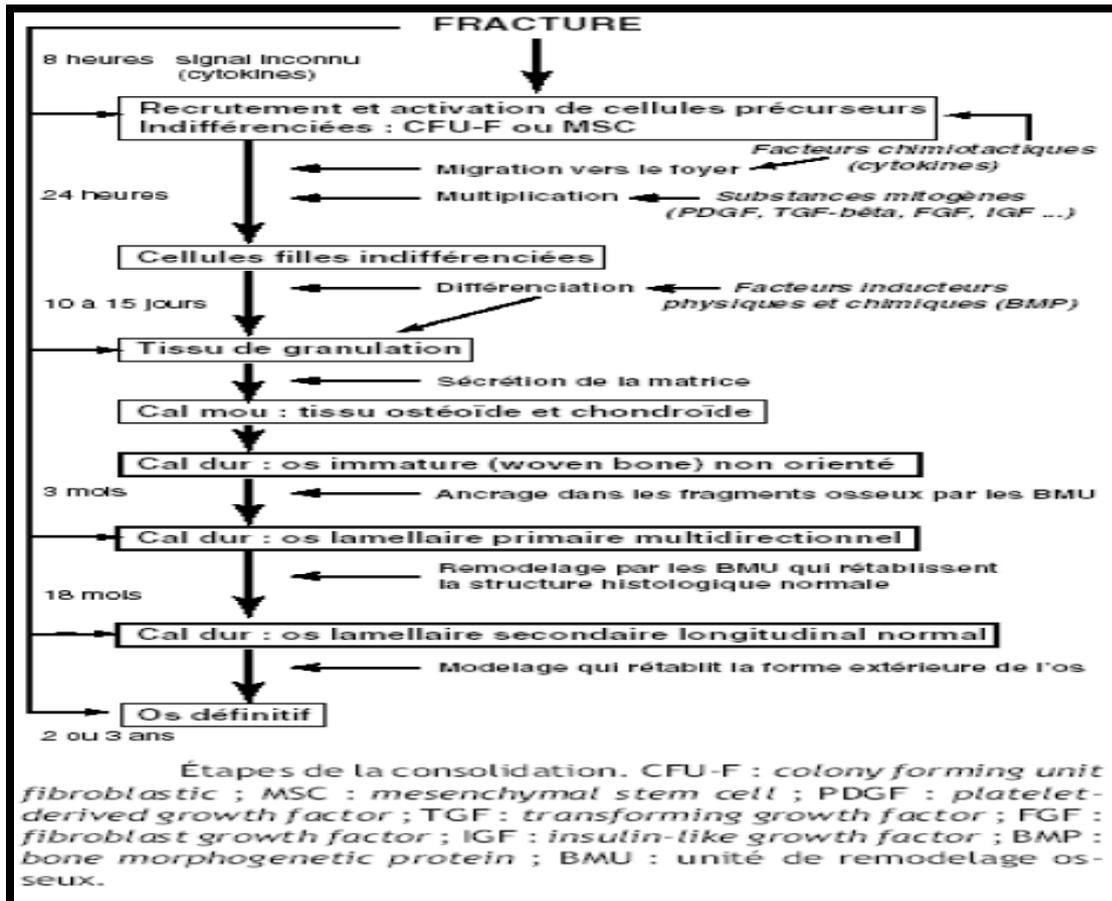
**Source :** Processus de réparation osseuse Yann Macé

➤ **Remodelage :**

Le mécanisme qui rétablit lentement une architecture histologique normale de l'os est le remodelage. Le cal va continuer à évoluer pendant de nombreux mois. L'os lamellaire primaire à orientation multidirectionnelle va être remplacé progressivement par de l'os lamellaire secondaire dont les ostéons sont orientés longitudinalement. [96]

Wang a montré récemment que ce remplacement est lent. Il est encore incomplet après 1 an à 18 mois, l'os a retrouvé son architecture normale (Figure 19).

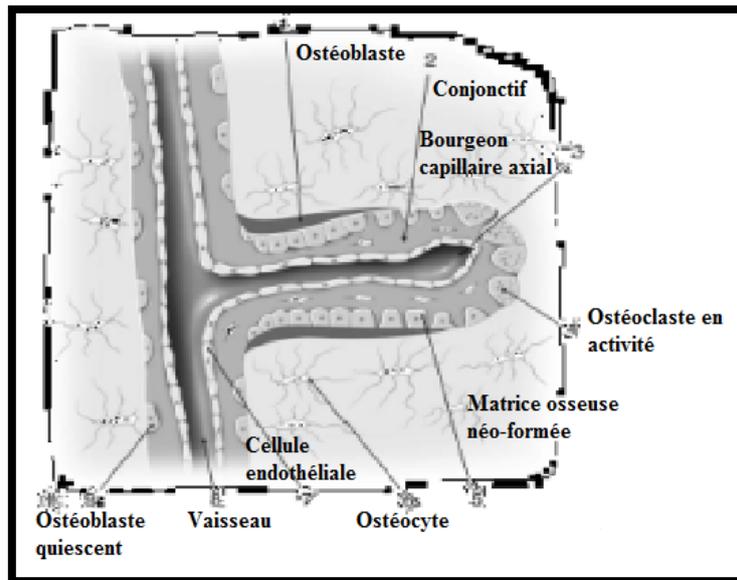
Dans l'os cortical, ce remodelage est assuré par des dispositifs spécifiques regroupant plusieurs types cellulaires, des matériaux intercellulaires et des capillaires communiquant entre eux. Ces dispositifs ont été décrits par Frost en 1964. Il les a nommés *bone modeling unit* : BMU [96]



**Figure 19 :** Étapes de la consolidation

**Source :** Consolidation des fractures. EMC orthopédie J.-P MERYUEIS, A. CAZENAVE

Histologiquement, l'unité comporte une tête foreuse constituée par un ensemble d'ostéoclastes travaillant côte à côte au sommet hémisphérique d'un canal ; ils résorbent le tissu osseux dur. Les ostéoclastes coiffent un capillaire qui les suit dans leur progression à l'intérieur de l'os compact. Les vaisseaux sont eux-mêmes accompagnés de cellules qui se différencient en ostéoblastes. Ceux-ci déposent l'os en lamelles concentriques sur les parois du canal de résorption. Il se crée ainsi une structure de type haversien qui, dans l'os définitif, s'oriente en fonction des contraintes suivant la loi de Wolff. Dans les BMU, résorption et formation sont couplées dans l'espace et dans le temps. Le fonctionnement se fait suivant une séquence répétitive appelée ARF : activation-résorption-formation. Le temps de vie d'un BMU est de 2 à 3 mois. Il faut noter qu'entre l'activation et la résorption existe un délai de 3 à 4 semaines dont il faut tenir compte dans certains modes de réparations fracturaires. Le couplage formation-résorption est un concept fondamental dont les bases cellulaires et les messagers sont mal connus. (Figure 20). [96]



**Figure 20 :** Histologie d'une unité de remodelage osseux  
**Source :** Processus de réparation osseuse Yann Macé

En ce qui concerne le remodelage, plusieurs remarques s'imposent.

On constate que, lorsqu'une BMU s'attaque à du cartilage, elle donne d'abord de l'os immature.

La présence d'os mort, notamment aux extrémités fracturaires, mérite également quelques commentaires. On a tendance à considérer qu'il est complètement résorbé. En fait, cette résorption dépend largement des facteurs mécaniques. Si un alignement normal est respecté, le tissu mort constitue un élément important dans la restauration de la continuité osseuse et tout doit être fait pour le conserver. L'os mort constitue un excellent ancrage pour les nouveaux trabécules en cas de remodelage spongieux. [86] En site cortical, les ostéons « revitalisent l'os ancien et reconstruisent la corticale ». Les nouveaux ostéons remanient à la fois l'os ancien et l'os nouveau quand il existe. L'activité de résorption est intense sur le site fracturaire, ce qui confère à l'os un aspect porotique ; certains parlent même de « spongialisation ». Cette spongialisation est donc un phénomène normal et temporaire de remodelage qui va ralentir avec le temps.

Chez l'homme, l'aspect porotique, signe de remodelage, est visible radiologiquement après un délai de 4 semaines et la restauration complète demande plus de 1 an. [96]

## **7.2. Consolidation de l'os cortical de l'adulte (traitement chirurgical) :**

Le traitement chirurgical d'une fracture, c'est-à-dire l'ostéosynthèse, modifie notablement le déroulement de la consolidation osseuse. Ce traitement a pour but de redonner à l'os sa forme et ses propriétés initiales, ce qui n'est pas toujours possible avec le traitement orthopédique, tout en évitant l'amyotrophie et l'enraidissement articulaire grâce à une mobilisation précoce.

### **Foyer fermé et foyer ouvert :**

#### **Foyer fermé :**

Lors de l'ostéosynthèse par enclouage à foyer fermé, l'hématome fracturaire est en partie conservé. Au cours de l'alésage, il est expulsé sous pression entre les fragments, avec tous ses composants. On comprend mieux ainsi que la destruction étendue de la moelle et de ses vaisseaux n'ait pas d'effets fâcheux : les cellules précurseurs et les facteurs ostéo-inducteurs qu'elles produisent sont projetés directement au niveau du foyer et autour de lui, sans que des agents migrants soient nécessaires. Un gros cal périosté se forme rapidement. [96]

#### **Foyer ouvert :**

L'action la plus nocive de l'ostéosynthèse sur le mécanisme de l'ostéosynthèse est certainement, lorsque celle-ci est réalisée à foyer ouvert, l'évacuation de l'hématome fracturaire. L'aspiration du caillot dans les cavités médullaires doit être absolument proscrite, sauf dans les cas de fracture largement ouverte où un parage médullaire est indispensable.

L'intervention doit être réalisée en respectant au maximum le périoste dont nous avons vu le potentiel ostéogène.

Dans les fractures largement ouvertes, il est facile de comprendre que la consolidation est souvent menacée ; les lésions du périoste, associées à l'évacuation spontanée de l'hématome et au curetage de nécessité de la moelle osseuse, éliminent une grande partie des cellules précurseurs et des facteurs ostéo-inducteurs biochimiques. Un apport osseux ou médullaire précoce est en général indispensable.

L'évacuation précoce de l'hématome et les lésions du périoste qui accompagnent une ostéosynthèse à foyer ouvert suppriment la formation du gros cal périosté classique et entraînent de nouvelles conditions biologiques et mécaniques qui vont retentir sur la consolidation. Les facteurs inducteurs mécaniques vont prendre une importance considérable. [96]

#### **Ostéosynthèse différée :**

Si l'ostéosynthèse est différée au milieu de la troisième semaine, l'hématome s'est transformé en tissu de granulation qu'il est facile de conserver. Le périoste est épaissi et en pleine activité ostéogénique. La consolidation va se faire rapidement avec un gros cal périosté. Dès 1976, Taillard a attiré l'attention sur l'intérêt de cette technique « d'ostéosynthèse différée » qui est biologiquement très logique. [96]

### **7.3. Consolidation de l'os spongieux :**

Dès 1952, Charnley s'était élevé contre l'affirmation que l'os spongieux consolide vite et bien.

- Si les extrémités osseuses sont en contact parfait, sans perte de substance, la consolidation est facile. Dès la première semaine, des bourgeons vasculaires prolifèrent. Les cellules précurseur se déposent sur les lamelles osseuses. L'ossification se fait dans la majorité des cas directement, sans formation de cartilage, sauf dans quelques cas comportant une importante instabilité interfragmentaire. La consolidation des travées spongieuses précède celle de l'écaille de corticale.
- S'il existe une perte de substance, ce qui est le cas le plus fréquent, la consolidation est au contraire longue et aléatoire. Le tassement des travées osseuses laisse un vide après la réduction. Le cal périosté est presque inexistant et il ne reste que le cal d'origine médullaire pour combler la perte de substance. Au niveau de celle-ci le cal est d'abord fibro-osseux. Il ne se transforme que lentement en cal osseux. Cela explique la fréquence des déplacements secondaires, comme par exemple à l'extrémité inférieure du radius. L'immobilisation doit donc être prolongée, ou la perte de substance doit être comblée par une greffe osseuse ou un substitut osseux. [92]

L'aspect histologique du remodelage dans le tissu spongieux est différent de celui du tissu cortical. On retrouve bien le couplage anatomique et fonctionnel ostéoclastes-ostéoblastes, mais compte tenu de la structure du tissu spongieux fait de trabécules et comportant des vaisseaux sanguins superficiels, il n'existe pas de BMU caractéristiques. Le remodelage se fait directement en surface, par « substitution rampante ».[96]

### **7.4. Consolidation en distraction :**

Le principe de la formation d'un cal après ostéotomie et allongement progressif est ancien. En 1905, Codivilla pratiquait déjà à Bologne des allongements par traction sur un clou transcalcanéen, après ostéotomie fémorale suivie d'un plâtre englobant le clou. En 1921, Putti utilisait un fixateur pour ses allongements. Depuis cette date les appareils se sont multipliés. En 1954, Ilizarov commença une impressionnante série d'allongements avec son appareil circulaire. En même temps il entreprit de nombreuses études fondamentales sur le mécanisme de la consolidation en distraction. Ces études ont été confirmées ultérieurement aux États-Unis par Aronson. Nous ne pouvons que renvoyer le lecteur intéressé à leurs travaux et à l'article de Merloz. Empruntons à celui-ci la description histologique du régénérat osseux en distraction.

- « Au 7<sup>e</sup> jour de distraction, l'espace interfragmentaire est occupé par un tissu à la fois fibreux et vasculaire. Il n'existe aucune trace de minéralisation.
- « Au 14<sup>e</sup> jour, du tissu osseux néoformé est observé en petite quantité au voisinage des surfaces osseuses corticotomisées. Cet os néoformé se dispose de façon circonférentielle et prend naissance aussi bien à partir du tissu spongieux que du périoste ou de l'os cortical.
- « Au 21<sup>e</sup> jour, l'os néoformé se différencie en se présentant sous forme de microcolonnes d'un diamètre maximal de 200 µm. Ces colonnes ont une forme conique, pointant leurs extrémités en direction de la zone centrale. Colonnes osseuses et fibres de collagène sont toutes orientées parallèlement à l'axe de distraction. De larges bras vasculaires entourent chaque colonne. Le centre de l'espace interfragmentaire est constitué d'un tissu fibreux contenant quelques traces de calcium et d'hydroxyapatite non cristallisée.

Cette zone centrale qu'Ilizarov appelle zone de croissance a une épaisseur de 3 à 4 mm. Cette épaisseur sera constante pendant toute la durée de l'allongement et la nature histologique de cette région restera elle aussi constante. Dans cette zone de croissance les cellules ressemblent à des fibroblastes qui produisent activement une matrice collagène. L'allongement est arrêté au 35<sup>e</sup> jour de distraction.

- « 70 jours après le début de l'allongement, les colonnes osseuses observées dès le 21<sup>e</sup> jour se sont considérablement allongées et elles pénètrent puis traversent la zone fibreuse intermédiaire ou zone de croissance. Un os cortical néoformé est en cours d'élaboration.
- « Au 112<sup>e</sup> jour, le régénérat est fortement ossifié et contient un os de structure lamellaire organisé en système haversien. Le tissu hématopoïétique est présent. » [96]

L'ossification en distraction se fait directement. Vauhkonen et al. ont montré que la matrice osseuse qui se forme en distraction est essentiellement composée de collagène de type I ce qui est un indicateur de formation osseuse normale. Delloye a constaté qu'il existe également des restes cartilagineux dans l'espace interfragmentaire au cours des deux premiers mois après l'ostéotomie. Ces restes s'ossifient ensuite par une ossification enchondrale atypique. La corticale est soumise à un remodelage intensif qui apparaît dès la deuxième semaine. Ilizarov insistait sur le rôle du cal médullaire dans la formation du cal en distraction. [96]

#### **7.5. Facteurs influençant la consolidation des fractures :**

Ils sont nombreux, bien connus chez l'animal mais difficiles à transposer en pratique clinique. Le champ de ce chapitre très vaste ne permet pas de discuter en détail chacun de ces facteurs intéressants. Sont traités ceux qui peuvent avoir une incidence pratique dans le traitement des fractures.

##### **Facteurs circulatoires :**

Ils ont été beaucoup étudiés, en particulier par Rothman et par Heppenstall. En résumé, l'anémie avec une hypovolémie entraîne une diminution de l'élasticité de l'os et un retard de consolidation ; l'anémie avec normovolémie n'a pas d'effet sur la consolidation ; l'hypoxie chronique, obtenue, par exemple, par shunt artérioveineux, entraîne un retard de consolidation avec une diminution du module d'élasticité du cal. [143]

##### **Facteurs hormonaux :**

Ray et Tylkowski ont montré que l'action des hormones sur la consolidation était identique à leur action sur le cartilage de croissance. L'hypophysectomie entraîne un retard de consolidation ; l'injection d'hormone de croissance (GH) prévient cet effet. La thyroxine n'est pas indispensable à la consolidation, seule la GH paraît importante. Par contre, l'administration de thyroxine stimule la consolidation. Koskinen rapporte les effets bénéfiques chez l'homme de l'administration de l'hormone de croissance ; pour Northmore-Ball, ceux-ci, lorsqu'ils sont présents, ne persistent pas après les stades précoces de la consolidation osseuse et ne sont pas nécessairement associés à une augmentation de la résistance mécanique. Les résultats de son étude expérimentale suggèrent qu'on ne peut attendre qu'un bénéfice minime de l'administration isolée de la GH et qu'elle n'a pas sa place dans le traitement des fractures fraîches. La découverte des somatomédines, hormones sécrétées par le foie et peut-être par le rein sous l'impulsion des hormones hypophysaires, a compliqué encore plus le problème parce que les somatomédines peuvent avoir sur un organe, soit un effet opposé à celui attendu, soit un effet opposé à celui de la GH. L'ACTH de même que l'hydrocortisone peuvent retarder ou arrêter la consolidation, surtout par le biais d'une diminution de l'ossification endostée, mais ceci à hautes doses. Par contre, l'addisonien consolide normalement. [143]

**Facteurs nutritionnels :**

La vitamine C est nécessaire à la synthèse du collagène et le scorbut entraînerait une non-consolidation des fractures. Il faut une diète très sévère en calcium ou en vitamine D pour obtenir expérimentalement un effet négatif sur la consolidation. Toute alimentation normale contient suffisamment de ces éléments pour subvenir aux besoins métaboliques de l'os fracturé. L'administration pharmaceutique de vitamines ou de calcium est tout à fait inutile. [143]

**Facteurs bioélectriques :**

Ils jouent sans doute un rôle. Les expériences de stimulation électrique de fractures fraîches par Brighton, par champ électromagnétique pulsé, ont toutes montré un effet positif dépendant d'ailleurs du mode d'administration des courants, de la fréquence, de l'intensité, de la forme du signal. [143]

**Facteurs mécaniques :**

*Effets de l'immobilisation sur la masse osseuse.* Uhthoff a montré que l'immobilisation provoquait une perte osseuse d'autant plus importante que l'os est distal. La restitution complète du capital osseux a été obtenue par une remobilisation avant la 32<sup>ème</sup> semaine. Les effets de l'immobilisation dépendent de l'âge de l'individu et de la nature de l'os compact ou spongieux. L'appréciation du potentiel de réversibilité de cette perte osseuse après restauration des activités normales est aussi importante que les événements spatiaux et temporels de l'ostéopénie post-immobilisation.

Les observations cliniques confirment clairement l'ostéoporose de non-utilisation. La perte osseuse après une immobilisation plâtrée prolongée est bien connue tout comme la reconstitution incomplète de la masse osseuse après une non-utilisation prolongée. On doit prendre en considération ces effets avant de décider un traitement qui aboutit à une immobilisation ou une inactivité prolongée.

La *mobilisation intempestive* empêche la consolidation unitive et il en résulte des pseudarthroses historiques avec extrémités renflées. La stabilité absolue du foyer de fracture n'est plus une condition sine qua non à la consolidation osseuse. La compression interfragmentaire augmente la stabilité, mais elle n'augmente pas l'ostéogénèse. Le développement d'une consolidation ostéonale, dite per primam, est très particulier et ne paraît pas survenir naturellement. La nécessaire rigidité du montage entraîne un cal de petit volume et empêche le remodelage qui ne s'effectue qu'après ablation du matériel.[143]

**Facteurs circadiens :**

On a montré que la qualité de la consolidation dépendait de la place de la fracture dans le nycthémère. Par exemple, chez le rat, la fracture consolide plus vite si elle survient le jour et, surtout, il y a une augmentation de la croissance osseuse. Cela ne survient pas chez le rat hypophysectomisé. Il semble que cela soit sous la dépendance du taux de GH circulante lors de la fracture ; or, ce taux varie beaucoup au cours du nycthémère. Il pourrait en être de même chez l'homme, expliquant que certaines fractures du fémur chez des enfants provoquent des allongements de 1 à 2 cm de l'os alors que, chez d'autres, cela n'est pas observé.[143]

## **VIII. MOYENS DE RECONSTRUCTIONS OSSEUSES (LES SUBSTITUTS OSSEUX) :**

La prise en charge des pertes de substance osseuse est une situation de plus en plus fréquente pour le chirurgien orthopédiste. Celles-ci peuvent être d'origines très variées, congénitale, traumatique, orthopédique, infectieuse ou tumorale, comportant chacune des spécificités qui influent sur le choix de la méthode de comblement, qui a pour but d'obtenir une régénération et une consolidation osseuses de bonne qualité et de supprimer ou de limiter les conséquences fonctionnelles du défaut osseux. Outre certaines techniques chirurgicales ou biologiques d'indications particulières, le chirurgien peut faire appel à un large éventail de substituts dont la nature et l'origine sont des plus variées : humaine, animale, voire minérale ou chimique et synthétique. [91]

D'un point de vue sémantique, le terme de substitut osseux, consacré par l'usage, n'est pas correct car tous les substituts ne sont pas d'origine osseuse et l'expression « substitut de l'os » devrait être privilégiée. Il n'existe aucune définition réglementaire d'un substitut osseux. C'est pourquoi le Groupe pour l'étude des substitut tissulaires et osseux en orthopédie (GESTO) a proposé la définition suivante qui fait maintenant référence : « peut être considéré comme substitut osseux tout biomatériau d'origine humaine, animale, végétale ou synthétique, destiné à l'implantation chez l'homme, dans la perspective d'une reconstitution du stock osseux, par le renforcement d'une structure osseuse ou le comblement d'une perte de substance osseuse d'origine traumatique ou orthopédique ». Cette définition s'est complétée pour y inclure tous les produits issus de l'ingénierie tissulaire : « peut être considéré comme substitut osseux tout biomatériau ou produit d'ingénierie tissulaire, d'origine humaine, animale, végétale ou synthétique, destiné à l'implantation chez l'homme, dans la perspective d'une reconstitution du stock osseux, par le renforcement d'une structure osseuse ou le comblement d'une perte de substance osseuse d'origine traumatique ou orthopédique ». [91]

### **8.1. Cahier des charges d'un substitut :**

Les substituts osseux doivent satisfaire aux multiples conditions d'un cahier des charges exigeant.

#### ➤ **Biocompatibilité :**

La biocompatibilité doit être sa qualité essentielle pour éviter le recyclage d'éléments nocifs pour les structures cellulaires.

Son étude débute par la détermination de sa composition chimique qui doit être bien connue. Chaque matériau doit ensuite être soumis à une recherche préalable concernant sa tolérance à court et moyen termes. [13]

#### ➤ **Bioactivité:**

Interaction directe des substituts osseux avec les milieux biologiques.

La bioactivité est définie comme la propriété de permettre des réactions chimiques spécifiques, à l'interface implant-tissu receveur.

Elle dépend directement des propriétés chimiques et physicochimiques du matériau, et s'oppose à la bioinertie (matériaux biocompatibles mais inertes). [13]

- La réhabilitation progressive du substitut nécessite une résorption de celui-ci et une apposition progressive par un tissu différencié

Cela implique les notions de :

*Ostéoconduction* : propriété passive d'un matériau à recevoir la repousse osseuse, par invasion vasculaire et cellulaire à partir du tissu osseux receveur, au contact de ce matériau. [13]

*Ostéoinduction* : capacité d'induire une différenciation cellulaire pour synthétiser une matrice osseuse minéralisable. [13]

*Ostéoformation*, ou ostéogénèse : construction de la matrice osseuse par des cellules ostéoformatrices [13]

Cela implique également les notions de : **biodégradation, biodissolution, biorésorption**

Altération dans un environnement biologique d'un matériau résultant d'une activité cellulaire, enzymatique, bactérienne, virale.

La biodégradation correspond à la perte des propriétés physiques

La biodissolution à la perte des propriétés chimiques.

La biorésorption implique une biodégradation qui aboutit à la disparition du matériau, les produits de dégradation étant éliminés par voie rénale ou métabolisés.

Des tests mécaniques doivent être pratiqués concernant la résistance du matériau grâce à des mesures statiques et dynamiques en fatigue.

Il est également nécessaire de calculer le degré de porosité du biomatériau exprimée en % (Rapport du volume des espaces vides de matière sur le volume global du matériau)[13]

Porosité :

- continue si les pores sont interconnectés entre eux
- ouverte si les pores débouchent à l'extérieur

Macroporosité, pores > 100 µm de diamètre

Microporosité, pores < 5 µm de diamètre

Ces caractéristiques font varier les propriétés mécaniques et ostéoconductrices du substitut.

Par ailleurs, ces produits doivent répondre aux problèmes pratiques concernant le stockage, la façon de les stériliser sans que leurs propriétés s'en trouvent modifiées. Ils doivent être aisés à travailler pour pouvoir s'adapter ou s'appliquer à de multiples utilisations. [32]

Enfin, il ne faut pas oublier le problème économique ; ces matériaux ne doivent pas, sous prétexte qu'ils sont d'usage médical, être de prix prohibitif.

Près de 100 substituts osseux, répartis en quelques grandes familles ont été recensés sur le marché français dans la monographie du GESTO devenu la Société française de recherche orthopédique (SOFROT).

Le choix d'un substitut particulier tient compte de ses propriétés spécifiques et du rapport avantages/inconvénients qui lui est particulier. Il est ainsi possible de privilégier une éventuelle bioactivité ou une ostéo-induction, une certaine résistance mécanique, une biodégradation plus ou moins rapide, une origine particulière. Enfin, la taille et la forme sont choisies selon l'indication ou le site d'implantation. Quant aux voies les plus nouvelles relevant de la thérapie cellulaire ou de l'ingénierie tissulaire, elles ne sont pas destinées à combler toutes les pertes osseuses et sont conditionnées par les contraintes socioéconomiques et l'environnement biotechnologique. Le choix d'un substitut osseux ne peut pas être univoque, mais il est conditionné par le volume à combler, le site, les conditions locales d'implantation et enfin par l'objectif recherché. Un substitut osseux particulier ne peut faire face à toutes les indications. [91]

Les multiples substituts osseux disponibles répondent à de nombreuses situations cliniques. Cependant, ils restent actuellement peu adaptés aux milieux septiques ou dévascularisés, ou aux pertes osseuses de grand volume, en particulier en zone de forte contrainte. La littérature est riche en études expérimentales portant sur des substituts développant de nouvelles propriétés ou caractéristiques, mais ils doivent s'affranchir de nombreuses étapes réglementaires avant d'aboutir à une application clinique. [91]

Nous pouvons maintenant aborder l'étude des caractéristiques des différents produits utilisés comme substituts de l'os d'origine osseuse ou non osseuse. [91]

## **8.2. Les différents substituts :**

### **8.2.1. Substituts osseux d'origine non osseux :**

#### **8.2.1.1. Les céramiques de phosphate de calcium :**

Les substituts osseux à base de phosphate de calcium restent les plus largement utilisés en application clinique et les mieux connus.

L'intérêt biologique des céramiques de phosphate de calcium a été démontré par de nombreux travaux fondamentaux et expérimentaux, et leur biocompatibilité a été parfaitement établie. Elles ne font l'objet d'aucune réaction immunologique ou toxique, d'aucune réaction à corps étranger et ne font craindre aucun risque microbiologique. Les phosphates de calcium ont ouvert des perspectives nouvelles aux cliniciens face aux pertes de substance osseuse en complément ou remplacement du tissu osseux [91]

Les céramiques de phosphate de calcium se présentent sous de nombreuses formes : granules, blocs de différentes tailles, cylindres, disques, coins, etc., qui permettent de s'adapter à de nombreuses conditions d'implantation. [91]

Parmi les biocéramiques, seules les formes bioactives méritent d'être utilisées comme substituts osseux.

Elles s'opposent, en cela, aux céramiques inertes qui ne réagissent pas avec l'organisme et sont utilisées surtout comme matériaux prothétiques (vis, tête fémorale, cupule cotyloïdienne, voire pièce de prothèse de genou). Les céramiques bioactives permettent, au contraire, des échanges entre les cellules et les fluides biologiques.

Leurs principales caractéristiques résident dans leur composition chimique similaire à celle de la phase minérale du tissu calcifié et de l'os, en particulier. Les phosphates de calcium les plus souvent employés sont :

- les phosphates tricalciques bêta : bêta TCP ; bêta  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ,
- l'hydroxyapatite (HA) :  $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ ,
- un mélange biphasé de bêta TCP et d'hydroxyapatite en proportions variables selon l'utilisation et les propriétés que l'on souhaite mettre en valeur.

Il existe d'autres phosphates de calcium qui semblent moins intéressants du point de vue chimique : phosphate tétracalcique ( $\text{Ca}_4\text{P}_2\text{O}_9$ ) et les oxydes divers X ( $\text{CaOP}_2\text{O}_5$ ).

Les céramiques de phosphate de calcium sous forme dense sont obtenues par compaction de la poudre suivie d'un frittage à chaud (1 100 à 1 300 C). La porosité peut être calculée par mélange de la poudre de phosphate de calcium avec des particules de naphthalène de taille appropriée, celui-ci étant secondairement éliminé par sublimation. On peut ainsi définir deux types de porosité : une microporosité où les pores ont un diamètre inférieur à 100 micromètres ; cette taille correspondant à celle des interstices entre les réseaux cristallins constitutifs de la céramique ; la macroporosité, (diamètre des pores compris entre 1 00 et 600 micromètres) qui seule autorise l'envahissement cellulaire et osseux et constitue le support à l'ostéoinduction. [32]

Les caractéristiques physicochimiques des céramiques sont responsables de leur bio-activité.

L'hydroxyapatite est chimiquement le phosphate de calcium qui se rapproche le plus de la phase cristalline de l'os.

Néanmoins, en raison de son rapport calcium/phosphate à 1,67 inférieur à celui de l'os, elle est très peu soluble dans les milieux biologiques et de ce fait, son taux de dégradation est très bas in vivo. En revanche, le bêta TCP au rapport Ca/P de 1,5 est beaucoup plus soluble et sa dégradation est plus importante. On peut ainsi, en modifiant la composition du mélange entre les deux types de phosphates, obtenir un produit ayant des propriétés données quant à sa solubilité et à sa vitesse de biodégradation. [91]

Comme nous l'avons vu, ces produits sont bioactifs et permettent des interactions entre les cellules du milieu et les liquides biologiques, gage d'une intégration de qualité. De même, leur biocompatibilité est bien connue. Ils ne donnent lieu à aucune réaction immunologique ou toxique pour les tissus ni à aucune réaction à corps étranger. Ils ne sont néanmoins pas ostéo-inducteurs car il n'y a pas de véritable formation osseuse lorsqu'ils sont implantés dans un site non osseux, musculaire en particulier où ils sont alors le siège d'une simple encapsulation. En revanche, ils sont ostéoconducteurs, c'est-à-dire qu'ils induisent une ostéorégénération à leur contact aussi bien à la périphérie qu'à l'intérieur du biomatériau au sein des macropores de façon centrifuge. [91]

La biodégradation du matériau est plus ou moins complète selon le type de phosphate utilisé ; elle est totale pour le bêta TCP ; elle est soumise à un mécanisme cellulaire, le calcium libéré par la dégradation de la céramique n'est pas utilisé par l'os régénéré, la régénération osseuse suivant le mécanisme classique d'apposition-résorption et concourant ainsi à l'ostéointégration. L'os nouveau se forme à la place du biomatériau résorbé. L'application pratique de ces céramiques bioactives est limitée par leur fragilité et leur faible résistance qui interdisent leur utilisation en zone de contrainte sans ostéosynthèse ou immobilisation complémentaire. Ce fait est d'autant plus vrai que les céramiques les plus intéressantes sont les céramiques résorbables à assez forte porosité donc fragiles.[32]

### **8.2.1.2. Céramique et collagène :**

Cette association veut rappeler la structure même de l'os qui est formée de ces deux constituants. Deux biomatériaux répondent à cette association : le collapat, à base d'hydroxyapatite et le collagraft, céramique biphasée poreuse de phosphate de calcium comprenant environ 65 p. cent d'hydroxyapatite et 35 p. cent de bêta-TCP. Le collagène est d'origine hétérologue (peau de porc ou de bœuf). Il permet une répartition plus homogène des grains de céramique au sein de la cavité à combler. De plus, les espaces laissés libres entre les parois sont envahis plus aisément par l'os néoformé. Le collagène, hautement purifié, est dépourvu de toute propriété antigénique.

Le collapat se compose de petits granules céramisés d'hydroxyapatite dispersés et homogénéisés au sein d'une trame collagène dans un rapport de 5 pour 1. Il se présente sous forme d'une gaze malléable, sans résistance mécanique et pouvant ainsi s'adapter aux formes du défaut osseux à combler.

Le collagraft est formé de granules de 0,5 à 1 mm de diamètre ; ceux-ci sont mélangés au moment de l'utilisation au collagène et à la moelle osseuse prélevée par aspiration chez le patient. En effet, Kocialkowski a montré qu'additionnés de moelle osseuse, les grains de céramique et le collagène acquièrent des propriétés ostéogéniques avec formation hétérotopique d'os. La proportion des trois composants doit être rigoureuse : 40 à 60 p. cent de moelle osseuse, 25 à 35 p. cent de céramique, le reste de collagène. Ce mélange est préparé 15 à 20 minutes avant l'utilisation pour lui permettre de prendre en masse et de n'être pas trop liquide. Il est par ailleurs recommandé de couvrir la cavité une fois comblée par les tissus environnants afin qu'elle ne sèche pas. [32]

### **8.2.1.3.LE BOP biocopolymère :**

C'est un substitut osseux d'origine strictement synthétique. C'est en effet un copolymère de synthèse. Il peut se présenter sous trois formes commercialisées : le bop fibre, le bop bâton, le bop sirop-poudre : la composition des deux premières étant différente de celle de la dernière forme.

Les formes fibre et bâton sont un biomatériau composite associant des faisceaux de fibre de polyamide et une matrice formée elle-même de 90 p. cent de copolymère et de 10 p. cent de gluconate de calcium.

Le copolymère est armé par une structure fibrillaire ; il comprend deux fractions : une fraction hydrophile composée de 1 vinyl 2 pyrrolidone (NVP) et une fraction hydrophobe formée de méthylmétacrylate (MMA) selon une proportion de 55 et 45 p. cent respectivement. Le NVP faciliterait les interactions avec les liquides biologiques. Ce matériau serait résorbable et ostéoconducteur; son poids moléculaire est de 80 000 en moyenne. Il n'est pas radio-opaque.

La dégradation du copolymère serait plus lente. Des travaux plus récents sont plus critiques : s'ils confirment l'absence d'effet ostéo-inducteur et la biodégradabilité, ils montrent que la repousse osseuse est limitée chez l'animal.

La forme fibre (9 mm de section et 10 à 20 cm de longueur) comprend pour 50 p. cent de son volume des fibres de polyamide. Au contact du liquide biologique, les fibres subissent une augmentation de volume de l'ordre de 10 p. cent. Elles ont une certaine souplesse et peuvent être coupées au ciseau ou au bistouri. [32]

Le bop bâton est obtenu par moulage à chaud et sous forte pression des fibres de polyamide et de la matrice ; de section cruciforme (7 à 13 mm), il a une longueur de 10 à 50 mm.

Certains modèles ont une forme adaptée à une utilisation particulière (par exemple coin d'ostéotomie). Il peut être taillé au bistouri dans le sens des fibres ou coupé transversalement à la scie. Il peut être perforé par méchage progressif et donc être vissé.

La forme sirop-poudre comprend uniquement du polymère : elle comporte une partie liquide composée de copolymère à 30 % en solution dans de l'éthanol et une partie pulvérulente composée de copolymère seul. [91]

Le mélange de ces deux composants aboutit à la formation d'une pâte qui durcit en 8 à 10 heures dans l'organisme et en quelques dizaines de minutes dans le sérum physiologique. Lapolymérisation n'est pas exothermique. Il est possible d'incorporer, au moment de la préparation, des antibiotiques dont le relargage est constaté pendant trois à quatre semaines. Toutes ces formes sont stérilisées par rayonnement gamma. [32]

#### **8.2.1.4. Le ciment acrylique :**

Bien que ce ne soit pas sa vocation première (qui est celle de fixer les implants prothétiques), le ciment acrylique peut être utilisé comme substitut osseux dans certaines conditions.

ce produit est du méthyl-métacrylate résultant du mélange extemporané, de deux composants : le premier est une poudre constituée d'homopolymère de méthylmétacrylate (MMA), elle peut contenir également un agent opacifiant (sulfate de baryum ou oxyde de zirconium) et un initiateur de la réaction de polymérisation (pyroxyde de benzoyle). le deuxième composant est un liquide correspondant à la forme monomérique de MMA; il comporte également un agent oxydant (éther méthylique d'hydroquinone) et un accélérateur de la polymérisation (NN diméthyl paratoluidine). Le mélange de ces substances, effectué juste avant sa mise en œuvre, détermine une réaction de polymérisation qui est exothermique ; cette notion, bien connue dès le début de l'utilisation de ce produit, détermine sûrement des lésions de brûlures locales mais de conséquence très limitée. De même, le monomère, très volatile, risque de déterminer des réactions d'ordre général (tensionnelle et respiratoire en particulier) d'autant plus marquées qu'il reste de ce composant au moment de son introduction dans l'organisme : d'où la nécessité d'attendre l'évaporation du monomère avant le cimentage (4 à 5 minutes en général). Ce produit entre sous pression dans les anfractuosités de l'os déterminant un excellent ancrage sans risque de réaction chimique ou biologique avec l'os ; ce produit par ailleurs offre une bonne résistance mécanique surtout à la compression.[32]

Dans ces conditions, le ciment acrylique peut être utilisé comme procédé de comblement en particulier dans deux indications : l'une en cas de tumeur, l'autre en cas de fracture. En effet, chez les patients âgés, le MMA est une alternative facile à la greffe pour combler une perte de substance osseuse liée à l'exérèse d'une tumeur bénigne. Il peut même éviter d'utiliser un moyen d'ostéosynthèse supplémentaire. Dans le même contexte pour des personnes âgées, il peut combler un défaut osseux survenant sur une fracture épiphysaire. Mais c'est sans doute en cas de fracture pathologique (survenant souvent sur une lacune osseuse) que le ciment trouve son indication la plus courante (myélome, métastases). Ces fractures peuvent être métaphyso-épiphysaires (extrémité supérieure du fémur) ou diaphysaires ; le ciment permet de combler la perte de substance et grâce à sa tenue primaire et en association à l'ostéosynthèse, il autorise un appui quasi immédiat ; c'est le cas, par exemple, des fractures épiphysaires supérieures du fémur : le clou-plaque est fixé après réduction et le ciment est injecté dans le foyer. En cas de fracture diaphysaire, le ciment est injecté en phase liquide par l'orifice d'introduction du clou jusqu'au niveau de la fracture puis le clou est immédiatement mis en place.

Enfin, le polyméthacrylate de méthyl peut être utilisé sous forme de billes, de 10 mm de diamètre, disposées en chapelet sur un fil métallique. Elles permettent de diffuser un antibiotique (gentamicine) au niveau d'un foyer infecté. Elles combleront la perte de substance correspondante en attendant une intervention secondaire au cours de laquelle elles sont enlevées. [32]

#### **8.2.1.5. Plâtre de paris (sulfates de calcium) :**

Sulfates de calcium plus connu sous le nom de plâtre de Paris, ce substitut osseux est l'un des plus anciennement employés pour combler les pertes de substance.

Ce substitut osseux minéral, est un sulfate de calcium dihydraté, de formule chimique ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), obtenu soit par synthèse chimique, soit par calcination du gypse qui nécessite une étape de purification pour obtenir une qualité médicale conforme à la pharmacopée européenne. Il se présente en général sous forme de pastilles de 2 à 5mm de diamètre obtenues par compression de la poudre et ne possède donc pas de macroporosité. Il est également disponible sous forme de poudre qui permet une préparation extemporanée.

Il se résorbe progressivement de façon centripète, concomitamment à la régénération osseuse. Le délai de résorption est variable, de quelques semaines à quelques mois.

Le plâtre n'est pas ostéoconducteur puisqu'il ne possède pas de macroporosité, ni ostéo-inducteur, mais il ne constitue pas un obstacle à la régénération de l'os environnant. La régénération osseuse se fait progressivement, de la périphérie vers le centre, au fur et à mesure de la résorption, de façon différente de celle des phosphates de calcium.

Ce substitut osseux ne supporte pas les contraintes mécaniques, sa résistance étant très faible, en particulier en milieu humide. Il est bien toléré, et n'est l'objet d'aucune réaction à corps étranger. [32]

#### **8.2.1.6. Les dérivés de l'acide polylactique :**

Ce polymère est bien connu puisqu'il est, de longue date, utilisé pour la fabrication des fils de suture résorbables et plus récemment pour certains matériels d'ostéosynthèse (vis en particulier). L'acide polylactique est doté d'une bonne tolérance et est éliminé par l'intermédiaire du cycle de Krebs. Il est approuvé par la FDA (Food and Drugs Administration).

Ce polymère solide est façonné de telle façon qu'il présente des porosités disposées au hasard permettant une réhabitation par du tissu fibreux ou osseux après envahissement par les éléments figurés du sang. Il se présente sous forme de granules ou sous forme de petits cubes. [96]

#### **8.2.1.7. LE CORAIL Carbonate de calcium :**

C'est Patat en 1976 qui, en étudiant les architectures poreuses capables d'être colonisées par le tissu osseux, découvrit les possibilités d'utilisation du corail naturel comme substitut de greffons osseux. En collaboration avec Guillemin, il effectua les premières études expérimentales sur ce biomatériau.

D'origine animale, le corail provient de l'exosquelette d'invertébrés marins appelés « polypes ». Chaque polype participe à la formation des cristaux calciques, qui permettent la construction des massifs coralliens par la succession de cycles de biominéralisation. Il existe de très nombreuses espèces de coraux.

Certains d'entre eux possèdent une structure poreuse proche de l'os spongieux (Porites, Acropora), d'autres au contraire ont une structure dense évoquant l'os cortical (Favites, Lobophyllia). C'est cette similitude qui a justifié leur emploi comme substitut osseux. [91]

Le corail est un carbonate de calcium sous forme de cristaux d'aragonite à plus de 98 %. Le corail naturel fait l'objet de traitements mécaniques, physiques et chimiques qui permettent une parfaite caractérisation et son utilisation chirurgicale. En particulier, le taux résiduel d'acides aminés peut être considéré comme négligeable.

Les caractéristiques mécaniques dépendent de la porosité et de la taille des pores. La résorption s'effectue grâce aux ostéoclastes qui sécrètent une enzyme : l'anhydrase carbonique. La résorption corallienne et la néoformation osseuse sont assez variables dans le temps et dépendent du site d'implantation, du type de corail, de sa porosité, de sa taille et de l'espèce animale. Outre le mécanisme cellulaire, il existe également une dissolution de nature physicochimique. 5

C'est certainement l'un des substituts osseux pour lequel les conditions d'utilisation doivent être les plus strictes. En effet, il faut si possible le placer dans un environnement bien vascularisé, au contact intime de l'os environnant. Il est impératif que le substitut soit bien stabilisé et immobilisé car toute micromobilité peut être à l'origine d'une encapsulation fibreuse et donc d'une absence d'incorporation et d'envahissement osseux.[91]

#### **8.2.1.8. Bioverres :**

Les verres bioactifs appartiennent à la famille des biomatériaux céramiques et, plus précisément, aux céramiques bioactives comme la HA et d'autres phosphates de calcium. Les verres bioactifs sont composés principalement d'oxydes de silicium ( $\text{SiO}_2$ ), de sodium ( $\text{Na}_2\text{O}$ ), de calcium ( $\text{CaO}$ ) et de phosphore ( $\text{P}_2\text{O}_5$ ).

Ces verres bioactifs trouvent actuellement des débouchés dans les domaines orthopédiques, dentaires, crâniens et dans la chirurgie du rachis. En orthopédie, ils peuvent combler des pertes osseuses ou servir de revêtement prothétique. Ils possèdent une excellente biocompatibilité et peuvent créer, au contact de tissus biologiques environnants, un lien chimique à l'interface implant/tissu hôte. Ces biomatériaux ne donnent pas lieu à la formation de capsules fibreuses à l'interface implant/tissu, facilitant ainsi la liaison directe entre l'implant et le tissu osseux. La surface des verres bioactifs sert de support à la repousse osseuse. Les propriétés de bioactivité des verres dépendent de leur composition chimique, en particulier des proportions de silice ( $\text{SiO}_2$ ), d'oxyde de sodium ( $\text{Na}_2\text{O}$ ), de pentoxyde de phosphore ( $\text{P}_2\text{O}_5$ ) et d'oxyde de calcium ( $\text{CaO}$ ). Le verre bioactif 45S5 peut être considéré comme parfaitement résorbable puisqu'il se dissout complètement pour former de l'hydroxyapatite carbonatée. Sa vitesse de dégradation dépend de sa composition. [91]

#### **8.2.1.9. Substituts osseux injectables :**

L'apparition de formes injectables participe au développement de la chirurgie mini-invasive, voire percutanée. Cette forme galénique permet d'éviter dans certaines indications une incision conventionnelle et minimise l'agression chirurgicale. [91]

##### **➤ Phosphates de calcium rendus injectables :**

Cette forme de substitut peu répandue associe des granules de phosphate de calcium biphasé, dont la taille est de l'ordre de  $120\ \mu\text{m}$ , à une phase vectrice. Les granules n'ont pas de macroporosité, mais une microporosité de l'ordre de 25 %. Ces granules conservent les propriétés générales des phosphates de calcium. [91]

➤ **Ciments phosphocalciques :**

Les ciments phosphocalciques, encore appelés « ciments apatitiques, ioniques ou hydrauliques » forment une classe de substituts osseux qui offrent la possibilité d'être injectés sous forme liquide ou pâteuse. Ils se distinguent clairement des céramiques de phosphates de calcium et se caractérisent par une prise et un durcissement secondaires in situ en milieu humide. Ils résultent en général d'une réaction d'hydrolyse ou d'une réaction de type acide-base, donnant naissance à un sel phosphocalcique qui précipite. Le ciment est obtenu par mélange d'un composant solide sous forme de poudre et d'un composant liquidien. Lors de la précipitation, des cristaux se forment, grossissent et peuvent fusionner entre eux en donnant sa solidité au ciment. La porosité résiduelle est ainsi constituée uniquement de micropores. La composition chimique du matériau après durcissement dépend de la nature des phases solides et liquides initiales. Ces réactions dégagent peu de chaleur. Le produit peut se présenter sous forme injectable par une seringue ou sous forme de pâte introduite à la main [91]

➤ **Nanocristaux de phosphates de calcium**

Ils constituent une nouvelle classe de substituts osseux. Ils associent un hydrogel et des nanocristaux d'hydroxyapatite d'origine synthétique. Les nanocristaux de forme aciculaire présentent une taille moyenne de 18 nanomètres. La forme et la taille des cristaux correspondent à ceux de l'apatite de l'os humain. Le rapport CA/P est de 1,67 avec un pH de 7,5. L'hydrogel et la phase nanocristalline de HA forment une pâte visqueuse, injectable, qui ne durcit pas in situ. Ils n'offrent donc strictement aucune résistance mécanique. La proportion de HA est de 25 ou 35 % pour les produits actuellement disponibles.

La taille des nanocristaux offrent une grande surface de contact estimée à plus de 100 m<sup>2</sup>/g qui lui confèrent une bioréactivité particulière qui fait tout leur intérêt. Ils sont entièrement biodégradables. La résorption du substitut, en particulier des nanocristaux, semble mettre en jeu trois processus complémentaires : intégration des cristaux à l'os néoformé, élimination par les macrophages et les ostéoclastes, dissolution par les fluides biologiques. Il semble que la phase de dégradation s'accompagne d'une néovascularisation particulière. Une néoformation osseuse se produit parallèlement à la résorption de la pâte. Ces produits sont très prometteurs, mais demandent de plus amples évaluations cliniques. [91]

## **8.2.2. Substituts d'origine osseuse ou dérivés :**

### **8.2.2.1. Les substances ostéo inductives :**

Pendant longtemps, on a parlé d'implants ostéo inducteurs. Puis avec les progrès de la science, on a pu affiner cette notion jusqu'à l'identification chimique des signaux morphogènes.

#### ➤ **La matrice osseuse déminéralisée (DBM)**

La matrice osseuse déminéralisée (Demineralised Bone Matrix) est la première substance ostéoinductive qui fût découverte et exploitée. Ses capacités d'ostéoinduction ont été démontrées et utilisées jusqu'à récemment.

En 1967, URIST *et al.* établirent qu'une substance, provenant d'un segment osseux dépourvu de toute cellule vivante, était capable d'induire une formation osseuse et que lorsqu'on implantait cet élément dans une perte osseuse, celui-ci finissait par favoriser la synthèse d'os au sein du defect.

Pour obtenir cette matrice, on réalise une déminéralisation de l'os avec de l'acide chlorhydrique. Ainsi, le pouvoir ostéoinductif de l'os est augmenté du fait que les protéines sont séparées de leur trame minérale et sont alors plus en contact avec le tissu receveur. Cette propriété peut être utilisée sur n'importe quel type de support (autogreffe, allogreffe, composés minéraux ou synthétiques). On estime que le pouvoir ostéoinductif de l'os déminéralisé est dû à la présence de certaines cytokines de la famille du TGF- $\beta$  appelées protéines morphogènes (ou Bone Morphogenic Proteins :BMP). Ils semblent que ces protéines ne soient pas trop modifiées par les différents traitements chimiques de déminéralisation.

De plus, ces protéines morphogènes présentent une ostéoinductivité sensiblement identique à celle de l'os spongieux.

Les présentations de cette matrice osseuse déminéralisée sont multiples : on peut la trouver en poudre ou en fins morceaux pour les pertes de substance sur les os du crâne par exemple (chirurgie maxillo-faciale) ; mais on la trouve aussi sous forme de blocs pour les défauts segmentaires.

Lorsqu'elle est utilisée en chirurgie orthopédique, la matrice est placée au sein d'un support qui peut être de l'os autologue et le plus fréquemment des céramiques.

Les matrices osseuses déminéralisées ont été proposées chez l'homme dans de nombreuses indications, mais plus particulièrement en chirurgie rachidienne, seules ou en complément d'autogreffe, d'allogreffe ou de moelle osseuse. [19]

➤ **Les protéines ostéoinductives :**

Dans la matrice déminéralisée, on a réussi à isoler des protéines ostéoinductives appartenant à la superfamille du Transforming Growth Factor- $\beta$  (TGF- $\beta$ ) appelées les BoneMorphogenic Proteins (BMP).

On a actuellement identifié 18 BMP différentes, seule les BMP 2 à 11 ont un rôle stimulant la régénération osseuse et les BMP 12, 13 et 14 induisent un phénotype cartilagineux.

Les BMP agissent en se liant aux récepteurs de surface des cellules cibles, et activent la transcription des gènes qui ont une activité spécifique de prolifération et de différenciation.

La thérapie ciblée sur la modulation de ces récepteurs est une alternative thérapeutique pour l'ingénieur tissulaire.

En fonction des manipulations chimiques ces BMP sont utilisées sur des substrats dont l'objectif est double : permettre un relargage adapté pour un effet ostéogénique local prolongé et amener une matrice sur laquelle repoussera l'os.

La concentration moyenne de BMP est de 1  $\mu\text{g}$  / kg de matrice osseuse déminéralisée.

Les BMP-2 et BMP-7 humaines recombinantes stimulent par exemple la transformation et la multiplication de cellules indifférenciées en cellules ostéoprogénitrices. Étant donné leurs effets sur la cicatrisation, elles représentent donc un outil potentiel très intéressant pour le comblement osseux. Le seul élément, qui empêche une utilisation massive de ces BMP, est qu'on ne connaît pas encore les limites de leurs effets biologiques et quels types d'interactions sont possibles entre ces facteurs de croissance et le reste de l'organisme.

Suite à de nombreuses expérimentations sur des modèles animaux, on a pu démontrer l'aptitude des BMP recombinantes à stimuler la cicatrisation osseuse. Mais on a aussi pu constater que dans certaines conditions environnementales, la BMP-2 pouvait agir comme un inhibiteur de la cicatrisation lors de fractures. Ce fait n'est pas surprenant car il a déjà été révélé des faits similaires avec le TGF- $\beta$  *in vitro*.

Depuis qu'on maîtrise la synthèse des BMP par génie génétique, on envisage de l'utiliser dans de nombreux domaines en clinique. La rh-BMP2 (protéine morphogène recombinante humaine) a servi à traiter avec succès une pseudarthrose fémorale chez un chien, en association avec un dispositif de fixation interne.

Les associations hydroxyapatite-BMP, phosphate tricalcique-BMP et plâtre de Paris-BMP semblent être des moyens prometteurs de traitement : accélération de la cicatrisation lors de rupture de l'insertion osseuse d'un tendon ; mise en place de BMP autour des vis lors d'ostéosynthèse par vis pour compenser les effets délétères (nécrose thermique osseuse) provoqués par le perçage de l'os. [19]

### **8.2.2.2. Substituts osseux à base de produits cellulaires :**

Il est aujourd'hui techniquement possible d'induire la différenciation in vitro de cellules souches mésenchymateuses vers des lignées ostéoblastiques par la présence de divers additifs comme le dexaméthasone, l'acide ascorbique ou le b-glycerophosphate.

Il en est de même pour l'addition de TGF- $\beta$  et BMP-2, BMP-4 et BMP-7.

En laboratoire, on combine des cellules souches mésenchymateuses de la moelle osseuse avec des céramiques poreuses pour remplacer des pertes osseuses segmentaires chez le rat ou le chien. La réparation osseuse se fait très rapidement en deux mois.

Des cellules souches mésenchymateuses ont également été incorporées dans des céramiques bioactives afin d'induire une différenciation ostéoblastique. Ces méthodes sont proposées pour des traitements de surface de dispositifs stimulant l'ostéosynthèse [19]

#### **➤ Cellules souches :**

Les cellules souches sont des cellules immatures ou indifférenciées capables de produire toutes cellules sœurs identiques.

On distingue les cellules somatiques de l'adulte (hématopoïétiques HSC, mésenchymateuses de la moelle osseuse MSC, neurales NSC, épithéliales) et les cellules embryonnaires du cordon ombilical.

Le prélèvement de moelle osseuse permet d'obtenir deux types de cellules :

- \_ Les cellules souches hématopoïétiques générant toute la lignée des cellules sanguines ;
- \_ Les cellules souches mésenchymateuses d'où se déclinent les différents tissus conjonctifs comme le tissu osseux et le tissu adipeux.

Les cellules souches mésenchymateuses sont aussi couramment utilisées pour la réparation et la régénération de l'os, du cartilage, du muscle, des tendons et ligaments.

Avec les cellules souches embryonnaires de la souris, on peut générer différents phénotypes comme les précurseurs hématopoïétiques, cellules neurales, adipocytes, cellules musculaires, myocytes, chondrocytes, îlots pancréatiques et ostéoblastes.

Des cellules de moelle osseuse fraîche ou des cellules souches mésenchymateuses cultivées (MSCs) combinées aux céramiques poreuses et implantées chez le rat ou le chien ont bien révélé un potentiel ostéogénique. En revanche, la réparation de cartilage endommagé est un plus grand défi puisque le cartilage est peu épais et encore moins vascularisé. Toutefois, certains essais d'implantation de MSCs cultivées chez le lapin dans des défauts du condyle fémoral ont abouti à la formation uniforme de chondrocytes pour recréer la surface condylienne. Malgré les défis d'isolement, d'expansion et de caractérisation des populations de cellules souches, celles-ci tiennent des promesses formidables pour la régénération tissulaire au niveau clinique. [19]

### **8.2.2.3.Xénogreffes :**

Les xénogreffes correspondent à de l'os provenant d'un donneur d'une espèce différente de celle du receveur. Les xénogreffes non traitées ne sont plus employées de longue date car elles sont à l'origine d'une réaction immunologique intense ; cette réalité fut reconnue dès 1867 par Ollier. Leurs avantages étaient leur abondance et la facilité de prélèvement. Maatz proposa dans les années 1950 de traiter l'os provenant de jeunes porcins ou ovins par différents procédés de déprotéinisation. Cet os, connu sous le terme d'os de Kiel a eu un large succès d'implantation pendant plusieurs années avant que de mauvais résultats cliniques le discréditent car ce procédé lésait une grande fraction organique.

L'amélioration progressive des techniques de purification a permis de proposer de nouvelles générations de substituts d'origine hétérologue. Les procédés de préparation actuellement utilisés visent à faire disparaître toute antigénicité, tout en conservant les qualités biologiques du tissu osseux.

Certaines xénogreffes subissent un traitement à très haute température, correspondant à une céramisation qui les transforme en une céramique d'hydroxyapatite (HA) identique aux hydroxyapatites synthétiques auxquelles elles peuvent être assimilées.

Les substituts osseux d'origine animale proviennent en général de bovins, et la possibilité de transmission à l'homme de l'encéphalopathie spongiforme bovine (ESB), due à des prions, a été évoquée. L'infectivité diffère selon la nature des tissus ; l'os fait partie de la classe IV dont on considère que l'infectivité ne paraît pas décelable, et plusieurs traitements permettent de limiter ce risque qui devient plus théorique que réelle. [91]

Ces substituts issus des xénogreffes sont peu utilisés. Ils restent néanmoins disponibles sur le marché et sont surtout utilisés dans les pays qui ne disposent pas de banques d'os.

Après les traitements, les xénogreffes présentent une architecture osseuse identique à celle de l'os spongieux humain. Le réseau trabéculaire est constitué de la phase minérale et du réseau collagénique.

Les différents procédés de fabrication ne semblent pas altérer les propriétés mécaniques, comparables à celles de l'os humain spongieux avec une résistance à la compression de l'ordre de 8 MPa. Ces substituts sont disponibles selon différentes formes standardisées : blocs, coins, fragments, cylindres, etc. Ils se conservent à température ambiante. [91]

#### **8.2.2.4. Autogreffes :**

L'autogreffe est certainement le matériau de comblement osseux le plus anciennement et le plus couramment utilisé par les chirurgiens orthopédistes et traumatologues, même si, pour certains auteurs, la place de l'autogreffe tend à se restreindre par rapport à l'allogreffe et ne représente que 1 % de l'ensemble de leurs interventions en orthopédie. Le développement et le succès clinique des substituts osseux de synthèse, en particulier de nature phosphocalcique, expliquent le moindre recours à l'autogreffe, dont nous verrons qu'il n'est pas sans inconvénient potentiel.

Il s'agit, par définition, d'un prélèvement osseux effectué sur le patient lui-même au niveau d'un site donneur et qui est placé dans le même temps opératoire au site receveur où le comblement est nécessaire. Il a un rôle biologique mais également mécanique lorsqu'il est de nature corticale ou cortico-spongieuse. [92]

##### ***Autogreffe vascularisée :***

Certaines de ces autogreffes sont vascularisées. Elles peuvent être utilisées en greffon libre nécessitant une anastomose vasculaire microchirurgicale ou en îlot, seules, ou au sein d'un lambeau composite pluritissulaire, comportant un composant musculaire et/ou cutané. La palette cutanée permet éventuellement de couvrir la perte de substance cutanée, mais peut également servir à la surveillance vasculaire du lambeau. Le composant musculaire comble une perte de substance des parties molles tout en favorisant le contexte trophique et vasculaire local. Ces greffons osseux vascularisés sont de nature corticale ou corticospongieuse [92]

Les autogreffes vascularisées sont considérées comme, la fois, ostéogéniques en raison de l'apport de cellules vivantes, ostéo-inductrices grâce aux protéines matricielles et ostéoconductrices de par la structure osseuse toutes ont conservant ses propriétés mécaniques. La grande majorité des ostéocytes (90 %) survit grâce à la revascularisation endostée et périostée immédiate qui, par ailleurs, permet une bonne trophicité du greffon, y compris dans un contexte défavorable du lit receveur. Cette vascularisation permet une véritable adaptation du greffon à l'environnement biologique et mécanique. Néanmoins, il se produit une résorption de faible ampleur de l'os cortical C'est en effet la fibula qui est la plus exploitée (dans une moindre mesure la crête iliaque antérieure ou postérieure ou les côtes), souvent dans des indications de perte de substance importante sur os long d'étiologie tumorale, traumatique ou post-traumatique. La morbidité liée au prélèvement est de 24 % à 5 ans, dans (la série de Vail comportant 247 fibula vascularisées). Ainsi, les patients peuvent présenter des douleurs au site de prélèvement ou à la cheville, une insuffisance musculaire en particulier des muscles extensor hallucis longus et flexor hallucis longus, des troubles neurologiques sensitifs ou moteurs, enfin, des instabilités de la cheville. [92]

##### ***Autogreffe non vascularisée :***

En fait, lorsque l'on parle d'autogreffe, on considère en général l'os frais prélevé extemporanément, sans vascularisation. Suivant le lieu d'implantation et la nature du geste, il est prélevé un greffon spongieux, cortical ou corticospongieux. Les sites donneurs de prédilection sont représentés par les crêtes iliaques antérieure et postérieure (Figure 21) . Bien que la crête iliaque antérieure soit moins riche, elle est la plus utilisée en raison de sa voie d'abord plus facile. La longueur maximale d'un tel greffon ne dépasse pas 6 à 7 cm. La longueur de l'incision sera adaptée au volume et aux dimensions d'os à prélever. En cas de prélèvement limité, en particulier d'os spongieux, des ancillaires spécifiques ont été développés qui limitent l'agression locale et améliorent la qualité de prise du greffon.

*Indications et résultats des allogreffes dans les pertes des substances osseuses*  
*Aménagement de la banque d'os*

---

La crête iliaque postérieure peut apporter plus de volume et surtout plus d'os spongieux (30 ml contre 5 à 10 pour la crête antérieure, une taille possible de 8 × 4 cm). C'est souvent une solution de recours lorsque les deux crêtes iliaques antérieures ont déjà été exploitées. D'autres sites sont également possibles, correspondant en général à un massif épiphysaire (condyles fémoraux, plateaux tibiaux, grand trochanter, pilon tibial, épiphyse radiale La métaphyse proximale de l'humérus. [92]



**Figure 21** : Site de prélèvement (crête iliaque)

**Source** : La maladie luxante de la hanche chez l'adulte CHIRON Philippe



**Figure 22** : Prélèvement de l'os spongieux

**Source** : La maladie luxante de la hanche chez l'adulte CHIRON Philippe

L'autogreffe non vascularisée trouve son indication dans toutes les pertes de substance osseuse d'origine traumatique ou orthopédique qu'elle qu'en soit l'origine, limitée uniquement comme on l'a vu par une éventuelle insuffisance qualitative ou quantitative (figure 22)

Ces autogreffes présentent de nombreux avantages et aussi un certain nombre d'inconvénients, aussi bien pour le chirurgien que pour le patient. L'avantage le plus évident est leur parfaite tolérance immunologique et, pour les autogreffes spongieuses, l'apport de cellules vivantes, cellules souches mésenchymateuses et ostéoprogénitrices, qui vont stimuler et favoriser une véritable ossification primaire et la consolidation.

Néanmoins, la survie des cellules est conditionnée par la rapidité de la réimplantation de l'os dans le site receveur, qui doit intervenir dans les 3 h. Seules les cellules les plus superficielles semblent pouvoir survivre et retrouver des capacités fonctionnelles. Parmi les cellules les plus résistantes figurent les cellules mésenchymateuses et les cellules endothéliales pro génitrices. Les autogreffes manifestent également des propriétés ostéo-inductives par les facteurs de croissance qu'elles apportent. Ces propriétés sont particulièrement intéressantes dans un contexte trophique défavorable où elles permettent d'obtenir d'excellents résultats.

L'autogreffe spongieuse ou cortico- spongieuse, par sa structure naturelle tridimensionnelle, permet l'envahissement progressif des espaces intertrabéculaires par des cellules de l'os périphérique et favorise l'ostéoconduction. Enfin, de par sa nature corticale ou corticospongieuse, l'autogreffe peut avoir un certain intérêt biomécanique. Cependant, l'autogreffe corticale se réhabite moins bien et plus lentement que l'autogreffe spongieuse.[92]

### **Limites et inconvénients des autogreffes :**

Bien qu'il s'agit d'une matière première peu coûteuse.  
En revanche, la nécessité d'un deuxième site opératoire est source de désagrément pour le patient.

Il constitue un préjudice esthétique par la cicatrice supplémentaire.  
La zone de prélèvement, en particulier iliaque, est souvent plus douloureuse que le site d'intervention principal.

De plus, la morbidité liée à ce prélèvement n'est pas négligeable : hématome, abcès, névralgies, éventrations, hernies, lésions artérielles ou nerveuses, voire fractures.

Enfin, pour de grandes pertes de substance osseuse, les sites de prélèvement peuvent se révéler insuffisants aussi bien qualitativement que quantitativement, comme par exemple chez les sujets âgés ostéoporotiques ou au contraire chez les sujets jeunes. Un deuxième site opératoire augmente la durée totale de l'intervention et par conséquent de l'anesthésie générale, le travail à deux équipes étant rare.

Enfin, ce deuxième site opératoire peut majorer les pertes sanguines totales. Toutes ces raisons justifient le développement et l'utilisation éventuelle, selon les indications, des substituts osseux de synthèse ou d'os conservé. [92]

### **8.2.2.5 Allogreffes :**

#### **8.2.2.5.1. Définition, généralité :**

Une allogreffe osseuse correspond à l'utilisation d'un os provenant d'un individu de la même espèce. Elles sont considérées comme un substitut naturel pour réparer les défauts osseux. Elles présentent l'avantage de compenser aussi bien les petites pertes de substance que les volumineuses sans limitation de taille, contrairement aux autogreffes. Elles reconstituent les propriétés structurelles de l'os et permettent une formation osseuse au niveau de leur interface. [59] [96]

Le recours à l'allogreffe sous forme de têtes de banque reste de pratique courante pour les chirurgiens orthopédistes. Elles sont utilisées en général dans des indications tumorales, ou dans des indications de reprises d'arthroplastie, le plus souvent de hanche. L'amélioration des techniques de conservation, de traitement et des connaissances immunologiques a contribué à leur essor.

#### **8.2.2.5.2. Origine des allogreffes osseuses (tête fémorale) :**

**Résidus opératoires :** Il s'agit essentiellement de têtes fémorales recueillies après remplacement prothétique de hanche pour les quelles seront utilisés soit la partie spongieuse soit un fragment cortico-spongieux. Le redécoupage varie selon l'indication : copeaux, "chips", cubes, et même produits de broyage. (Figure 23)



**Figure 23 :** Tête fémorale  
**Source :** CHU BLIDA

### **8.2.2.5.3. Histologie des allogreffes : Données actuelles, Données expérimentales :**

De nombreux travaux expérimentaux ont été effectués mais beaucoup portent sur des allogreffes diaphysaires. Heiple et al. avait ainsi étudié comparativement chez les chiens différents types de greffes diaphysaires et avait montré la supériorité des autogreffes à court terme, avantage qui était moins évident à long terme, puisque les allogreffes finissaient par s'ossifier aussi.

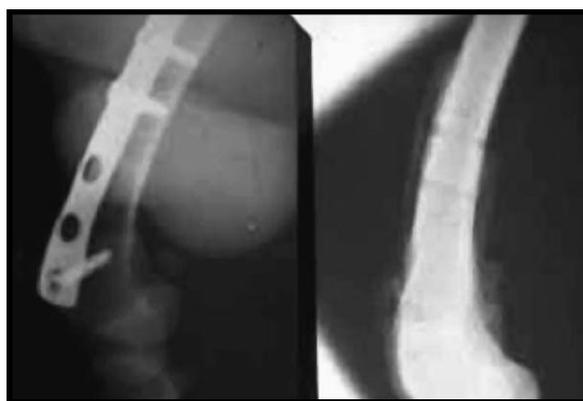
Les travaux de Massin et al. chez le chien portent sur des allogreffes cortico spongieuses armées, placées en zone métaphysaire et se rapprochent plus des conditions de la greffe de reconstruction acétabulaire. Ils ne sont pas très optimistes pour les allogreffes quel que soit leur type (congelées ou autoclavées) : si l'union avec l'os hôte est régulièrement obtenue, le centre du greffon subit une résorption rapide avec substitution par du tissu fibreux vascularisé avant que le front d'ossification n'ait pu atteindre le centre du greffon (Figure 24).



**Figure. 24.** Aspect à 6 mois d'un greffon cryoconservé implanté dans la métaphyse fémorale inférieure de chien. L'os néoformé a circonscrit la zone greffée qui apparaît constituée d'un amas de tissu fibreux vascularisé.

**Source :** Physiologie du tissu osseux. T.thomas EMC consult 17/08/2010

Ces auteurs soulignent l'aspect faussement optimiste des radiographies, qui montrent constamment la fusion de l'allogreffe avec l'os hôte, c'est-à-dire l'absence de démarcation à terme entre le greffon et l'hôte (Figure 25).

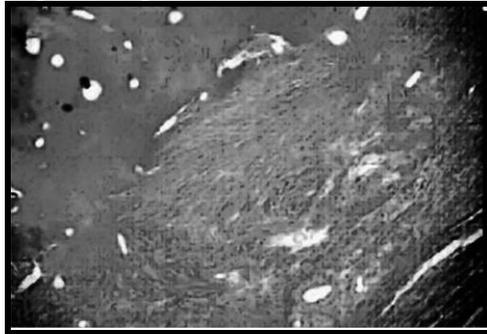


**Figure. 25.** Aspect radiographique après implantation d'un greffon armé cryoconservé sur la moitié de la métaphyse inférieure fémorale de chien. A 9 mois après ablation du matériel, la zone greffée apparaît non délimitée de l'os hôte, comme étant parfaitement ostéointégrée.

**Source :** Physiologie du tissu osseux. T.thomas EMC consult 17/08/2010

Mais lorsque l'on examine les coupes histologiques pratiquées chez les mêmes animaux, le centre des greffons est occupé par un tissu fibreux compact vascularisé mais de résistance mécanique probablement inférieure à celle de l'os vivant (Figure 26).

Depuis longtemps enfin, l'intérêt des substances ostéo-inductrices apparaît démontré mais leur utilisation clinique en est très récente, et n'a pas encore été validée pour les reconstructions acétabulaires. En pratique courante, l'évaluation de l'ossification d'une allogreffe est très difficile. L'aspect radiographique est optimiste.



**Figure 26 :** Coupe histologique du spécimen dont la radiographie est montrée dans la fig. 23  
La zone greffée est occupée par un amas de tissu fibreux dense, au contact étroit avec les travées osseuses néoformées

**Source :** Physiologie du tissu osseux. T.thomas EMC consult 17/08/2010

Il montre la fusion du greffon avec l'os hôte, mais cette fusion ne garantit pas l'ossification de la partie centrale de la greffe. Cette ossification se fait de façon centripète de la périphérie vers le centre de la greffe et ne progresse régulièrement que si les processus de résorption et d'ossification sont parfaitement synchronisés ("creeping substitution"). Si la résorption de la matrice osseuse du greffon se produit trop rapidement, notamment avec l'os spongieux, le front d'ossification se heurte à un noyau fibreux faisant plutôt office d'interposition que d'adjuvant à l'ossification. Ce noyau étant vascularisé, une hyperfixation est visible à la scintigraphie. En fait le seul critère clinique est la stabilité des pièces prothétiques à long terme. La preuve histologique ne peut venir que d'une biopsie de la partie centrale du greffon (lors d'une reprise par exemple).

### **Examens des explants :**

L'ensemble des pièces d'autopsie récupérées chez des patients décédés d'autre cause montre la supériorité des allogreffes morcelées impactées par rapport aux allogreffes structurales en termes d'ossification, même si des fragments osseux séquestrés persistent dans les 2 cas. Heekin et al. observent finalement l'ossification complète des greffons après 83 mois, alors que dans les premiers mois les phénomènes de résorption prédominent, expliquant la fragilité transitoire de la greffe.

Dans notre étude (service d'anatomopathologie CHU Frantz fanon) l'étude histologique d'une tête fémorale a objectivé :

- Un tissu osseux constitué par des travées osseuses régulières délimitant des espaces médullaires peuplés essentiellement par des adipocytes et comportant quelques vaisseaux de type capillaire
- Il s'associe des suffusions hémorragiques d'origine fracturaire.
- Absence de lésions histologiques spécifiques
- Absence de néoplasie maligne
- Tête fémorale d'aspect sensiblement normal sans évidence de néoplasie et de lésions spécifiques.

#### **8.2.2.5.4. Biologie des greffes osseuses :**

➤ **Principes de base :**

L'incorporation d'une allogreffe osseuse peut être étudiée et se définir à partir de deux événements :

- la réhabilitation à la surface du greffon.
- La consolidation de la jonction allogreffe-os receveur.

Elle repose sur deux propriétés fondamentales, l'Ostéoconduction et l'ostéoinduction.

*L'Ostéoconduction* correspond au développement au sein même de l'allogreffe des vaisseaux capillaires, des tissus périvasculaires et des cellules ostéogéniques en provenance du lit tissulaire du receveur. Il s'agit d'un phénomène purement passif dû à la structure poreuse du greffon osseux en échafaudage, sorte de treillis qui guide ainsi la progression dans ses interstices des bourgeons conjonctivo-vasculaires issus de l'hôte.

*L'ostéoinduction* est le mécanisme par lequel un tissu est influencé pour former des éléments ostéogéniques. C'est un processus actif engendré par le greffon lui-même, lui permettant de recruter des cellules mésenchymateuses appartenant à l'hôte, et d'orienter leur différenciation vers des cellules ostéogéniques comme les ostéoblastes.

Ce pouvoir est lié à des facteurs susceptibles d'être apportés par le greffon lui-même. Cette capacité nécessite bien entendu un stimulus inducteur (un de ces principaux facteurs a été isolé par Marshall R Urist en 1965, qui l'a appelé « Bone Morphogenetic Protein » ou BMP.), soit une pièce osseuse soit une simple cellule ostéogénique, mais aussi un environnement favorable pour permettre l'ostéogénèse, c'est-à-dire la formation d'un nouveau tissu osseux.

➤ **La réhabilitation a la surface d'une allogreffe osseuse :**

**La première phase de l'incorporation des greffes osseuses fait intervenir les qualités trophiques du lit de la greffe**

Il s'y déroule une réaction inflammatoire aiguë locale, plus intense en cas d'allogreffe que d'autogreffe. Des cellules notamment lymphocytaires issues de l'hôte affluent et il germe à partir du lit tissulaire receveur des bourgeons conjonctive-capillaires qui progressivement tentent d'envahir l'hématome et le greffon.

Les stades ultérieurs vont différer selon qu'il s'agit d'une greffe spongieuse ou corticale.

**Lorsque la greffe est spongieuse :**

Les bourgeons vasculaires pénètrent directement par ses interstices et les ostéoblastes déposent directement du tissu ostéoïde sur les travées. Le remaniement ultérieur classique (creeping substitution) dû aux ostéoclastes aboutira au remplacement de la zone greffée par du tissu osseux lamellaire neuf. [86]

Cette incorporation est rapide et complète pour une autogreffe : la revascularisation réalisée en deux semaines et l'ostéogenèse très active est favorisée par la présence d'ostéoblastes provenant à la fois du greffon et du receveur. Le remaniement ultérieur aboutit au remplacement complet de la zone greffée. Ce déroulement idéal correspond cependant à des greffes spongieuses de petite taille qui n'ont pas séjourné à l'air libre plus de 30 min après leur prélèvement ; il semble que l'épaisseur des greffons spongieux qui permettent la nutrition immédiate des cellules par imbibition et une revascularisation rapide soit d'environ 5 mm. [86]

Les allogreffes spongieuses fraîches ont le même modèle d'incorporation que les autogreffes spongieuses, avec cependant des délais plus longs et des résultats moins complets, ceci est expliqué par le fait que la revascularisation est retardée par la réaction inflammatoire qui est plus importante dans l'allogreffe, ce retard de vascularisation entraîne la nécrose des cellules du greffon, l'ostéogenèse ne se fait donc qu'à partir des ostéoblastes de l'hôte. Il est donc inutile, voir même nocif au plan immunitaire, de chercher à préserver les cellules osseuses et médullaires du greffon lors de sa préparation. (179)

Afin d'améliorer la rapidité et la qualité de l'incorporation, certains chirurgiens emploient des greffes composites faites d'un mélange d'allogreffe conservée et d'autogreffe fraîche.

La résistance mécanique des allogreffes spongieuses a été peu étudiée puisque ce sont des petits fragments le plus souvent utilisés pour combler des cavités ou consolider des zones de faiblesse, leur rôle mécanique est peu important (179)

### **L'incorporation d'une greffe corticale est beaucoup plus longue et incomplète que celle d'une greffe spongieuse**

Du fait de sa structure compacte haversienne, les bourgeons vasculaires encerclent le greffon sans réussir à le franchir, nécessitant une lyse osseuse préalable par les ostéoclastes qui vont creuser des cavités irrégulières dans l'os compact le faisant ressembler à de l'os spongieux Ici les phénomènes de lyse précèdent les phénomènes de reconstruction, contrairement à l'os spongieux. (179).

L'apposition d'os nouveau débute vers le troisième mois. Selon TOMENO, cette élaboration et le dépôt de ce nouveau tissu osseux par les ostéoblastes du receveur contrecarrent la poursuite de la résorption ostéoclastique de l'os nécrotique, ce qui explique que la colonisation de toute greffe corticale reste incomplète, et ceci d'autant plus que le greffon est de grande dimension. L'incorporation d'un greffon cortical selon la théorie dite de « creeping substitution » (ou « substitution rampante ») aboutit donc à un remaniement tissulaire avec formation d'un complexe où cohabitent os profond biologiquement mort en et nouvel os superficiel viable. [12]

L'apposition ostéoblastique au sein de la greffe ne débute que vers la douzième semaine alors que dans le même temps se forme un cal périosté aux jonctions de la greffe. L'incorporation d'une greffe corticale demandera plusieurs mois et aura toujours un caractère incomplet (Enneking 1972 ; Enneking 1975) l'os nouveau déposé par les ostéoblastes empêchant la résorption de l'os nécrotique sous-jacent.

Contrairement aux greffes spongieuses les cellules des greffons corticaux ne peuvent pas survivre du fait des difficultés de nutrition par imbibition et du temps de latence de la revascularisation en site cortical d'où leur faible pouvoir ostéoinducteur et ostéogénique

Il n'y a ainsi qu'une faible différence entre auto- et allogreffe corticale : l'incorporation de l'allogreffe se fait avec une phase de revascularisation un peu plus longue du fait de l'existence d'une réponse inflammatoire locale plus importante mais le résultat final s'est avéré comparable qu'il s'agisse d'allogreffes corticales congelées (Kreuz 1951) lyophilisées (Kreuz 1951) irradiées (Basset 1959 1972). [86]

Enfin que la greffe soit autogène (Enneking 1972) ou allogène (Enneking 1991] ; Coutelier 1984) l'incorporation sera d'autant plus incomplète que la greffe est de grande taille.

La résistance mécanique des greffes varie avec le stade de l'incorporation [86]

L'os nécrotique à une résistance identique à celle de l'os vivant et ENNEKING a prouvé que l'os biologiquement mort possédait une résistance comparable à celle de l'os néo-formé. C'est l'apposition d'os nouveau ou la résorption de la greffe qui vont modifier les qualités mécaniques. La résistance des greffes spongieuses va croître progressivement avec l'apposition d'os nouveau. En revanche la résistance des greffes corticales va diminuer temporairement tant que la résorption est plus importante que l'apposition. [86]

Les propriétés mécaniques d'une allogreffe seront donc dépendantes de l'équilibre entre phénomènes de destruction et reconstruction.

La résorption ostéoclastique reste plus active que l'apposition ostéoblastique durant une période allant du sixième au dix-huitième mois, étape au cours de laquelle l'allogreffe présente une fragilité certaine comme en témoigne le taux significatif de fracture lors de cette phase. Selon POITOUT, la greffe ne possède entre le sixième et le douzième mois que 50 à 60% de la résistance d'un os classique avec un retour à la normale atteint deux à trois ans plus tard.[12]

➤ **L'incorporation a la jonction allogreffe – os receveur :**

La qualité mécanique de la jonction allogreffe-os receveur participe à l'incorporation du greffon et à la solidité du montage. Cette union est réalisée à partir d'un manchon fusiforme bien vascularisé semblable à un fourreau extérieur périfracturaire caractérisé cependant par une minéralisation moins intense.

Ce cal se développe essentiellement aux dépens de la couche profonde du périoste du receveur dont les cellules ostéogéniques participeraient environ pour 30% dans la formation d'os nouveau.

Aucune fusion n'existe au niveau de l'interface des deux corticales.

Les cellules endostéales de l'hôte ne semblent pas apporter une contribution manifeste à la constitution du cal de jonction, bien que COUTELLIER ait envisagé à partir de ses observations micro radiographiques l'hypothèse d'une incorporation par voie end médullaire. ENNEKING a lui aussi constaté au niveau du canal médullaire la présence d'un tissu conjonctive-vasculaire issu de la jonction et qui pénètre sur un à deux centimètres en direction de l'allogreffe. . [12]

On peut améliorer cette solidarisation entre les deux corticales en entourant leur jonction par des fragments d'os spongieux autologue, c'est ce qu'on appelle le manchonnage, il aboutit à l'élaboration rapide d'un fuseau osseux spongieux qui apporte une bonne solidarité dans un délai assez court, les deux corticales sous-jacentes s'accoleront dans un deuxième temps. (179).

➤ **Facteurs contrôlant l'incorporation des allogreffes osseuses :**

De multiples facteurs interviennent dans l'incorporation d'une greffe osseuse interférant entre eux et rendant difficile l'étude spécifique de l'un d'eux.

- **Apports métaboliques :**

L'état nutritionnel de l'organisme la qualité vasculaire du lit de la greffe la propulsion des fluides par les déformations cycliques des tissus conditionnent la vascularisation de la greffe. Cet état nutritionnel peut en outre orienter la différenciation des cellules non spécialisées en ostéoblastes chondroblastes ou fibroblastes (Basset 1972).[86]

- **Stabilité du foyer :**

Les vaisseaux ne peuvent envahir la greffe qu'en l'absence de mobilité par rapport aux tissus mous (Basset 1972) d'où l'importance de la survenue du cal et du mode de synthèse. [12]

- **Topographie :**

Les reconstructions humérales qu'il s'agisse du comblement de cavités (Spence 1969) ou de reconstructions segmentaires (Gregory 1972 Loty 1990] ; Mankin 1983) donnent lieu à un taux de pseudarthroses ou de résorptions plus important que pour d'autres localisations. Ces complications sont peut-être liées à l'absence de contraintes en compression [12]

- **Présence de cellules ostéogéniques vivantes :**

Le rôle des cellules apportées par la greffe a longtemps été discuté. En fait les cellules de la greffe ne jouent un rôle réel que lorsqu'il s'agit d'une autogreffe spongieuse fraîche. Les cellules osseuses et médullaires d'une telle greffe participent à l'union et à l'incorporation de la greffe. L'âge du patient et le site de prélèvement de la greffe vont cependant modifier la proportion de moelle osseuse grasseuse et hématopoïétique et donc la valeur ostéogénique de la greffe.

L'adjonction de moelle osseuse autogène à une allogreffe a les mêmes conséquences (Burwell 1964).

Les cellules d'une allogreffe spongieuse d'une autogreffe corticale ou d'une allogreffe corticale ne jouent en revanche aucun rôle ostéogénique du fait du délai de revascularisation. Les cellules médullaires et osseuses sont de plus les éléments les plus antigéniques d'une allogreffe et ne peuvent jouer qu'un rôle négatif.

Ainsi lorsque la greffe doit avoir un rôle ostéogénique (traitement d'une pseudarthrose greffe de complément à la jonction d'une greffe corticale) il faut s'adresser à une greffe autogène et spongieuse la seule à cumuler des propriétés ostéogéniques ostéo-inductrices et ostéoconductrices. [86]

- **Ostéo-induction :**

Certaines substances ostéoinductrices facilitent l'invasion conjonctivo-vasculaire et cellulaire ainsi que la différenciation des cellules mésenchymateuses vers des cellules ostéoïdes. L'utilisation de la BMP pourrait constituer un atout supplémentaire dans l'incorporation des allogreffes. [12]

La formation et la réparation de la matrice osseuse sont des processus complexes qui font intervenir les cellules de la lignée ostéoblastique, divers composants de la matrice extracellulaire, et des facteurs locaux. La formation et la réparation osseuse sont étroitement régulées par les Bone Morphogenetic Proteins (BMPs), protéines présentes dans la matrice osseuse, et qui agissent localement en influençant la prolifération et la différenciation cellulaires. On a actuellement identifié 13 BMP différentes.(22)

Les BMP-2 et BMP-7 humaines recombinantes stimulent la transformation et la multiplication de cellules indifférenciées en cellules ostéoprogénitrices. Étant donné leurs effets sur la cicatrisation, elles représentent donc un outil potentiel très intéressant pour le comblement osseux. Le seul élément, qui empêche une utilisation massive de ces BMP, est qu'on ne connaît pas encore les limites de leurs effets biologiques et quels types d'interactions sont possibles entre ces facteurs de croissance et le reste de l'organisme. Une fois que l'on aura pu garantir leur totale innocuité, de nombreuses applications cliniques se présenteront.

Actuellement, on cherche à utiliser ces protéines associées à des supports divers (minéraux,...) afin d'obtenir un dispositif à libération lente. On espère ainsi pouvoir utiliser mieux les propriétés ostéoconduites et permettre un comblement des pertes de substance osseuse.(22)

**Effets :**

Les protéines inductrices agissent sur la régulation du tissu osseux et cartilagineux de manière différente chez l'embryon, chez l'enfant et chez l'adulte. À faible dose il semble qu'elles agissent plutôt sur la prolifération cellulaire et à fortes doses sur la différenciation.(22)

**Induction de la formation osseuse.**

Les protéines inductrices agissent en corrélation avec d'autres facteurs de croissance à toutes les étapes de la formation osseuse selon deux voies différentes :

\* La voie cartilagineuse : les BMPs agissent sur la différenciation et la multiplication des cellules mésenchymateuses progénitrices (qui proviennent du muscle, du périoste et de la moelle osseuse), puis sur la formation de la matrice cartilagineuse de collagène et protéoglycanes sécrétés par les fibroblastes, pour terminer après une étape de vascularisation par une action sur la différenciation, l'activation ou l'inhibition des ostéoblastes et des ostéoclastes qui vont travailler à la formation de la trame calcique. Lors de la phase terminale de remodelage, le taux de BMPs redevient faible.

Dans le cas d'une perte de substance diaphysaire, la voie cartilagineuse est préférentiellement suivie ; les cellules réceptrices sont celles de l'os et des tissus musculaires environnants, ce qui explique le temps relativement long de la consolidation. La BMP-2 stimule particulièrement la différenciation et la multiplication des cellules mésenchymateuses progénitrices (5 jours) ; elle a donc un rôle d'induction de la formation cartilagineuse (10 jours). À la phase de formation de la trame calcique, elle inhibe l'action des ostéoclastes, favorisant indirectement l'action des ostéoblastes (21 jours); il semble judicieux de l'utiliser lorsqu'il existe une perte de substance osseuse dans le cas de fractures fraîches en l'absence de cal cartilagineux déjà formé.

La BMP-7 agit essentiellement à la phase terminale en activant directement la différenciation des ostéoblastes. Elle a donc un rôle essentiel dans la transformation du tissu cartilagineux en tissu osseux ; il semble judicieux de l'utiliser dans le cas d'une pseudarthrose hypervasculaire. En fait ces protéines agissent en concert ; certaines sont plus spécialisées pour une action donnée ou encore leurs effets combinés se potentialisent.

\* Une autre voie est la transformation directe des cellules progénitrices en cellules osseuse avec formation directe d'os toujours sous l'influence des BMPs.

Cette voie est suivie préférentiellement dans le cas d'une perte de substance métaphysaire ; les cellules progénitrices se différencient directement en cellules osseuses ce qui explique la consolidation relativement rapide dans cette zone ; les cellules cibles sont les cellules osseuses et celles de la moelle. In vivo, dans les zones spongieuses, la réhabilitation osseuse est précédée d'une lyse périfracturaire : les diphosphonates (Ibandronate) limitent cette résorption sans nuire à la consolidation.

\* La formation du tissu osseux par voie directe ou par une étape intermédiaire cartilagineuse dépend en fait, non seulement de la localisation sur l'os et du type d'os, mais également de la dose de protéines inductrices et du support utilisé. Dans tous les cas l'os obtenu est fonctionnellement, bio mécaniquement et histologiquement normal. (22)

➤ **Le problème immunologique :**

• **Nature de la réaction immunitaire :**

La présence de tout matériau étranger dans un organisme déclenche de sa part une réponse immunitaire qui comporte une reconnaissance de la greffe suivie ou non de son rejet.

**Les éléments cellulaires de l'os :**

Une allogreffe osseuse fraîche possède une charge antigénique spécifique du donneur et est donc capable de stimuler le système immunitaire du receveur. Ces antigènes proviennent en priorité des cellules osseuses et hématopoïétiques, mais aussi des leucocytes, des vaisseaux sanguins et des nerfs contenus dans l'os.

Les principaux antigènes responsables de l'immunogénicité osseuse correspondent à des lipoprotéines de surfaces membranaires communes aux cellules nucléées d'un même individu lui conférant ainsi une véritable carte d'identité tissulaire. Ces antigènes d'histocompatibilité sont regroupés chez l'homme au sein du système dit HLA (pour Human Leukocyte Antigens) qui dépend d'une région chromosomique unique et dont le codage génétique apparaît extrêmement compliqué. Quatre locus ont été identifiés. Les trois premiers nommés A B et C déterminent le premier groupe, alors que la deuxième classe correspond au locus nommé D. Les allèles des systèmes HLA ABC et HLA D/DR codent pour des antigènes qui induisent une double réaction chez le porteur d'une allogreffe osseuse massive fraîche.

Tout d'abord, l'organisme déclenche une réponse à médiation *cellulaire* par l'intermédiaire des lymphocytes immunologiquement compétents présents dans les ganglions lymphatiques et le sang périphérique, en collaboration avec les macrophages. La sensibilisation de ces lymphocytes T produit plusieurs effets contre le greffon :

Une action directe cytotoxique,

Une activation de cellules sécrétrices de cytokines à activité ostéolytique (Tumor Necrosis Factors, interleukines etc).

L'apparition de lymphocytes capables de conserver la mémoire du contact avec l'antigène et de synthétiser, lors d'une nouvelle stimulation, des lymphokines aptes à amplifier la réponse immunitaire.

Dans le même temps survient une réponse *humorale* avec la participation des macrophages qui initient la production par les plasmocytes d'anticorps spécifiques dirigés contre le système HLA du donneur. Ces plasmocytes représentent le stade final de différenciation des lymphocytes B sur lesquels les lymphocytes T peuvent agir (fonction d'aide ou de suppression). À contrario, on peut observer l'apparition d'anticorps dit « *bloquants* » qui protégeraient le greffon de l'action cytotoxique des lymphocytes T et des macrophages. On constate donc que ce processus est très complexe, faisant intervenir de nombreux types cellulaires et une multitude de substances humorales. [12]

***La matrice osseuse :***

Son antigénicité demeure beaucoup moins importante que celle des composants cellulaires.

La matière inorganique faite principalement de calcium et de phosphore ne possède aucun pouvoir antigénique.

Les constituants organiques tels que les fibres de collagène et la substance fondamentale amorphe (association de glycosaminoglycanes et de protéines comme l'ostéomucoïde) semblent capables d'engendrer une réaction humorale. [12]

- **Conséquences de la réaction immunitaire :**

FRIEDLANDER [44] a noté que le type de greffe osseuse (fraîche, congelée, lyophilisée) influait sur l'immunogénicité de l'os.

Nous avons vu que l'antigénicité d'un greffon frais était avant tout liée au système HLA porté par les cellules ostéoïdes et médullaires. Or, la conservation de l'allogreffe par congélation ou lyophilisation associée au lavage et aux méthodes de stérilisation provoque une destruction de la majeure partie de ces composants cellulaires pour finalement ne préserver que la trame matricielle. Cette préparation diminue par conséquent fortement le pouvoir antigénique de l'allogreffe sans toutefois qu'il disparaisse [124]

En pratique humaine, cette réaction immunitaire existe donc mais avec une intensité bien moindre ce qui explique l'inutilité des traitements médicamenteux immunodépresseurs et le faible intérêt d'un typage HLA entre donneur et receveur.

L'incorporation d'une allogreffe n'apparaît donc pas corrélée à la compatibilité immunologique.

Au centre d'immunologie de Marseille, une étude systématique de groupes HLA des donneurs et des receveurs a été faite, tous les mois, après mise en place d'une allogreffe et ils ont constaté, si l'on emploie un anticorps monoclonal spécifique du groupe HLA du donneur, qu'il n'y a pas d'apparition d'anticorps HLA immun, spécifique du donneur. Les groupes HLA immuns qui peuvent apparaître après la greffe, sont liés à l'introduction dans l'organisme de leucocytes provenant des transfusions sanguines habituellement associées aux greffes. Le rejet aigu n'a jamais été mis en évidence mais il a été signalé 10 à 20% d'échecs rapportés à une élimination immunitaire chronique du greffon qui s'expliquerait par des phénomènes de séquestration. Un encapsulement fibreux emprisonnerait progressivement l'allogreffe, dressant ainsi une véritable forteresse et interdisant tout processus de « *creeping-substitution* » [124]

En définitives : de ces études immunologiques il ne faut garder en mémoire que la notion d'absence de réaction de rejet cliniquement décelable, sans doute dû au fait que les cellules médullaires se nécrosent peu de temps après la mise en place du greffon [124].

#### **8.2.2.5.5. Les maladies transmissibles par allogreffe osseuse :**

##### ➤ **Infections bactériennes à germe banal :**

Les infections iatrogènes à staphylocoques, streptocoques ou bacilles Gram négatifs ont longtemps porté préjudice au développement des allogreffes osseuses. La contamination peut être possible à différentes étapes :

- Soit inhérente au donneur lui-même,
- Soit conséquence d'une faute d'asepsie au moment du prélèvement du greffon osseux, de son conditionnement et de son stockage à la banque,
- Soit lors de son implantation chez le receveur. [12]

Leur éviction repose sur les progrès accomplis dans la sélection des donneurs les conditions de prélèvement les contrôles des greffes et les méthodes de stérilisation.[82]

##### ➤ **Les infections virales :**

###### • **Infections à virus VIH :**

La transmission du virus VIH par une allogreffe osseuse a été rapportée en 1988 (US Public Health Service 1988) et en 1992 (Simmonds 1992) et fait partie des préoccupations essentielles d'une banque d'os. Il a été montré que le virus peut effectivement résider au sein de la trame osseuse ou des tendons même après lavage des liquides organiques et de la moelle (Buck 1990). Deux virus sont actuellement connus : VIH 1 et 2. [86]

Leur dépistage repose sur la recherche d'anticorps anti-VIH, cependant l'absence d'anticorps n'exclut pas une infection VIH. Au stade précoce de l'infection alors qu'aucun symptôme ne permet d'en faire le diagnostic existe une période de séronégativité avant que n'apparaissent les anticorps. A la phase tardive de la maladie certains patients n'auraient plus la faculté de fabriquer des anticorps, mais la maladie est évidente à ce stade.

La recherche de l'infection pendant la phase de séronégativité est essentielle puisqu'elle s'est avérée transmissible dès ce stade par des greffes osseuses (Simmonds 1992). Le risque qu'un greffon provienne d'un donneur infecté après une recherche d'anticorps a été évalué à 1/161 (Buck et Malinin) mais l'enquête épidémiologique associée à la sérologie fait alors passer ce risque à seulement 1/100 000. [86]

Une deuxième recherche d'anticorps 6 mois après le prélèvement permet d'augmenter la fiabilité du dépistage. Dans la mesure où les anticorps apparaissent entre le premier et le sixième mois dans 95 p. Cent des cas, la répétition de la sérologie à ce moment permet une très bonne efficacité du dépistage. [86]

- **Infection à virus HTLV :**

Le virus HTLV-1 découvert en 1980 est responsable de neuromyélopathies mais surtout de leucémies et de lymphomes à cellules T de l'adulte dont l'incubation dure 15 à 20 ans et qui sont alors rapidement fatales. La zone d'endémie est le sud-ouest du Japon le bassin des Caraïbes et l'Afrique Noire (prévalence aux Antilles : 2 à 3 p. Cent). La transmission est sanguine (cellules mononucléées) sexuelle et par l'allaitement ; il n'y a pas de cas connu de transmission par allogreffe.

La population exposée est celle des toxicomanes surtout aux Etats-Unis. Le rôle pathogène du virus n'est actuellement pas clair.

Le diagnostic est réalisé par recherche d'anticorps HTLV-1 et 2[86]

- **Hépatite virale :**

La transmission de l'hépatite par une allogreffe osseuse a été rapportée dès 1954 (Shutkin 1954). La recherche de l'antigène de surface HBS depuis 1970 n'a pas suffi à faire disparaître les hépatites post-transfusionnelles probablement du fait de concentration virale trop basse pour être détectée. Le dépistage de l'hépatite B doit être complété par la recherche d'anticorps anti-HBC.

La découverte d'anticorps anti-HBS en revanche ne paraît traduire qu'une cicatrice sérologique. Un cas de transmission d'une hépatite C par une allogreffe osseuse a également été rapporté (Eggen 1992). Son dépistage repose depuis 1989 sur la recherche d'anticorps anti-HCV. Les tests actuels de seconde génération ont beaucoup progressé en spécificité. L'apparition des anticorps semble se faire après une dizaine de jours d'évolution.

L'existence de faux négatifs et d'hépatites virales non-A non-B doivent continuer à faire doser les transaminases (ALAT). [86]

- **Cytomégalovirus (CMV) :**

Aucun cas de transmission du CMV par greffe osseuse n'a été rapporté. La transmission du CMV ne présente de risque que pour un receveur immunodéprimé. La sérologie (positive chez 40 à 60 p. Cent des adultes sains) n'a donc d'intérêt en matière de greffe osseuse que pour les receveurs sous chimiothérapie après exérèse de tumeur maligne et peut-être pour les greffes implantées chez des enfants. . [86]

- **Syphilis :**

Aucun cas de transmission par allogreffe osseuse n'a été rapporté. Le tréponème est inactivé après 7 heures à 4 °C. Sa recherche abandonnée par beaucoup trouve cependant sa justification en tant que facteur de risque de maladies sexuellement transmissibles vis-à-vis du VIH. [82]

- **Les infections à agents transmissibles non conventionnels (ATNC) :**

Les maladies à prions (acronyme et anagramme de protéine infectieuse) rassemblées sous le terme générique d'Encéphalopathies Subaiguës Spongiformes Transmissibles (ESST) demeurent la dernière menace en date, en causant chez l'homme la maladie de CREUTZFELD-JAKOB dans sa forme dite infectieuse (différente de la variante liée à l'encéphalopathie spongiforme bovine). Cependant, leur infectiosité semble plus réduite avec des allogreffes osseuses qu'avec des substances du système nerveux (dure-mère, hormone de croissance extractive), le tropisme du prion pour les tissus de l'appareil locomoteur apparaissant bien moindre.

Il faut savoir que la stérilisation par irradiation ne possède aucune action sur les prions car ces agents sont dépourvus d'acides nucléiques, structures moléculaires les plus vulnérables aux rayonnements. Par contre, les ATNC sont hydrophobes et donc tout produit dénaturant les lipides favorise leur éradication. Enfin, l'inactivation totale du prion peut être obtenue soit par emploi de soude soit par usage d'eau de javel. Ce mode de traitement est celui conseillé. [12]

- **Autres infections :**

Elles ne sont pas dépistées de manière courante, mais leur transmission a été objectivée pour des allogreffes autres que celles de tissu osseux :

- la rage.
- les viroses de la famille des herpes virus (dont l'Epstein-Barr virus).
- la fièvre jaune.
- les fièvres hémorragiques.

Cette énumération non exhaustive a le mérite de rappeler que la fiabilité du dépistage repose non seulement sur la biologie mais aussi sur l'examen clinique et l'anamnèse. [86]

Dans notre étude nous avons effectué presque la totalité des prélèvements au sein de centre transfusion sanguine (CTS) et le laboratoire centrale de la biologie de CHU Blida (VIH, Hépatite virale, Syphilis).

L'analyse de cytomégalovirus (CMV) a été effectuée dans des laboratoires privés.

#### **8.2.2.5.6. Modalités chirurgicales de l'incorporation de l'allogreffe : (tête fémorale)**

- Adaptation anatomique :

L'homologie de la latéralité n'est pas indispensable, de même que l'homologie de l'os, par contre le type de greffe (corticale ou spongieuse), sa taille (qui doit être suffisante pour combler le defect) et ses diamètres (calibres endomédullaires étagés qui peuvent permettre le passage d'un clou centromédullaire), sont des renseignements qui doivent impérativement accompagner chaque demande d'allogreffe destinée à la banque d'os.

- La solidarisation allogreffe os-receveur :

Elle doit être absolument robuste, durable et suffisamment stable pour permettre une meilleure revascularisation et une meilleure incorporation, avec possibilité d'une rééducation rapide et d'une remise en charge précoce. Cette solidarisation est techniquement réalisable grâce à une ostéosynthèse appropriée. (26).

- La jonction allogreffe-os receveur :

La surface de contact entre les deux extrémités doit être la plus étendue possible, ce qui est plus facile en zone métaphysaire qu'en zone diaphysaire. Cette contiguïté peut se faire soit par affrontement cortical des tranches de section, méthode la plus classique, ou par encastrement, le greffon étant partiellement manchonné dans une enveloppe de périoste de l'os receveur, cette technique permet une meilleure stabilité primaire et favorise la formation du cal jonctionnel (25). Pour favoriser la consolidation, il est décrit d'incorporer des greffons spongieux au niveau de la zone de jonction allogreffe os receveur.

#### **8.2.2.5.7. Indications des allogreffes osseuses : (tête de banque)**

Certaines indications paraissent indispensables, comme c'est le cas chez le sujet âgé, dont le capital osseux est très restreint.

Les allogreffes provenant des banques d'os permettent d'avoir du matériel en quantité et en qualité suffisante permettant de faire des reconstructions post tumorales, post traumatiques (avec perte de substance), et de corriger les déformations squelettiques .

Ces indications sont assez fréquentes comme les reconstructions lors des reprises d'arthroplastie, les reconstructions après résection tumorale ou large perte de substance ou grande pseudarthrose, arthrodèse, comblement des cavités après résection pour tumeur ou infection. Les indications qui paraissent devoir être retenues sont les suivantes :

##### ➤ **Reconstruction post tumorale :**

La chirurgie tumorale osseuse a bénéficié de l'apport de la chimiothérapie et de la radiothérapie, ainsi que de l'imagerie par résonance magnétique (limites de la tumeur), ce qui a élargi les indications de la chirurgie conservatrice au dépend de gestes plus radicaux tels que l'amputation ou la désarticulation. Les allogreffes jouent un rôle important dans la restitution squelettique post tumorale.

Les allogreffes spongieuses permettent de combler la cavité résiduelle après curetage tumoral. Cette technique de curetage-comblement est le prototype de la chirurgie intralésionnelle qui s'adresse aux tumeurs bénignes, (dystrophies pseudo-tumorales, de kystes essentiels, de tumeurs à cellules géantes de grade 1 et de grade 2) (figure 27). elle consiste dans un premier temps à l'exérèse des cellules tumorales par évidement après avoir pénétré délibérément dans la tumeur, (cet évidement se fait à la curette), puis dans un deuxième temps, le comblement de la néo cavité par de l'allogreffe (si impossibilité de prélèvement d'autogreffes ou cavité de taille importante).



**Figure 27** : comblement de l'extrémité supérieure de tibia (TCG)  
**Source** : CHU DE BLIDA

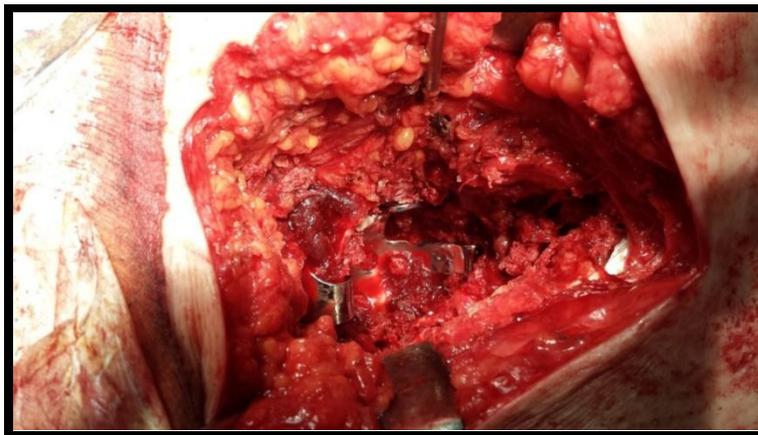
Ce comblement a pour objectif de renforcer la solidité osseuse, mais aussi d'éviter les espaces résiduels vides, facteurs favorisant des récives. C'est pour cela que la tête fémorale de banque constitue le meilleur matériel, un gros fragment taillé dans cette tête, est introduit en force dans cette cavité, associé à des petits fragments morcelés, et de préférence avec de l'autogreffe, le tout tassé autour du gros fragment.

➤ **Reconstruction osseuse en chirurgie prothétique :**

*La reconstruction cotyloïdienne et ou fémorale* après détérioration pour prothèse totale de la hanche

Versant cotyloïdien : Dans les pertes de substances cotyloïdienne, il faut distinguer les pertes de substance cavitaires des pertes de substance structurales ou segmentaires, où la cavité cotyloïdienne doit être plus ou moins complètement reconstruite. Dans le premier cas, l'allogreffe spongieuse morcelée convient parfaitement, Dans le second cas, la reconstruction fait plutôt appel à de plus volumineux fragments de tête dont le volume et la disposition s'adapteront à la perte de substance, qui permettront le cas échéant de positionner et d'appuyer un anneau de soutien .

Ces fragments pourront être laissés libres, plus ou moins encastrés, ou être stabilisés par des vis ou des broches. Le comblement par un amas de fragments morcelés est possible, mais il faut assurer une certaine stabilité à l'anneau de soutien. Dans tous les cas, l'anneau devra prendre en charge une grande partie des contraintes tout en laissant le greffon sous une certaine stimulation biomécanique afin de favoriser son ostéointégration (figure 28). [92]



**Figure 28** : reconstruction cotyloïdienne

**Source** : CHU DE BLIDA

Versant fémorales : Elles sont les plus nombreuses. Les altérations de la zone proximale (lyse du Merckel), peuvent être reconstruites à l'aide de fragments de têtes fémorales, notamment de col, encastrés en force entre la prothèse et le fémur au moment de la mise en place de l'implant fémoral. Ces apports osseux ont tendance à se résorber, sans conséquences néfastes pour la survie de la prothèse.

Pour ce qui concerne les altérations plus étendues, les techniques les plus utilisées actuellement sont :

- le comblement du fémur proximal par de l'os spongieux tassé, spongieux au sein duquel est scellé l'implant fémoral, donne des survies à 10 ans supérieures à 90 %.

Certains auteurs recommandent de mélanger des fragments de spongieux et d'os cortical « mixés », technique qui semble améliorer la stabilité des implants et réduire les enfoncements initiaux parfois observés. Cette technique autorise une remise en charge immédiate de la greffe tassée. [164]

- pour des pertes osseuses corticales plus localisées (corticale fémorale externe en particulier), des baguettes d'allogreffes corticales peuvent être apposées et fixées par des cerclages métalliques. La consolidation avec l'os du receveur est pratiquement constante. Elles ne permettent toutefois pas une reconstruction plus importante. [164]

*Reprises de prothèses totales de genou* : Devenue une intervention courante depuis les années 1980, les prothèses totales de genou occasionnent désormais également des altérations parfois majeures du capital osseux fémoral et tibial. Dans la majorité des cas, le defect tibial et/ou fémoral peut être comblé par des fragments de têtes de banque, une prothèse à tige longue scellée permettant éventuellement d'obtenir une tenue en zone saine. Lorsque l'altération des condyles osseux est plus importante, des fragments de tête de banque peuvent être vissés de façon à restaurer la courbure condylienne.

➤ **Chirurgie rachidienne :**

Les greffes conservées en chirurgie rachidienne ont un triple intérêt : elles assurent un apport osseux suffisant pour des arthrodèses étendues chez des sujets mauvais donneurs car dystrophiques ; elles permettent des remplacements massifs après corporectomie thoracique ou lombaire ; elles évitent le long cortège des ennuis provoqués par la prise de l'autogreffe sur la crête iliaque (douleurs, hématome notamment). [125]

➤ **Pseudarthrose, ostéomyélite chronique et arthrodèse :**

Dans toutes ces indications, la greffe osseuse est utilisée à visée ostéoinductrice plus que pour une stabilisation, de ce fait la greffe utilisée est une greffe spongieuse de préférence autologue, à défaut si la greffe autologue est impossible ou si le defect est important, on pourra utiliser de l'allogreffe de banque, essentiellement de l'os spongieux provenant de têtes fémorales cryoconservées

Les têtes fémorales seront débarrassées de leur os cortical en per opératoire par une scie oscillante, puis fragmentées en petits cubes, ces derniers seront morcelés par pince gouge ou à l'aide d'une moulinette, et seront tassés au niveau du site de comblement par un chasse-greffon. Pour la pseudarthrose, l'abord se fait par une décortication primaire ayant un rôle ostéoinducteur, suivi d'une exérèse du tissu fibreux et des séquestres osseux dévitalisés au niveau du site de non-consolidation, avec repérméabilisation du canal médullaire. Les greffons spongieux sont plaqués en regard de la pseudarthrose, si possible de façons circonférentielle et tassés dans le defect diaphysaire, les lambeaux musculo périostés de décortication sont rapprochés et si nécessaire suturés autour des greffons, ce qui va permettre une meilleure revascularisation de ces derniers et donc une meilleure incorporation. Le tout sera stabilisé par une ostéosynthèse adaptée qui va permettre une éventuelle compression du site de pseudarthrose en plus de sa stabilité.

Ostéomyélite chronique ou subaiguë : la résection carcinologique de la zone infectée est de mise, en effet il faut exciser tous les tissus sclérosés, infectés et nécrosés, enlever tous les séquestres et les tissus granuleux, et cureter la cavité jusqu'à parvenir à de l'os viable saignant au niveau de toutes ses parois. Le recombement de cette cavité peut se faire en deux temps ; avec comblement de la cavité par du ciment et des antibiotiques dans un premier temps, puis ablation du ciment avec comblement par de l'os spongieux après tarissement de l'infection. D'autres équipes préfèrent faire le tout en un temps, avec comblement de la néo cavité par de l'os spongieux imprégné d'antibiotiques.

Les résultats sont assez satisfaisants, malgré un taux de rechute significatif

Les meilleurs résultats sont obtenus si l'infection siège au niveau métaphyso-épiphysaire chez des sujets jeunes.

L'arthrodèse : normalement un simple avivement des surfaces articulaires peut suffire, mais en cas de déviation de l'axe ou de nécrose osseuse associées, un apport d'os spongieux devient indispensable.

➤ **En traumatologie courante,**

L'utilisation d'allogreffes spongieuses peut favoriser la consolidation lorsqu'elles sont mises dans des fractures avec perte de substance que l'on peut combler dès la première intervention ; surtout elles peuvent remplir une perte de substance après relèvement d'un plateau tibial ou d'un thalamus calcanéen par exemple [125].

Ces comblements se font le plus souvent par de l'os spongieux, de préférence avec un mélange de greffe auto et homologue. Quand le defect intéresse une zone articulaire portante, le comblement se fait par de l'os spongieux renforcé par de l'os cortical.

Le plus souvent un renforcement de la solidité par ostéosynthèse est bénéfique voire indispensable.

On peut donc penser que l'utilisation des petits greffons spongieux ou cortico-spongieux est susceptible de rendre de grands services dans le cadre de la chirurgie orthopédique courante à condition de les mettre dans un environnement optimal c'est-à-dire bien vascularisé avec contraintes normales. [125]

#### **8.2.2.5.8. Évolution à long terme et complications :**

Le succès de toute allogreffe est synonyme de son incorporation au site receveur, cette incorporation dépend de la rigueur de la technique de prélèvement, de criblage, de conservation et d'intégration dans le site demandeur, mais aussi de la taille et du type du greffon, de la qualité du contact osseux et de la stabilité du montage, ainsi qu'un lit receveur bien vascularisé.

L'utilisation de petits greffons entraînent rarement des complications sinon quelques rares cas d'infections ou de pseudarthroses en rapport avec le lit receveur défectueux.

Par contre l'utilisation de grands greffons osseux expose à un certain nombre de complications, qui sont la hantise de cette technique :

- Les infections :

C'est la complication la plus grave (elle signe l'échec de l'allogreffe) vu que les antibiotiques n'ont pas d'action sur l'allogreffe du fait du retard de vascularisation, c'est pourquoi de plus en plus de chirurgiens préfèrent utiliser de l'os irradié pour obtenir une sécurité maximale, en plus de la sécurisation bactériologique de toutes les étapes de la greffe. Le respect de certaines mesures prophylactiques en per et en post-opératoire donnerait également de bons résultats à savoir une bonne hémostasie, la mise en place de drains pendant au moins 48 heures en post-opératoire, une antibioprophylaxie intraveineuse au moins pendant les 96 heures suivants l'opération, avec relais oral pendant deux ou trois mois, jusqu'à ce que la réaction de l'hôte contre le greffon diminue et que sa vascularisation se mette en place(44).

- Les fractures :

Elles surviennent au cours de la période de fragilité du greffon entre le 8ème et le 18ème mois environ. Ce qui impose une mise en décharge prolongée surtout au cours de cette période, ainsi que l'utilisation d'une ostéosynthèse assez solide (enclouage centromédullaire), l'obtention d'une surface de contact la plus grande possible (par encastrement), et l'apposition d'os spongieux autologue à la jonction allogreffe-os receveur.

Même si la fracture survient, il est assez souvent possible d'y remédier, en réopérant le patient pour faire une réduction anatomique, stabiliser par une ostéosynthèse et ajouter de l'os spongieux. Par contre si le greffon se résorbe, son remplacement est impératif.

3. La non consolidation :

Complication assez rare, favorisée par les traitements adjuvants en cas de tumeurs mais la consolidation est également retardée si il y'a un trouble de vascularisation, ou si le siège de la greffe est cortical. Elle peut être améliorée par l'apposition d'os spongieux au niveau de la zone de jonction.

**8.2.2.5.9. Avantages et limites de l'utilisation de l'allogreffe de Banque :**

➤ *Avantage des allogreffes :*

Ces avantages sont importants, et expliquent l'intérêt croissant pour leur utilisation en chirurgie orthopédique et traumatique, ils se résument en :

-la diminution du nombre de sites de prélèvements sur l'opéré, avec diminution du nombre de cicatrices.

-La diminution du temps opératoire et des pertes sanguines

-L'absence de risque de complications liées aux prélèvements d'autogreffes tel que les fractures ou les infections au niveau de ces sites.

-Économiser le capital osseux du patient, avec possibilité d'augmenter le capital osseux par la greffe.

-Possibilité de greffer certains patients, chez qui les autogreffes sont impossibles à savoir les personnes âgées et les enfants.

-Possibilité de décider extemporanément d'une greffe.

-L'absence quasi totale de réaction immunitaire ce qui permet d'avoir un nombre de donneurs potentiels assez important.

➤ *Les limites et inconvénients :*

-Une incorporation de qualité moindre par rapport à l'os autologue.

-Risques infectieux liés aux manipulations nécessaires au niveau de la banque, ce risque est presque totalement réduit par les procédés de stérilisation par irradiation. En plus du risque de transmission de maladies iatrogènes, risque qui est réduit si la sélection des donneurs, la quarantaine et les bilans nécessaires sont respectés.

## **IX. ORGANISATION D'UNE BANQUE D'OS :**

### **9.1.GÉNÉRALITÉS :**

La banque d'os fait partie d'un système global qui est la banque des tissus.

Une banque de tissus est une structure chargée de la collecte, de la sécurisation, de l'éventuelle transformation, puis de la distribution des greffes osseuses.

L'organisation rigoureuse d'une banque d'os est essentielle à sa fiabilité et à son efficacité. Le médecin responsable de cette activité définit et met à jour le protocole utilisé, vérifie la sélection des donneurs et les différents stades de préparation des greffes, contrôle les greffons avant implantation et doit s'assurer de la formation du personnel concerné à tous les stades

La banque d'os doit s'assurer de la tenue à jour d'un registre (GESTO, 1991 et 1992), indiquant l'origine des prélèvements, la nature des examens démontrant l'innocuité de la greffe pour le receveur, les conditions de préparation et de conservation des greffes et leur destination. [175]

### **9.2.LE DONNEUR :**

#### **9.2.1. La sélection du donneur potentiel et aseptie du prélèvement :**

La sélection des donneurs est essentielle quelle que soit la méthode de préparation des greffes choisies. Sur elle repose entièrement la sécurité des greffes si le protocole n'inclut pas de procédé de stérilisation.

Lorsque les greffes sont stérilisées, la sélection des donneurs reste indispensable pour éviter qu'une contamination importante ne diminue la marge de sécurité de la méthode et pour préserver la santé du personnel effectuant le prélèvement et la préparation des greffes. [175]

#### **a. Bilan de sécurisation :**

Il est classiquement composé de trois phases distinctes :

- analyse des antécédents ;
- bilan biologique ;
- troisième volet consistant, soit en un nouveau bilan sérologique à distance, une biologie moléculaire pour le virus d'immunodéficience humaine (VIH) et le virus de l'hépatite C (HCV) réalisés d'emblée, ou un traitement stérilisateur secondaire de la greffe (recommandations de l'Association pour l'étude de greffes et substituts tissulaires en orthopédie [GESTO] toujours valides). [82]

➤ **Antécédents :**

L'analyse des antécédents vise à exclure des catégories de patients présentant un risque accru de transmission d'un agent pathogène au receveur. On dispose d'un catalogue d'antécédents qui sont, de ce fait, autant de critères d'exclusion au don (annexe 1).

S'ajoutent à ces critères des antécédents susceptibles d'altérer la qualité mécanique du greffon ou des pathologies systémiques d'étiologie mal connue (Tableau 4). L'utilisation des greffes osseuses dans le cadre d'une chirurgie fonctionnelle impose en effet une très grande rigueur dans la sélection des greffes.

Il convient de préciser que la notion d'antécédent connu ne signifie pas de la part du préleveur un certificat de non-pathologie. La loi place le prélèvement, comme l'implantation de la greffe, sous la responsabilité du chirurgien qui réalise l'acte. [175]

**Antécédents connus :**

- Infection ou suspicion d'infection par le VIH ou le HTLV ou l'hépatite virale B ou C
- Présence de facteurs de risque authentifiés vis à vis de ces infections dans les 12 derniers mois
- partenaires sexuels multiples homo- ou hétérosexuels, concernant le donneur ou son partenaire régulier
- toxicomanie par voie intraveineuse concernant le donneur ou son partenaire régulier
- accident d'exposition au sang ou à ses dérivés suspects d'être contaminés
- séjour en milieu carcéral
- Traitement par hormones hypophysaires (notamment de croissance) extractives
- Greffe de dure mère d'origine humaine
- Antécédents chirurgicaux intéressant le système nerveux central
- Démence ou maladie neurologique pouvant évoquer une encéphalopathie subaiguë spongiforme
- Antécédents familiaux entrant dans le cadre des encéphalopathies spongiformes
- Hémopathie maligne
- Cancer
- Maladie de système

**Infection généralisée active**

- Maladies virales avérées ou probables (notamment hépatites virales, VIH, HTLV, rage)
- Tuberculose active, lèpre
- Maladie parasitaire, mycose systémique

**Traitements connus**

- Stéroïdes au long cours
- Irradiation, chimiothérapie

**Pathologie locale**

- Antécédents d'irradiation ou de pathologie locale connue
- Infection bactérienne pouvant contaminer le tissu à prélever

**Examen lors du prélèvement**

- Adénopathies multiples, hépatosplénomégalie
- Ictère
- Pathologie dans la zone à prélever
- Traces de piqûres pouvant évoquer une toxicomanie intraveineuse

**Antécédents de vaccination pour l'hépatite B**

VIH : virus de l'immunodéficience humaine ; HTLV : *human T cell leukemia virus*

**Tableau 4.** Critères d'exclusion au don

**Source :** conseil scientifique de l'Agence de biomédecine. [175]

➤ **Bilan biologique :**

Son but est de dépister l'existence d'organismes infectieux transmissibles.

**Examens systématiques de laboratoire :**

**Examens dont la positivité fera exclure la greffe**

- une sérologie des virus HIV1 et HIV2 du sida (dosage des anticorps selon deux techniques différentes, au besoin antigénémie P24),
- une sérologie du virus de l'hépatite B (dosage de l'antigène HBs et des anticorps HBc),
- une sérologie du virus de l'hépatite C (dosage des anticorps selon deux techniques différentes),
- une sérologie du virus HTLV1 (dosage des anticorps).
- un dosage du taux sanguin d'ALanine AminoTransférase (ALAT).
- une sérologie de la syphilis (dosage des anticorps TPHA pour *Treponema Pallidum* Haemagglutination Assay). (La fragilité au froid du tréponème rend sa recherche accessoire, mais elle a l'intérêt de signaler un risque de maladie sexuellement transmissible)[175]

**Autres examens :**

CMV : la présence d'anticorps anti-CMV ne sera prise en considération que si le receveur est immunodéprimé et ne fera pas éliminer la greffe pour les autres receveurs (GESTO).

Compatibilité Rhésus et ABO : Les immunisations sanguines du receveur Rhésus négatif recevant un greffon d'un donneur positif sont rares. Stassen et al. [145] n'en détectent aucune sur une série de 144 greffes Rhésus positif implantées chez des receveurs négatifs. De rares cas sont cependant rapportés dans la littérature d'immunisation Rhésus.

La mise en évidence d'anticorps dans le système ABO est également rapportée. Il est de ce fait classique de considérer que la compatibilité sanguine Rhésus, ABO est préférable dans le cas d'implantations chez la femme en période d'activité génitale. [161]

Les textes récents n'imposent plus la réalisation systématique du dépistage de l'infection par le virus Epstein-Barr (EBV), le cytomégalovirus (CMV) et la toxoplasmose. La prudence s'impose néanmoins vis-à-vis de ces agents infectieux en cas d'implantation chez un receveur gravement immunodéprimé.

Tous ces résultats doivent être fournis de façon détaillée au chirurgien qui implantera le greffon osseux.

Anatomopathologie : Examen d'un fragment de tête fémorale : Un prélèvement histologique, nécessaire fragmentaire, ne paraît pas accroître la fiabilité de la sélection (GESTO, 1991).

Un examen bactériologique est par ailleurs systématiquement réalisé, dont la positivité impose également l'élimination de la greffe. [175]

➤ **Bilans ultérieurs :**

- Suites opératoires. Au cas où les suites de l'arthroplastie faite sur le donneur révéleraient une infection profonde, la tête fémorale serait rejetée.

- Recherche d'une séroconversion. Le contrôle des anticorps anti-VIH est indispensable pour ne pas méconnaître un donneur initialement en phase de séronégativité, en l'absence de stérilisation efficace des greffes. Le délai moyen d'apparition des anticorps pousse à fixer le deuxième prélèvement à 6 mois, si le contrôle repose seulement sur cet examen. La greffe est gardée en quarantaine en attendant ce résultat. L'utilisation de l'antigène P24 permet de raccourcir ce délai, mais le seul examen qui permet un diagnostic direct immédiat de l'infection est la PCR (Polymerase Chain Reaction). Une recherche d'anticorps anti-HCV sera également répétée. [86]

**b. Contamination bactériologique :**

Si aucun procédé de stérilisation n'est mis en œuvre, toute source de contamination bactériologique des greffes doit être éliminée, quelle provienne du donneur ou du temps de prélèvement. Les greffes sont prélevées dans des conditions d'asepsie chirurgicale, au bloc opératoire. - Dans tous les cas, des prélèvements bactériologiques sont systématiquement réalisés sur la greffe pour lesquels des petits fragments de tissus sont préférables à un écouvillonnage. Les prélèvements aéro- et anaérobie sont cultivés trois semaines. Toute positivité des cultures, même avec des germes non virulents, fait écarter la greffe.

Lorsqu'un procédé de stérilisation efficace est mis en jeu (irradiation, oxyde d'éthylène ou chaleur), l'asepsie du prélèvement n'est pas indispensable, mais toute contamination massive doit être évitée. [86]

**c. Quarantaine :**

La quarantaine est définie par les textes comme le délai nécessaire à l'obtention des résultats des examens réalisés dans le cadre du bilan de sécurisation, permettant une décision définitive quant à leur utilisation ultérieure. Les recommandations du GESTO (Groupe d'étude pour les substituts tissulaires en orthopédie) de 1993 en la matière sont toujours d'actualité.

Celles-ci conditionnent la levée de la quarantaine aux critères suivants :

– absence de critères d'exclusion dans les antécédents, négativité du bilan biologique initial réalisé et :

– soit négativité d'un deuxième bilan sérologique réalisé chez le donneur 4 mois, voire au mieux 6 mois après le prélèvement ;

– soit négativité d'un bilan de biologie moléculaire (réaction de polymérisation en chaîne [PCR]), réalisé dans le même temps que le bilan initial, et concernant au moins les virus de l'hépatite C et le VIH.

– soit la réalisation d'un traitement stérilisateur complémentaire, les plus classiques étant les irradiations bêta ou gamma, mais de nombreux autres apparaissant ou réapparaissant aujourd'hui : chauffage en chaleur humide, céramisation à très haute température, délipidation mécanique et/ou chimique associée à un traitement par la soude ou l'urée 8M, suivi ou non d'une irradiation complémentaire [164]

## **9.2.2. Techniques de prélèvement, Conditionnement, Traçabilité Étiquetage, fichage, gestion des données :**

### **9.2.2.1. Technique de prélèvement des greffes :**

Les banques d'os constituées à partir de fragment osseux reséqués nécessairement pour les besoins d'une intervention subie par le patient (tête fémorales reséquées lors d'arthroplastie) Sont prélevés dans les conditions d'asepsie idéale liées à l'intervention orthopédique.

### **9.2.2.2. Conditionnement :**

En cas de prélèvement stérile, le conditionnement sera réalisé immédiatement, dans un emballage stérile, inerte, étanche et solide (GESTO.). Ces emballages doivent être sterilisables, résistants au grand froid. Ils peuvent être rigides ou souples.

Les emballages rigides sont des boîtes en verre ou en plastique généralement fermées par un couvercle vissé mais on peut également utiliser des boîtes gigognes fermées par un ruban adhésif, Ils sont solides, étanches mais contiennent de l'air. L'air est un mauvais conducteur du froid. Il existe donc une différence entre la température de congélateur et celle du greffon, d'autant plus grande que le volume d'air entourant le greffon est plus important. Par ailleurs, les greffons se déshydratent pendant la conservation car leur teneur en eau est plus grande que celle de l'air qui les entoure.

Ce phénomène équivaut à une lyophilisation, il faut donc que la taille des récipients solides ne soit pas beaucoup plus grande que celle des greffons de manière à ce que la qualité d'air contenue dans l'emballage soit la plus petite possible.

La présence d'air dans l'emballage a cependant un avantage : elle permet de réduire la vitesse de congélation

Lorsqu'une stérilisation doit être effectuée, le matériau d'emballage doit être soigneusement choisi en fonction de l'agent stérilisant. Pour l'oxyde d'éthylène, l'emballage doit permettre le passage du gaz et ne pas contenir de chlore (PVC). Pour l'irradiation, le PVC est à proscrire également, et certains plastiques devenant cassants après irradiation [86]

### **9.2.2.3. Traçabilité Étiquetage, fichage, gestion des données :**

La définition de la traçabilité est précise : « Ensemble des informations et des mesures prises pour suivre et retrouver rapidement l'ensemble des étapes allant de l'examen clinique du donneur à l'utilisation thérapeutique de cet élément ou produit du corps humain, en passant par le prélèvement, la transformation, la conservation, le transport, la distribution et la dispensation à un patient. La traçabilité permet d'établir un lien entre le donneur et le ou les receveurs. Elle est établie à partir d'une codification préservant l'anonymat des personnes. » [85]

En pratique, le lien entre donneur et receveur n'est possible qu'au sein de la banque, qui collecte des tissus sous les noms des donneurs, puis leur attribue un code anonyme dans le déroulement de son processus de sécurisation. Un double archivage papier et informatique permet de garder durablement toutes les informations utiles.

***Indications et résultats des allogreffes dans les pertes des substances osseuses***  
***Aménagement de la banque d'os***

---

Les normes d'étiquetage, ainsi que les règles devant être respectées au sein de la banque sont définies réglementairement. En ce qui concerne le praticien, il doit garder une trace précise de tous les prélèvements réalisés dans son établissement sous sa responsabilité (registre des prélèvements) et une trace précise de toutes les implantations réalisées (registre des allogreffes implantées).

Afin de pouvoir donner l'« alerte » en cas de problème découvert ultérieurement chez un donneur ou un receveur, le dossier du donneur doit comporter la trace du prélèvement, et toute greffe implantée doit être clairement signalée dans le dossier du receveur. Dans les deux cas, les références précises de la banque doivent figurer sur le signalement choisi. Enfin, l'ensemble des étapes de la sécurisation et les résultats des examens biologiques, ainsi que les techniques utilisées et les laboratoires les ayant réalisés, doivent figurer sur les documents joints à l'allogreffe utilisée, et le chirurgien doit impérativement en prendre connaissance avant toute utilisation.

La greffe est étiquetée, en y portant les éléments permettant de la repérer à coup sûr.

Une fiche correspondant à la greffe est immédiatement établie et comporte : l'identité du donneur, la date de prélèvement, le nom du chirurgien préleveur, les caractéristiques de la greffe, les résultats des examens sérologiques et bactériologiques. Pour les têtes fémorales, le GESTO fournit une fiche de banque bien adaptée. Les fiches sont conservées dans le registre de la banque et les résultats des examens successifs faits sur le donneur et la greffe seront reportés sur la fiche. La greffe ne sera déclarée apte à l'implantation que lorsque tous les résultats seront connus et son devenir sera reporté sur la fiche. Le contrôle régulier du stock permet d'éliminer les greffons trop anciens. [88]

**9.2.3. Contrôles de qualité :**

Toutes les banques d'os doivent faire l'objet d'une surveillance périodique et des prélèvements sont effectués très régulièrement (20 p. 100 des greffons sont annuellement rejetés soit immédiatement après le prélèvement du fait de la survenue de tests positifs soit ultérieurement lors des contrôles à 6 mois) (20).

Le prélèvement des têtes fémorales lors des arthroplasties de hanche est d'une grande simplicité et bénéficie des conditions créées par l'intervention.

### **9.3. LA BANQUE D'OS :**

#### **9.3.1. Aspect médico-légal et éthique :**

Les banques d'os personnelles constituées à partir notamment des têtes fémorales reséquées lors de prothèses, et qui répondent à un besoin certain de la chirurgie orthopédique, sont-elles vraiment sans couverture légale ? Cela ne semble pas, si l'on considère que la tête fémorale d'un malade opéré d'une coxopathie par mise en place d'une prothèse est un fragment osseux abandonné volontairement par le malade pour pouvoir être traité. Ces fragments osseux tombent alors sous la juridiction des « res nullius » « abandonnées » un propriétaire peut renoncer volontairement à son droit de propriété et la première personne qui s'empare de la chose abandonnée en devient propriétaire ». Le chirurgien peut donc devenir propriétaire de la tête et du col fémoral du malade auquel il vient de faire la prothèse à condition que le premier propriétaire ait fourni un fait matériel de dessaisissement et donc a priori un acte confirmant son abandon. Mais il faut bien remarquer que le chirurgien devenu propriétaire de tels fragments osseux et qui les implante sur un hôte est complètement responsable de la protection du receveur et donc d'une éventuelle transmission d'une maladie virale infectieuse ou cancérologique. [55]

#### **Aspect réglementaire :**

L'utilisation de tissus d'origine humaine est strictement encadrée depuis la loi sanitaire algérienne de 85 05, (Chapitre III, Art 161-167) (annexe 3), régit les prélèvements et les transplantations d'organes humaines. Puis dans la nouvelle loi sanitaire de 29 juillet 2018 l'article 100 356 (annexe 4) a été créé l'agence nationale de greffe qui permettra la conservation et la transplantation des organes.

Tout prélèvement de tissus et de cellules en vue d'un don et d'une application thérapeutique est une activité médicale.

Le tissu osseux prélevé à l'occasion d'une intervention chirurgicale est conservé en vue d'une utilisation ultérieure est soumis aux règles générales d'éthique concernant la gratuité du don, l'anonymat donneur- receveur, l'absence de publicité au profit d'une personne déterminée, ainsi qu'à celles adoptées pour la conservation et la distribution.

Les prélèvements de tissu osseux sur une personne vivante en vue du don ne peuvent être opérés que dans un but thérapeutique ou scientifique, sauf opposition exprimée par la personne après qu'elle ait été informée des finalités de cette utilisation.

Les prélèvements osseux obéissent à des critères de sélection stricts et a des règles sanitaires précises, imposant en particulier une parfaite traçabilité du donneur jusqu'au receveur. Ces règles comportent en premier lieu la recherche obligatoire des antécédents personnels et familiaux du donneur. Un questionnaire médical standardisé permet de retracer les antécédents personnels et familiaux à risque du donneur. Il faut exclure formellement tout patient ayant présenté une infection bactérienne, parasitaire ou virale, porteur d'une néoplasie connue, d'une maladie de système, d'une maladie hématologique. La sécurité microbiologique est assurée par des prélèvements sérologiques. Pour le tissu osseux, le bilan sérologique recherche les infections par virus de l'immunodéficience humain (VIH) 1 et 2, par hépatite B et C et par syphilis. Un contrôle sérologique doit être pratiqué à 4 mois pour valider l'allogreffe. Toute utilisation thérapeutique est interdite en cas de risque de transmission.

C'est la banque de tissus qui a la responsabilité de la sécurité microbiologique du greffon osseux et qui autorise sa mise à disposition cependant c'est le chirurgien qui, est clairement responsables de l'implantation du greffon osseux comme de son prélèvement lorsqu'il le réalise. Il doit pouvoir justifier de son indication au regard en particulier de son risque potentiel. Son seul interlocuteur en vue d'une implantation ne peut être qu'une banque agréée. Il appartient au chirurgien de s'assurer de la sécurisation de l'allogreffe par les résultats du bilan biologique. Il doit se conformer aux règles de traçabilité édictées par les textes formalisée par les banques lors de la délivrance du greffon. Il doit informer de façon claire et complète sur le traitement proposé par allogreffe et qu'après que ce dernier ait exprimé son consentement éclairé (Annexe 5).

C'est donc le stricte respect de l'ensemble de ces règles et préconisations qui assure la parfaite sécurisation microbiologique des allogreffes et permettra de limiter le risque de transmission d'une pathologie infectieuse au sens le plus large du donneur au receveur.

En fin, il faut signaler qu'aucune analyse anatomopathologique n'est prévue pour les têtes de banque.

### **9.3.2. Les méthodes de conservation tissulaire :**

#### **9.3.2.1. Le lavage du greffon :**

Première étape de la préparation, on lui attribue une double fonction :

- Réduire l'antigénicité en chassant une fraction des constituants médullaires et sanguins.
- Diminuer les risques septiques en opérant une décontamination bactérienne et virale.

Il peut être effectué au simple sérum physiologique au besoin projeté par un jet pulsé, mais aussi par l'application de certains solvants-détergents comme l'éthanol, le méthanol ou l'acétone, qui, en plus de leur action virucide, aident le tissu osseux à se débarrasser des cellules à fort potentiel antigénique (moelle osseuse essentiellement). Certains ont décrit l'utilisation d'une projection de dioxyde de carbone supercritique sous très forte pression qui aboutirait à une délipidation profonde et une élimination des résidus cellulaires. [12]

Pour notre part le lavage se fait au sérum physiologique

#### **9.3.2.2. La cryopreservation :**

C'est la méthode utilisé au sein de notre service

##### **A –Généralités :**

Son principe correspond à celui de la congélation c'est-à-dire *la transformation d'un état fluide (liquide ou gazeux) en une phase solide.*

En ce qui concerne la greffe osseuse (la tête fémorale), le froid provoque une solidification par formation de liaisons hydrogène entre les molécules H<sub>2</sub>O du greffon osseux, molécules devenues alors inaccessibles à toute réaction chimique. Ainsi l'os se retrouve protégé des agressions biochimiques et lytiques des enzymes de dégradation tissulaire, comme les collagénases.

On rappellera que le froid ne possède aucune propriété stérilisante, (prélèvent aseptique, greffon aseptique, mise en place aseptique)

La congélation permet seulement une inhibition de la pullulation microbienne qui redémarrera si les conditions thermiques strictes et précises ne sont pas constamment maintenues. Des risques de transmission virale ont été prouvés concernant le HIV et l'hépatite B. [12]

### **B - Congélateur :**

Les critères de choix qui prévalent lors de l'acquisition d'un congélateur sont multiples :

- Niveau de la température de conservation
- Format : quel que soit le niveau de performance des appareils, ils sont tous disponibles dans les deux formats : horizontal (bahut) et vertical (armoire). (Figure 29)

En pratique, pour stocker des pièces de grandes dimensions (bassins, fémur), les congélateurs horizontaux sont indispensables.

Le compartimentage intérieur des modèles armoires offre une excellente accessibilité à des pièces de petite et de moyenne taille. Il est à recommander, notamment si l'on stocke des têtes fémorales dans un système de boîtes gigognes.

Il faut s'assurer pour les congélateurs verticaux de la qualité de la fermeture de la porte principale. [85]



**Figure 29** : congélateur vertical (armoire), Congélateur horizontal (bahut)

**Source** : <http://www.laboandco.com/biotechnologies.html>

- Volume : selon une loi physique, la déperdition de chaleur varie en fonction de la surface et non du volume. Ce sont donc les plus volumineux appareils qui ont la plus grande puissance de congélation d'autant que ceux-ci sont dotés de groupes de compression plus puissants :
  - Puissance de congélation 15 kg/24h pour 208 L –puissance 110 W
  - Puissance de congélation 37 kg/24h pour 604 L –puissance 200 W

Les modèles d'environ 350 L étant les plus utilisés dans les services hospitalo-universitaires

- Équipement de sécurité :
  - Sécurité- alarme : ils sont équipés en série selon les fournisseurs de système très perfectionnés de réglage et de sécurité.
  - Protection de la remonter de température
  - Fermeture des portes : tous les congélateurs de conservation d'os de banque doivent être munis d'une serrure de sécurité
- Fiabilité
- Prix : le prix varie en fonction du niveau de température, du format et des options

***Indications et résultats des allogreffes dans les pertes des substances osseuses***  
***Aménagement de la banque d'os***

---

*L'entretien :*

Un congélateur doit toujours être installé dans un local spacieux, aéré, voire climatisé. Il doit être éloigné de toute source de chaleur : radiateur, autoclave, développeuse automatique de radiographies.

Il faut s'assurer qu'aucun obstacle ne gêne la ventilation de l'appareil et que la partie arrière n'est pas appliquée trop près du mur. Quel que soit le type de modèle l'entretien est peu contraignant [85]

Le congélateur utilisé dans notre service :

marque : congélateur horizontal : DAIREIULTF 320 (figure 30)



**Figure 30** : Congélateur horizontal : DAIREIULTF 320  
**Source** : CHU DE BLIDA

*Indications et résultats des allogreffes dans les pertes des substances osseuses*  
*Aménagement de la banque d'os*

Caractéristiques :

Modèle	ULTF 320
Capacité nette (L)	284
Dimensions extérieur (LxPxH)	1262 x 698 x 885 mm
Dimensions intérieur (LxPxH)	1100x 440 x 630
Isolation (mm)	80
Gamme de température (c°)	-86/-40
Température ambiante maximale (c°)	20
Source de courant (V)	230/110
Fréquence (Hz)	50/60
Consommation (KWH/24H)	7,7
Poids (KG)	76
Décongélation	Manuelle
Alarme visuelle et sonore	Oui
Alarme en cas de coupure de secteur	Oui
Alarmes des températures ajustable (+/-)	Oui
Écran numérique	Oui
Serrures	Oui

**Tableau 05** : Fiche technique de congélateur DAIREIULTF 320  
**Source** : CHU BLIDA

➤ **La température de congélation :**

La température minimale de cryopréservation de l'os correspond au *point eutectique* du tissu osseux. Ce chiffre définit *la température à partir de laquelle solvants et solutés sont à l'état solide*. Pour l'os, il faut abaisser la température à - 28°C pour obtenir une solidification de la totalité de l'eau contenue dans le greffon. Cependant, à cette température, des enzymes intra-tissulaires restent encore actives et pourraient provoquer une destruction du tissu osseux. Des températures comprises entre - 18°C et - 30°C ne sont donc recommandées que pour une conservation maximale de six mois.

En pratique courante, on n'hésite pas à descendre en dessous de - 40°C ce qui permet aussi de prévenir tout dégel à la surface de l'allogreffe. C'est pourquoi certains préconisent dans les banques d'os massifs des températures de - 70°C à - 80°C par le biais d'un congélateur mécanique. A ces degrés-là, toute collagénase serait inoffensive. D'autres ont utilisé une congélation de -196° C à l'intérieur d'une cuve d'azote liquide, appareil qui exige une infrastructure plus lourde et onéreuse (produit volatil). Aucun argument objectif ne permet de privilégier une conservation à - 40° C, -80° C ou - 196° C.

Le GESTO conseille l'utilisation d'un équipement permettant d'abaisser la température à -40° ou en-deçà. [12]

Pour notre travail la température de congélation utilisée est de - 80° C

➤ **La vitesse de congélation et le réchauffement :**

Schématiquement, des études cryobiologiques ont pu montrer que sous l'effet d'un refroidissement lent, toute cellule est soumise :

- à une concentration des sels minéraux intra et extracellulaire.
- à une élimination de l'eau.
- à une contraction avec diminution de son volume.

La congélation du tissu osseux aboutit à des lésions des cellules ostéoïdes et médullaires, résultats :

- de la contraction cellulaire.
- des fortes concentrations d'électrolytes.
- de la formation de glace intracellulaire.

Le refroidissement à vitesses *lentes* agit par la congélation du mélange eauélectrolytes car la perméabilité membranaire autorise une extravasation, alors qu'à vitesses *élevées* le mécanisme lésionnel correspond plutôt à la formation de glace intracellulaire car l'eau n'a pas le temps de sortir de la cellule et se congèle donc brusquement. Néanmoins, on a observé qu'il existait une zone avec des vitesses de refroidissement dans laquelle les effets délétères des deux modes d'action étaient atténués. À cette zone de transition est lié un taux de survie maximale qui varie d'un type cellulaire à l'autre. Par exemple, la vitesse de refroidissement permettant d'obtenir un pourcentage maximal de survie des érythrocytes est plus élevé que celle nécessaire pour obtenir un maximum de survie de fibroblastes.

Dans les années 1950, SICARD et HERBERT ont insisté sur la technique de conservation par le froid en défendant la méthode du « *quick freezing* » qui selon eux épargnait l'os de toute altération cellulaire et maintenait ainsi ses propriétés ostéogéniques.

On sait maintenant que la préservation des constituants cellulaires est inutile voire dangereuse pour l'immunogénicité du greffon. La congélation éradique donc toute cellule en obtenant un matériel « mort cellulièrement » où seule survit la trame osseuse organique et minérale. C'est pourquoi le terme de « greffe » qui fait référence stricto sensu à de l'os vivant est abusif dans ce cadre-là. Les allogreffes doivent en réalité être considérées plutôt comme des *implants biologiques d'origine humaine* que de véritables greffes. [12]

Le jour de son implantation chez le receveur, le greffon doit être décongelé, rarement à température ambiante (7 heures pour passer de -80°C à 20°C), habituellement par immersion trente minutes avant son implantation dans un liquide préchauffé à 37°C (risque de lésion cartilagineuse ou tendineuse au-delà) qui peut être du sérum physiologique ou une solution de RINGER. Certains auteurs américains prônent l'addition d'un antibiotique, d'autres la déconseillent surtout en cas de présence de cartilage. Pour être travaillée, l'allogreffe doit parvenir impérativement à température ambiante afin de récupérer son élasticité. Cette attitude permet de réduire lors des différentes manœuvres (sciage, alésage, enclouage, vissage), le risque de fissure lié à la présence de zones de fragilité. En effet, la trame osseuse congelée puis décongelée est soumise à des variations locales d'hydratation responsables de « *microcraks* ». [12]

➤ **La durée de conservation :**

Une allogreffe congelée à au moins - 40°C peut être conservée pendant une durée maximale de cinq années selon des normes européennes édictées à partir de conseils préconisés en 1992 par l'American Association of Tissue Banking (AATB), même si la technique par l'azote liquide permet en théorie une conservation indéfinie. En pratique, un greffon est rarement stocké plus d'un an. [21]

Notre travail est basé sur une conservation et congélation - 80°C et qui a été utilisé pour des périodes très courtes la conservation des greffons n'a jamais été lente vu la nécessité de greffon étant donné le travail de service et la nécessité accrue et fréquente de l'allogreffe (06 mois)

➤ **Conséquences biologiques du froid sur une allogreffe osseuse :**

Le froid atténue indiscutablement l'antigénicité de l'allogreffe osseuse, en affaiblissant notamment la réponse humorale chez le receveur. Néanmoins, cette faculté à provoquer l'apparition d'anticorps n'est pas supprimée dans son intégralité.

Le froid n'empêche pas de sauvegarder les capacités ostéoconductrices de l'allogreffe sans que ses aptitudes ostéoinductrices puissent cependant persister.

Le froid n'empêche pas l'incorporation d'une allogreffe spongieuse ainsi que d'une allogreffe corticale, même si les délais sont alors un peu plus longs et que le processus est incomplet. Le niveau de température de la cryopréservation et sa durée ne semblent pas influencer sur cette intégration.

### **9.3.3.3. La lyophilisation :**

#### **a – Généralités :**

S'inspirant d'un procédé de conservation du plasma, les médecins de la Marine Américaine ont été en 1951 les premiers à lyophiliser de l'os en vue d'une application clinique. Le principe consiste en *une transformation du contenu liquidien d'un tissu en l'amenant directement d'un état solide à un état gazeux, sans passer par une phase liquide nuisible à l'intégrité des composants tissulaires.*

Plus problématique à exécuter pour un matériau solide que pour une solution, la lyophilisation s'obtient par une congélation brusque à très basse température suivie d'une sublimation sous vide. La température de refroidissement et la durée de dessiccation sont variables suivant les équipes. L'os lyophilisé est donc un produit sec avec une humidité résiduelle inférieure à 1% du poids final du greffon. Il est conditionné sous vide à l'abri de l'oxygène qui, comme l'eau, pourrait altérer sa stabilité. Il est stocké à température ambiante et doit être réhydraté lors de son utilisation. Sa durée de conservation est en théorie infinie mais elle est limitée en pratique à 5 ans (normes européennes).

La lyophilisation comme la congélation ne constitue en aucun cas un mode de stérilisation. Ce type de matériel devra donc faire l'objet d'un traitement stérilisant, soit par oxyde d'éthylène, soit par irradiation. [12]

Pour notre part c'est des méthodes qui non jamais été utilisé.

#### **b - Conséquences biologiques de la lyophilisation sur une allogreffe osseuse :**

La lyophilisation abaisse le pouvoir antigénique de l'allogreffe en réduisant les réponses humorale et cellulaire. La formation d'anticorps anti-HLA (Human Leukocyte Antigen) a tout de même été constatée chez le receveur sans conséquence clinique. La lyophilisation n'entraîne pas de variations des propriétés ostéoinductrices.

La lyophilisation serait plus favorable chez l'animal à l'incorporation de l'allogreffe que la congélation, mais chez l'homme, les résultats restent plus nuancés.

La lyophilisation affaiblit d'environ 30% la résistance en torsion et compression de l'allogreffe en altérant la rigidité de la trame osseuse, déficience susceptible d'être amplifiée si le greffon a été stérilisé selon une irradiation supérieure à 30 000 Gray. Une réhydratation d'au moins une journée permettrait une restitution complète de la résistance.

En dehors d'un prix de revient plus coûteux, cette fragilité mécanique d'une allogreffe lyophilisée explique avant tout que cette technique demeure peu employée pour conserver des greffons osseux massifs, mais présenterait un intérêt pour des prélèvements de petites tailles. [12]

#### **9.3.2.4. Autres méthodes de conservation :**

*L'appertisation* consiste en un traitement par la chaleur du greffon osseux soumis à une décontamination maximale, à l'intérieur de containers hermétiquement clos. L'exposition calorifique permet l'élimination des diastases lytiques et l'éradication des microbes.

La *déshydratation* est citée pour mémoire. L'allogreffe osseuse était privée de son contenu hydrique à l'aide d'agents chimiques tels que l'éther ou l'acétone aux vertus également partiellement antiseptiques. Leur pouvoir nocif sur l'os ainsi que la disparition de toute propriété ostéoconductive expliquent leur abandon. [12]

### **9.3.3. Les méthodes de désinfection :**

Associées à la sélection et au criblage microbiologique du donneur, elles font partie intégrante, avec la stérilisation, du dispositif visant à délivrer des allogreffes parfaitement sécurisées, afin de prévenir toute transmission iatrogène de maladie infectieuse (bactérie, virus, agent contaminant non conventionnel, mycose, sporidie).

Son objectif est d'obtenir une réduction des populations microbiennes en diminuant la contamination, sans toutefois pouvoir la faire totalement disparaître. Les conséquences biologiques et mécaniques de cette étape sur l'allogreffe sont difficilement évaluables car dépendantes d'un grand nombre de facteurs (nature du procédé, durée d'exposition etc).[12]

#### **9.3.3.1. Les agents chimiques désinfectants :**

- Les solutions antiseptiques : il faut préférer une immersion de l'allogreffe osseuse pendant une heure minimum à un simple rinçage. La nature du produit reste variable et aucun ne réunit toutes les qualités nécessaires pour avoir une action complète et efficace sur l'ensemble des germes pathogènes, sans ajouter les problèmes liés à leur toxicité.
- Les solutions antibiotiques : actives surtout sur les germes Gram positifs, leur usage fait l'objet de discussions, recommandées par certains, déconseillées par d'autres.
- Les solvants-détergents : outre leur activité de lyse cellulaire, ils possèdent une efficacité sur certains virus encapsulés (VIH, hépatite B). [12]

#### **9.3.3.2. Les agents physiques désinfectants :**

- Les radiations ionisantes et la chaleur : ces procédés seront développés dans le cadre de la stérilisation.
- Le lavage au jet pulsé : son action purement mécanique permet une réduction de la population microbienne. [12]

### **9.3.4. Les méthodes de stérilisation :**

#### **9.3.4.1. Rappels généraux :**

Définie comme *l'ensemble des méthodes visant à éliminer tous les microorganismes pathogènes ou non portés par des milieux contaminés*, elle ne répond pas en fait à la loi « *du tout ou rien* » mais à une décroissance exponentielle. Cette approche statistique permet de développer deux notions :

- La première est constituée par *la marge de sécurité* ou SAL (pour Stability Assurance Level) définie comme la proportion d'éléments non stériles au sein d'un produit stérilisé, soit le nombre de survivants de chaque espèce contaminant. Ce nombre diminue selon une droite semi-logarithmique et en dessous d'un seul survivant, on parle de proportion d'articles contaminés (exprimée en puissance négative de 10). Sa valeur communément admise est de 10<sup>-4</sup> à 10<sup>-6</sup>. [12]
- La deuxième correspond à *la dose efficace* c'est-à-dire le taux de réduction des survivants de chaque espèce contaminante. Elle prend en compte à la fois le nombre initial maximal de contaminants (No) et la marge de sécurité recherchée.

Ensuite on mesure la dose de l'agent stérilisant concerné qui permet une réduction du nombre de contaminant par un facteur 10 (D10), valeur qui évalue en fait la sensibilité d'un micro-organisme spécifique à un agent stérilisant déterminé.

On définit ainsi *la dose de produit stérilisant* (DS) capable de stériliser un microorganisme dans les conditions les plus défavorables :

$$DS = D10 \times (\text{Log } N_0 - \text{Log SAL})$$

Par cette méthode, on s'est aperçu que les micro-organismes les plus résistants à la stérilisation étaient les spores bactériennes. Le bacillus le plus résistant à un agent stérilisant déterminé a donc été adopté comme témoin afin de pouvoir valider les procédures de stérilisation. On distingue trois méthodes de stérilisation : l'irradiation, l'oxyde d'éthylène et la chaleur. Par exemple, on veut savoir quelle est la dose stérilisante nécessaire pour éliminer sur une allogreffe osseuse, selon une marge de sécurité établie à 1 000 000 (soit SAL de 10<sup>-6</sup>), 100 bacillus pumilus, spore témoin pour l'irradiation ayant une D10 établie à 3120 grays :  
 $3120 \times (\text{Log } 100 - \text{Log } 10^{-6}) = 25\,000 \text{ grays}$ .

Le gray est l'unité internationale pour la dose de rayonnement absorbée par l'allogreffe (1 gray = 1 joule par kilogramme d'os).

Ainsi, la fiabilité d'un processus de stérilisation dépend :

- de la contamination initiale.
- de la marge de sécurité souhaitée.
- de la sensibilité des microorganismes dans les conditions de stérilisation employée. [12]

#### **9.3.4.2. La radio stérilisation :**

##### **a –Généralités :**

Deux classes de radiations ionisantes sont capables de stériliser une allogreffe osseuse :

- des rayonnements non corpusculaires de type gamma émis par le cobalt 60 avec une pénétration estimée à 1,5 *mètre*.
- des rayonnements corpusculaires de type beta, délivrés par un accélérateur de particules légères avec une pénétration évaluée à 1,5 *centimètre*.

La marge de sécurité apparaît donc meilleure avec les rayonnements gamma qu'avec les rayonnements beta

La collision entre le greffon osseux et ces deux types de rayonnements provoquent par effet photoélectrique des ionisations qui agissent :

- soit directement en modifiant ponctuellement les macromolécules percutées (par exemple les acides nucléiques des germes).
- soit indirectement par la radiolyse de l'eau (production de radicaux libres H<sup>+</sup> circulants capables d'engendrer des lésions cellulaires secondaires), eau par ailleurs contenue en faible quantité dans une allogreffe congelée ou lyophilisée ce qui explique une efficacité atténuée de cet effet.

La radiosensibilité d'un germe dépend par conséquent de sa nature biochimique et des possibilités de créer des déplacements de radicaux libres, en plus d'autres facteurs. Cependant, de nombreuses séries cliniques ont confirmé la fiabilité de la radiostérilisation ainsi que l'absence de radioactivité induite chez le receveur.

La dose qui assure une meilleure marge sécurité pour les bactéries est de 25 000 grays. Sur les virus, les doses nécessaires semblent être un peu plus puissantes (35 000 grays pour le virus HIV). On comprend donc l'absolue nécessité du bilan sérologique chez le donneur.

Par contre, il a été noté des interactions possibles entre les radiations ionisantes et certaines substances plastiques (TEFLON® par exemple) à l'origine d'une émission de particules toxiques. Il faut donc contrôler la nature de l'emballage autour de l'allogreffe lors de son irradiation. [12]

##### **b -Conséquences biologiques d'une irradiation sur une allogreffe osseuse :**

Les radiations ionisantes diminuent l'antigénicité du greffon par destruction des antigènes HLA du donneur.

Les radiations ionisantes ne semblent pas modifier les propriétés ostéoinductrices du greffon ainsi que son incorporation dans le lit receveur.

Les radiations ionisantes altèrent la résistance en flexion de l'allogreffe osseuse à partir de

27 000 grays, en fragilisant les ponts intercollagènes.

Par contre, la résistance en compression n'apparaît pas amoindrie en dessous de 60 000 grays. Il est donc indispensable de n'employer la radio stérilisation que sous contrôle d'une dosimétrie précise. [12]

### **Risques toxiques liés à l'irradiation :**

Il n'y a pas de risque de radio activité induite au sein de l'os avec les rayonnements utilisés : Les rayons gamma au cobalt 60 ont une énergie bien inférieure aux 10 MeV qui seraient pour induire un tel phénomène quant au rayonnement beta, son énergie est modulable au sein de l'accélérateur de particules qui ne devra donc pas dépasser cette limite.

Les radiations ionisantes peuvent entraîner un dégagement de particules toxiques à partir des matières plastique.

Aussi faut-il veiller au choix des matériaux d'emballage qui doivent être chimiquement inertes, tout en restant mécaniquement résistants après irradiation et stockage au froid [12]

### **9.3.4.3. La stérilisation par oxyde d'éthylène :**

#### **a – Généralités :**

L'oxyde d'éthylène est un gaz dont l'introduction sous vide ou sous haute pression au sein de l'allogreffe osseuse entraîne une destruction des microorganismes par alkylation de leurs constituants protéiques et nucléiques. Cette méthode de stérilisation sera d'autant plus efficace que l'os est suffisamment humidifié, notion à prendre en compte en cas de lyophilisation (pour rappel, greffon avec un taux d'humidité résiduel inférieur à 1%).

Cependant, cette méthode chimique présente deux inconvénients majeurs :

- sa pénétration reste superficielle et elle doit donc être réservée à des greffons de petites tailles pour être pleinement efficace.
- l'interaction entre l'oxyde d'éthylène et les tissus provoquent la formation de résidus toxiques (éthylène chlorhydrine et éthylène glycol) qu'il faut impérativement éliminer, en plus de l'oxyde d'éthylène résiduel, par une phase de dégazage afin d'éviter leur relargage. En effet, ces sous-produits peuvent déclencher une hémolyse ou des lésions du système nerveux. Localement, ils sont susceptibles de favoriser la formation de kystes osseux au sein de l'allogreffe.

Cette toxicité impose de nombreuses précautions : extraction complète de la moelle osseuse, lavage à l'eau dés ionisée, abstention de polychlorure de vinyl dans la composition de l'emballage, longue période de désorption susceptible d'être favorisée par une lyophilisation secondaire. [12]

#### **b -conséquences biologiques sur une allogreffe osseuse d'une stérilisation par l'oxyde d'éthylène :**

L'action de l'oxyde d'éthylène est dose-dépendante sur les propriétés ostéoinductrices du greffon et semble incompatible avec une stérilisation efficace (plus la dose augmente, plus l'efficacité sur la stérilité croît, plus l'ostéoinduction est altérée).

Les effets de l'oxyde d'éthylène sur l'incorporation du greffon restent discutés (satisfaisants pour certains, nuisibles pour d'autres).

La résistance mécanique a été analysée dans le cadre d'allogreffes lyophilisées et ces études ne paraissent pas révéler de fragilisation osseuse.

### **Risque toxiques liés à l'oxyde d'éthylène :**

L'oxyde d'éthylène et ses dérivés sont toxiques (irritation locale, hémolyse, altération du système nerveux).

La production des dérives minimisée en enlevant la moelle osseuse (source de production d'éthylène chlorydrine), en lavant les greffes à l'eau des ionisée qui donne lieu à une production moindre d'éthylène glycol que l'eau physiologique, et en choisissant des matériaux d'emballage exempts de chlore [12]

### **9.3.4.4. La stérilisation par la chaleur :**

#### **a – Généralités :**

Procédé étudié dès 1912 par GALLIE qui stérilisait des greffons osseux par ébullition, cette technique fut logiquement abandonnée devant l'importance des dégâts occasionnés à la structure collagénique. De nos jours, la chaleur peut être utilisée sous deux formes :

- la chaleur sèche, à partir du POUPINEL® qui autorise des températures à 140°-180°C à l'origine d'une oxydation destructrice des protéines des germes.
- la chaleur humide qui, grâce à une procédure d'autoclavage bien définie par des normes européennes (température minimale de 121°C pendant 15 minutes sous une pression de 1 bar), permet une hydrolyse des protéines des microorganismes.

Elle n'exige pas une lourde infrastructure mais la thermosensibilité de l'os est inversement proportionnelle au volume de la pièce stérilisée. Par exemple, une tête fémorale doit être exposée à une température de 121°C pendant une durée minimale de 40 minutes pour être totalement débarrassée de germes. [12]

#### **b - conséquences biologiques de la chaleur humide sur une allogreffe osseuse :**

La chaleur diminue le caractère antigénique du greffon osseux.

La chaleur dégrade voire annihile les propriétés ostéoinductrices.

Le retentissement de la chaleur sur l'incorporation d'une allogreffe reste un sujet de controverse. Enfin, l'autoclavage d'un greffon osseux au-dessus de 80°C laisse l'os spongieux intact mais fragilise l'os cortical.

### **9.3.5. Transport et utilisation :**

Lorsqu'on veut utiliser les greffons, il semble préférable d'employer une décongélation rapide, qui garde vivante le plus grand nombre de cellules. Les greffons sont donc prolongés dans du plasma, du sérum ou encore une solution de ringer lactate, à une température située entre 40 et 45°, pendant 1 heure. Un lavage permet, en outre, d'éliminer les solutions cryoprotectrices. On peut donc utiliser ces greffons 2 heures après la sortie de la cuve d'azote liquide.

Le transport des pièces sur une longue distance va nécessiter l'utilisation de containers spéciaux, dans lesquels des greffons seront conservés à température basse (azote liquide ou neige carbonique).

Quand l'utilisation des greffons peut être envisagée dans les 24 heures, il est préférable de faire décongeler le fragment osseux et de ne l'expédier qu'après décongélation. En effet, si non envoi un fragment osseux congelé, son retour à la température ambiante surviendra de façon progressive, ce qui risque de perturber son architecture et de détruire ses structures par reconstruction de macrocristaux de glace. Une fois sortie de l'azote liquide, le greffon doit bien sûr, être utilisé dans les 24 heures et il n'est pas possible de le recongeler en cas de non utilisation. [126]

Pour notre travail, le transport que nous avons utilisé a été un transport rapide de la banque d'os à la salle opératoire qui est d'une durée très courte vu l'emplacement de la banque

### **9.3.6. Méthode d'utilisation de l'allogreffe dans notre service :**

Toutes les allogreffes osseuses qu'on a utilisées provenaient de prélèvement des têtes fémorales sur personnes vivants dans le cadre d'une arthroplastie totale de hanche ou fracture du col fémoral, toutes ont été conservées par cryoconservation dans une seule banque d'os (service d'orthopédie CHU de Blida).

Des règles de fonctionnement extrêmement strictes ont été établies pour éviter tout risque de contamination du receveur par un agent pathogène transmissible (Infection bactérienne ou virale, néoplasie, agent transmissible non conventionnel), (presque la totalité des prélèvements au sein de centre transfusion sanguine (CTS) et le laboratoire centrale de la biologie de CHU Blida (Infection à virus VIH, Hépatite virale, Syphilis). L'analyse de cytomégalovirus (CMV) a été effectuée dans des laboratoires privés.)

Les têtes fémorales, prélevées sur des donneurs sélectionnés et dont on a vérifié par un examen bactériologique l'absence de contamination peropératoire, sont conditionnées en salle d'opération sous un triple emballage stérile, congelées à - 80 °C et conservées à la même température.

La greffe est étiquetée, en y portant les éléments permettant de la repérer à coup sûr.

Une fiche correspondant à la greffe est immédiatement établie et comporte : l'identité du donneur, la date de prélèvement, le nom du chirurgien préleveur, les caractéristiques de la greffe, les résultats des examens sérologiques et bactériologiques. Les fiches sont conservées dans le registre de la banque et les résultats des examens successifs faits sur le donneur et la greffe seront reportés sur la fiche.

Elles ne sont utilisées qu'une fois « validées », après vérification de la négativité de l'ensemble des examens effectués (sérologique et bactériologique) sur le donneur et la tête fémorale.

Le contrôle régulier du stock permet d'éliminer les greffons trop anciens.

Le transport utilisé : a été un transport rapide de la banque d'os à la salle opératoire qui est d'une durée très courte vu l'emplacement de la banque

La décongélation du greffon est réalisée en deux à trois heures, dans un bain du sérum tiède.

Avant l'utilisation de l'allogreffe le chirurgien doit réhydrater par immersion dans une solution saline à température ambiante, ceci permet façonnage pour une meilleure adaptation suite au site receveur

*Indications et résultats des allogreffes dans les pertes des substances osseuses*  
*Aménagement de la banque d'os*

Après avoir pelé la tête fémorale à la scie oscillante pour la débarrasser de son cartilage et des résidus des parties molles, on la découpe en fragments de taille et de formes variées, on a :

- Les allogreffes structurales qui sont constituées de blocs osseux qu'on a taillés et modelés à la demande pour s'adapter aux défauts rencontrés et reconstruire des pertes de substance osseuse segmentaires. Elles sont soit encastrées ou fixées par des vis ou une plaque d'ostéosynthèse (figure 31).

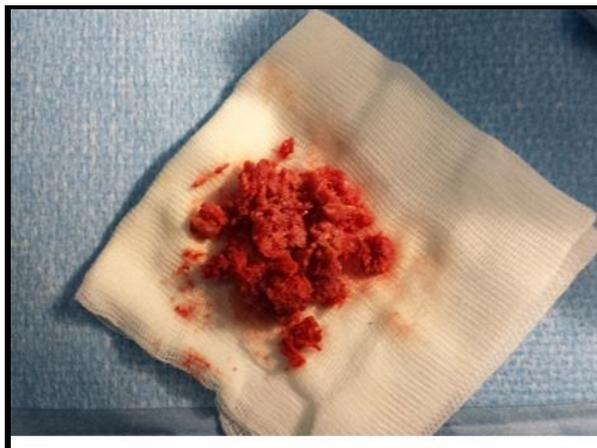


**Figure 31** : Allogreffe non morcelée  
**Source** : CHU DE BLIDA

- Les allogreffes morcelées sont particulièrement adaptées au comblement des défauts osseux cavitaires dont elles permettent de remplir toutes les anfractuosités. Elles sont impactées et tassées à l'aide d'un chasse greffon. Elles sont utilisées en association à des plaques d'ostéosynthèse et des anneaux de soutien (figure 32).

La surface entre l'allogreffe et l'os receveur doit être le plus grande possible, ceci est facilement réalisé lorsque le greffon est opposé au spongieux épiphysaire de receveur.

En zone diaphysaire, le contact n'est suffisant que si les os sont sensiblement de même taille.



**Figure 32** : Allogreffe morcelée  
**Source** :

# ÉTUDE PRATIQUE

## **I. PRÉSENTATION DU TRAVAIL :**

Il s'agit d'une étude prospective homogène, mono centrique, portant sur une série de 80 patients, effectuée au sein de service d'orthopédie (CHU DE BLIDA), durant une période de 05 ans présentant une perte de substance osseuse segmentaire ou cavitaire d'origine traumatique, dégénérative, tumorale ou dysplasique, ayant bénéficié d'une reconstruction osseuse par allogreffe osseuse provenant des têtes fémorales cryoconservées.

Au totale la série regroupe 80 patients et 3 grandes indications ont été retenue pour ce type de reconstruction :

- ✓ Reconstruction cotyloïdienne lors des prothèses totales de hanche de 1<sup>ère</sup> intention
- ✓ Traitement chirurgical conservateur des tumeurs osseuses bénignes
- ✓ Les pseudarthroses septiques et aseptiques post traumatique des os longs

Ces 03 indications permettent de différencier 03 groupes de populations au sein de la série :

- 1<sup>ère</sup> Groupe dit « Tumeur »
- 2<sup>ème</sup> Groupe dit « Pseudarthrose »
- 3<sup>ème</sup> Groupe dit « Coxarthrose »

Notre étude repose sur :

1. L'analyse des résultats fonctionnels et radiologiques, obtenus après reconstruction par allogreffe osseuse des têtes fémorales cryoconservées.
2. Définir les différents facteurs intrinsèques et extrinsèques susceptibles d'influencer les résultats.
3. D'étudier le bénéfice de l'apport de l'allogreffe osseuse dans les pertes de substances osseuses post traumatique, dysplasique dégénérative ou tumorale

## **II. LES CRITÈRES D'INCLUSION ET D'EXCLUSION :**

### **a. Les critères d'inclusion :**

Notre étude a intéressé tous les patients pris en charge dans notre service de 2012-2016 pour :

- ✓ Une reconstruction cotyloïdienne lors des prothèses totales de hanche de 1<sup>ère</sup> intention (ayant nécessité une greffe osseuse).  
Nous avons inclus dans notre étude tous les patients ayant bénéficié d'une PTH de première intention toute indication confondus.

- ✓ Les tumeurs osseuses bénignes ayant fait l'objet d'une exérèse endo tumorale (évidement) ou extra tumorale (résection marginale ou large) suivie d'une reconstruction osseuse.

Toutes les types histologiques des tumeurs osseuses bénignes ont été inclus dans notre travail.

- ✓ Les pseudarthroses septiques et aseptiques des os longs avec une perte de substance après ostéosynthèse interne ou externe dans le cadre d'une fracture fraîche.
- ✓ Aucun adjuvant n'a été associé dans notre travail
- ✓ Le recul minimal pour qu'un patient soit inclus dans notre travail était de 18 mois.

### **b. Les critères d'exclusion :**

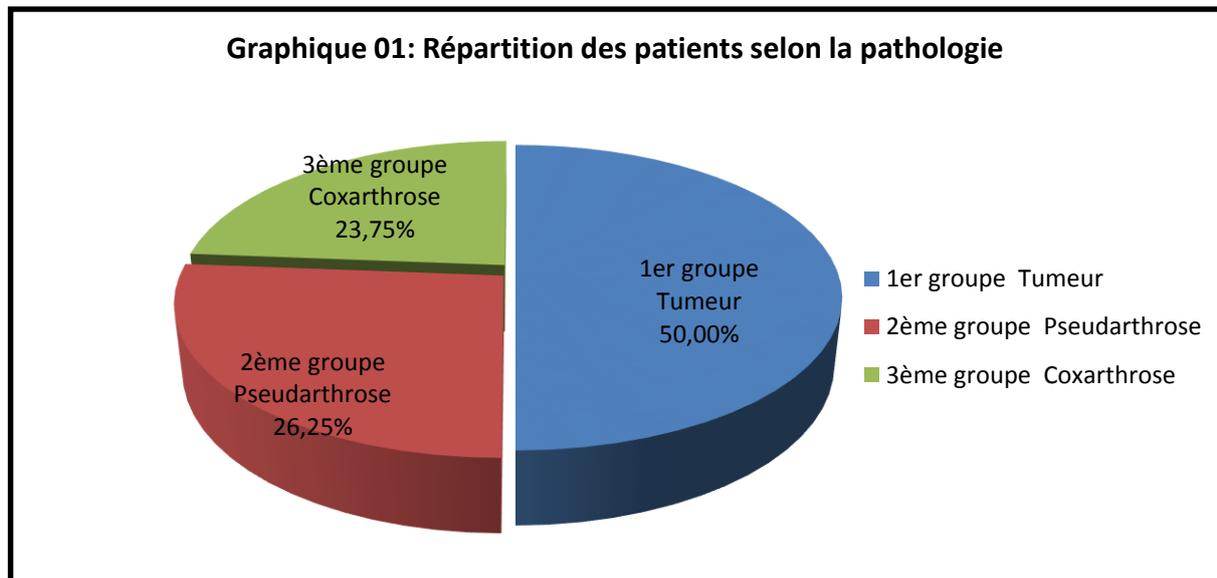
- ✓ Les tumeurs malignes.
- ✓ Les tumeurs bénignes du bassin et du rachis
- ✓ Les reprises et les descellements prothétiques.
- ✓ Les pseudarthroses des os longs après échec au traitement orthopédique.
- ✓ Les patients moins de 15 ans.

### III. ÉTUDE ÉPIDÉMIOLOGIQUE :

Nous avons établi une fiche de révision incluant de multiples données communes, puis une fiche plus spécifique pour chaque groupe «tumeur», « pseudarthrose » et « coxarthrose », pour lesquelles des précisions sont nécessaires (conférer document annexe n° ).

Groupe	1 <sup>er</sup> groupe Tumeur	2 <sup>ème</sup> groupe Pseudarthrose	3 <sup>ème</sup> groupe Coxarthrose	Total
Nombre	40	21	19	80
Taux %	50	26,25	23,75	100

**Tableau 6 : Répartition des patients selon la pathologie**



Dans notre série, on a traité 40 cas de tumeurs, 21 cas de pseudarthrose et 19 cas de coxarthrose.

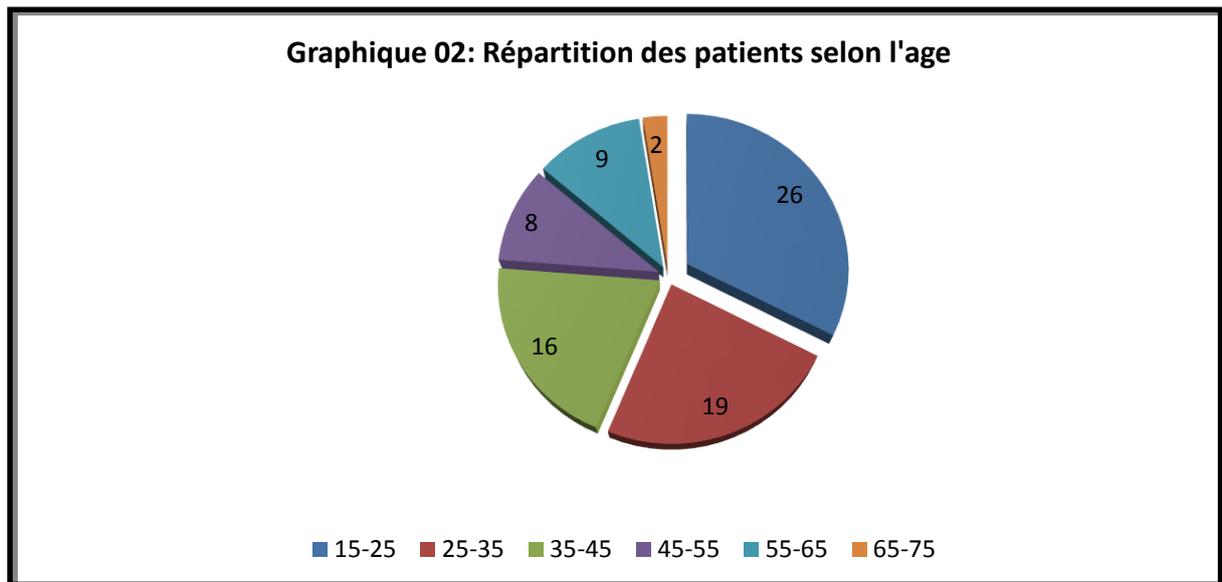
### 3.1. LES DONNÉES ÉPIDÉMIOLOGIQUE GÉNÉRALES :

Communes aux trois groupes, elles regroupent les items se rapportant à l'âge, au sexe, terrain, coté, membre et le segment atteint.

#### 3.1.1. Age :

Age	15-25	25-35	35-45	45-55	55-65	65-75	Total
Nombre	26	19	16	08	09	02	80
Taux %	32.50	23.75	20	10	11.25	2.50	100

**Tableau 7 : Répartition des patients selon l'âge**

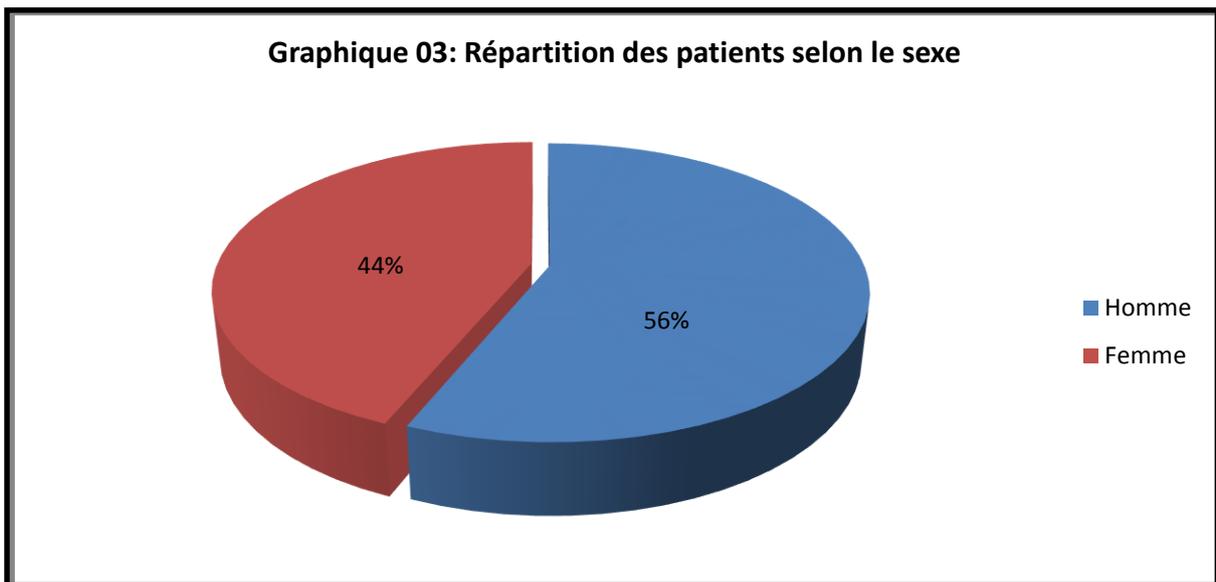


L'âge moyen de nos patients était de 36.6 ans avec des extrêmes allant de 15 ans à 75 ans  
On relève l'âge jeune de nos patients.

**3.1.2. Sexe :**

Sexe	Homme	Femme	Total
Nombre	45	35	80
Taux %	56.25	43.75	100

**Tableau 8 : Répartition des patients selon le sexe**

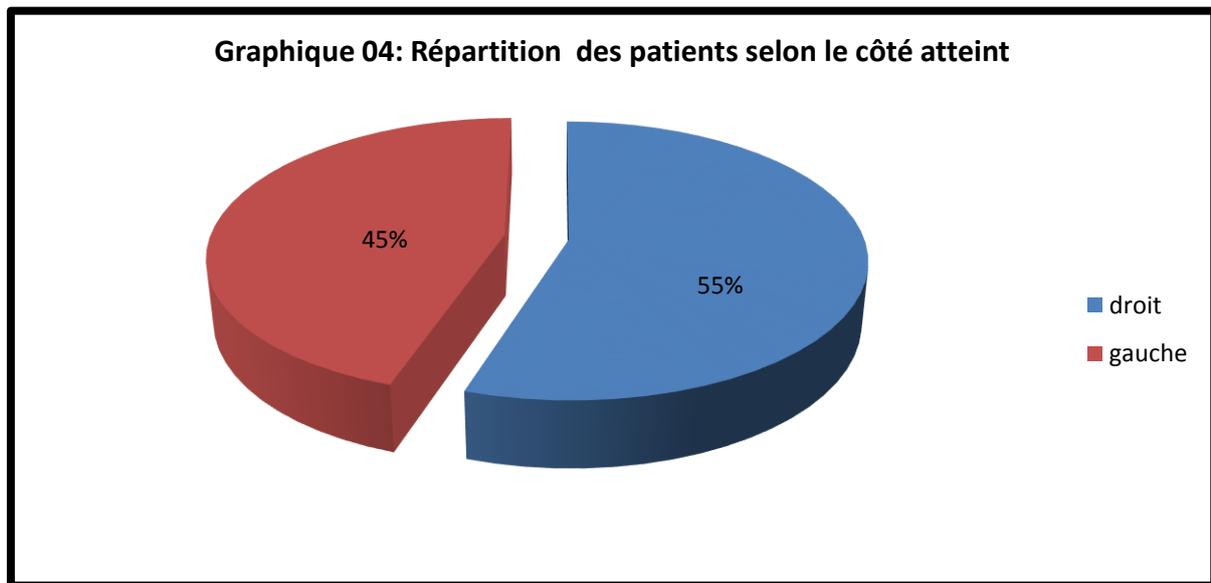


Dans notre série, on note une prédominance masculine (45 hommes pour 35 femmes)

**3.1.3. Coté atteint :**

<b>Coté atteint</b>	<b>Droit</b>	<b>Gauche</b>	<b>Total</b>
<b>Nombre</b>	<b>44</b>	<b>36</b>	<b>80</b>
<b>Taux %</b>	<b>55</b>	<b>45</b>	<b>100</b>

**Tableau 9 : Répartition des patients selon le coté atteint**

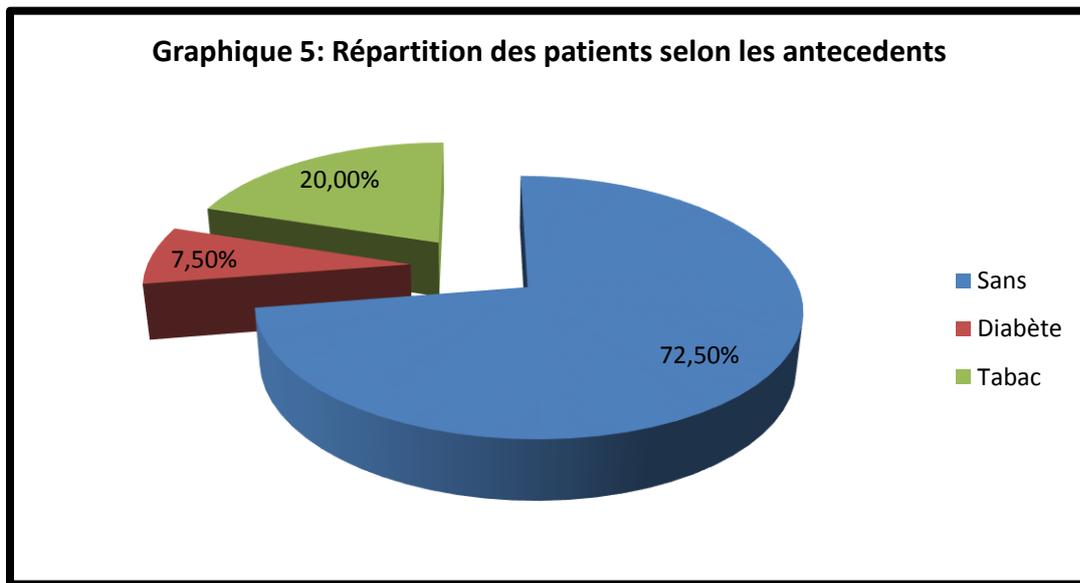


Dans notre série, 44 patients (55 %) ont été opérés pour le côté droit et 36 (45 %) pour le côté gauche.

**3.1.4. Les antécédents :**

antécédents	Sans ATCD	Diabète	Tabac	Total
Nombre	58	06	16	80
Taux %	72,50	7,50	20	100

**Tableau 10 : Répartition des patients selon les antécédents**

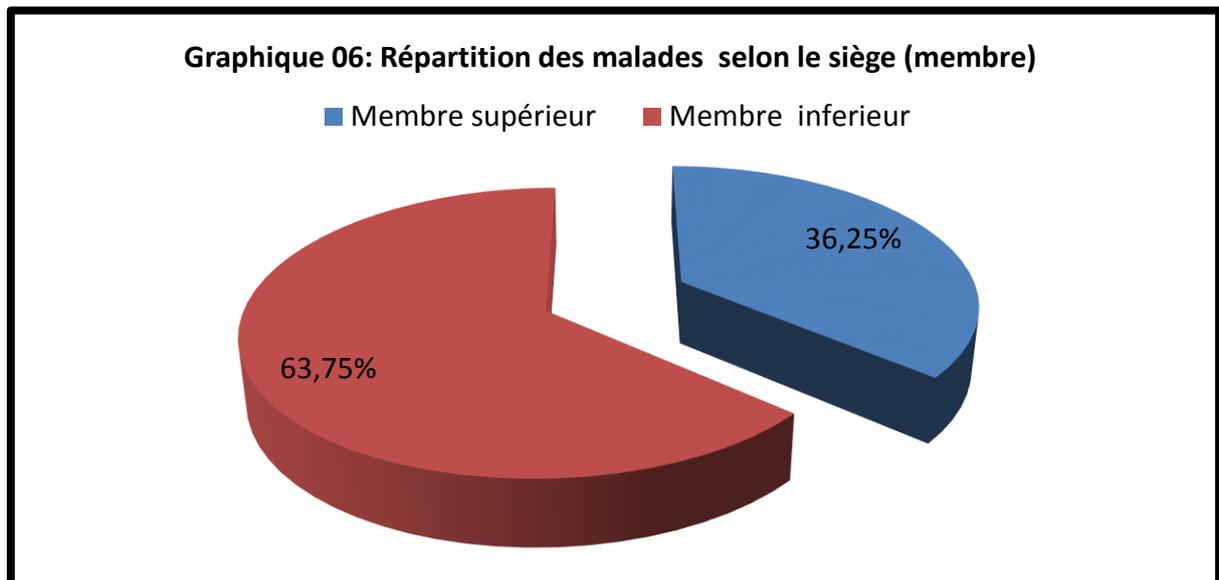


Dans notre série, 16 patients sont des tabagiques chroniques (16%), et 6 diabétiques (6.25%).

**3.1.5. Siege (membre) :**

Siege (membre)	Membre supérieur	Membre inférieur	Total
Nombre	29	51	80
Taux %	36.25	63.75	100

**Tableau 11 : Répartition des patients selon membre atteint**

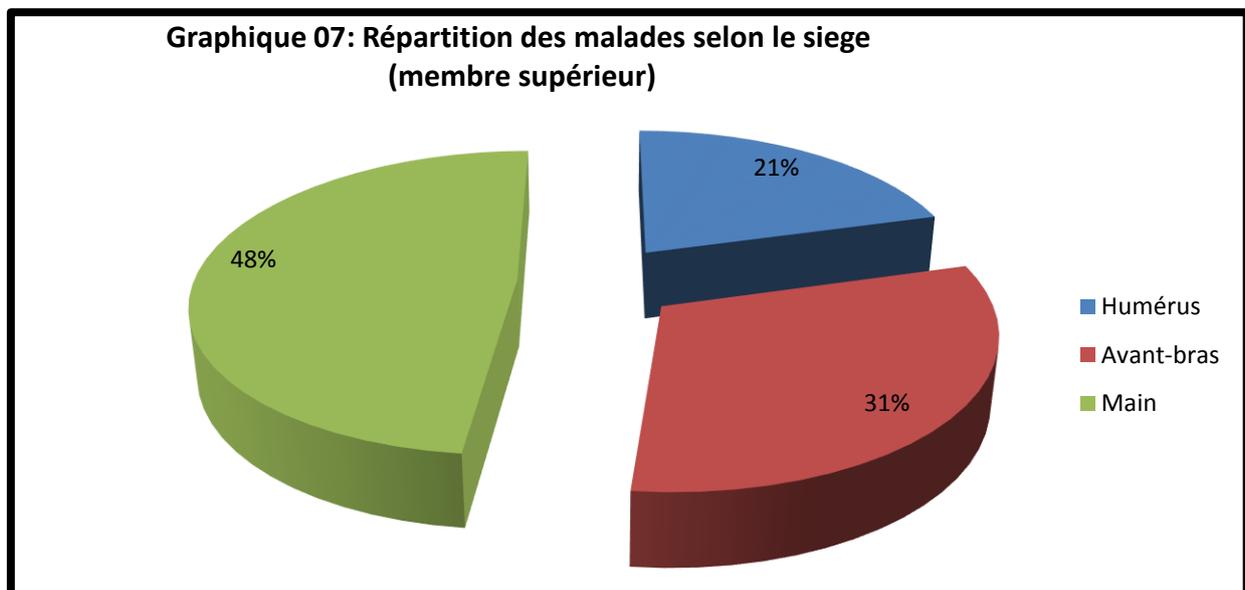


Le membre inférieur été touché dans 51 cas(63.75%), pour 29 cas du membre supérieur (36 %)

➤ **Membre supérieur :**

<b>Le siège (membre supérieur)</b>	<b>Humérus</b>	<b>Avant-bras</b>	<b>Main</b>	<b>Total</b>
<b>Nombre</b>	<b>6</b>	<b>9</b>	<b>14</b>	<b>29</b>
<b>Taux %</b>	<b>20,67</b>	<b>31,03</b>	<b>48,3</b>	<b>100</b>

**Tableau 12 : Répartition des patients selon le siège (membre supérieur)**

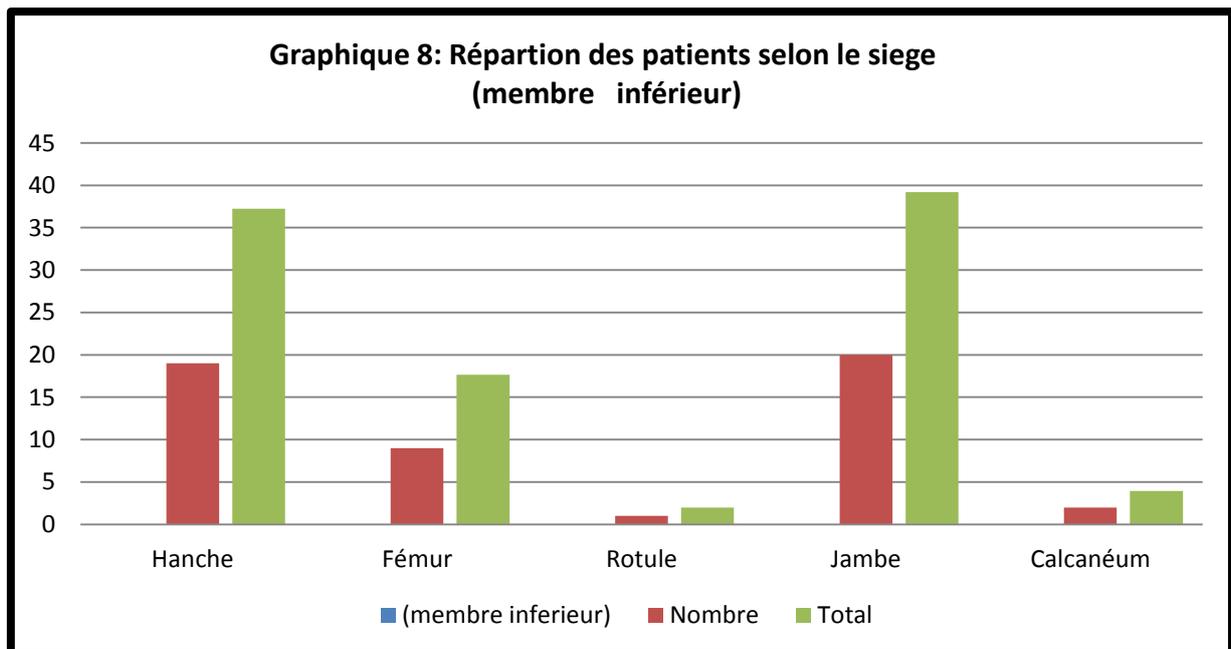


Dans notre série, nous avons colligé 29 cas au niveau du membre supérieur :  
06 cas au niveau de l'humérus ; 09 cas au niveau du cubitus ; 14 cas au niveau de la main

➤ **Membre inférieur :**

Le siège (membre inférieur)	Hanche	Fémur	Rotule	Jambe	Calcanéum	Total
<b>Nombre</b>	<b>19</b>	<b>09</b>	<b>01</b>	<b>20</b>	<b>02</b>	<b>51</b>
<b>Total</b>	<b>37.25</b>	<b>17.64</b>	<b>01.97</b>	<b>39.21</b>	<b>03.93</b>	<b>100</b>

**Tableau 13 : Répartition des patients selon le siège (membre inférieur)**



Dans notre série, nous avons retrouvé 51 cas au niveau de membre inférieur :

19 cas au niveau de la hanche (coxarthrose)

09 cas au niveau de fémur

01 cas au niveau de la rotule

20 cas au niveau de la jambe

02 cas au niveau de calcanéum

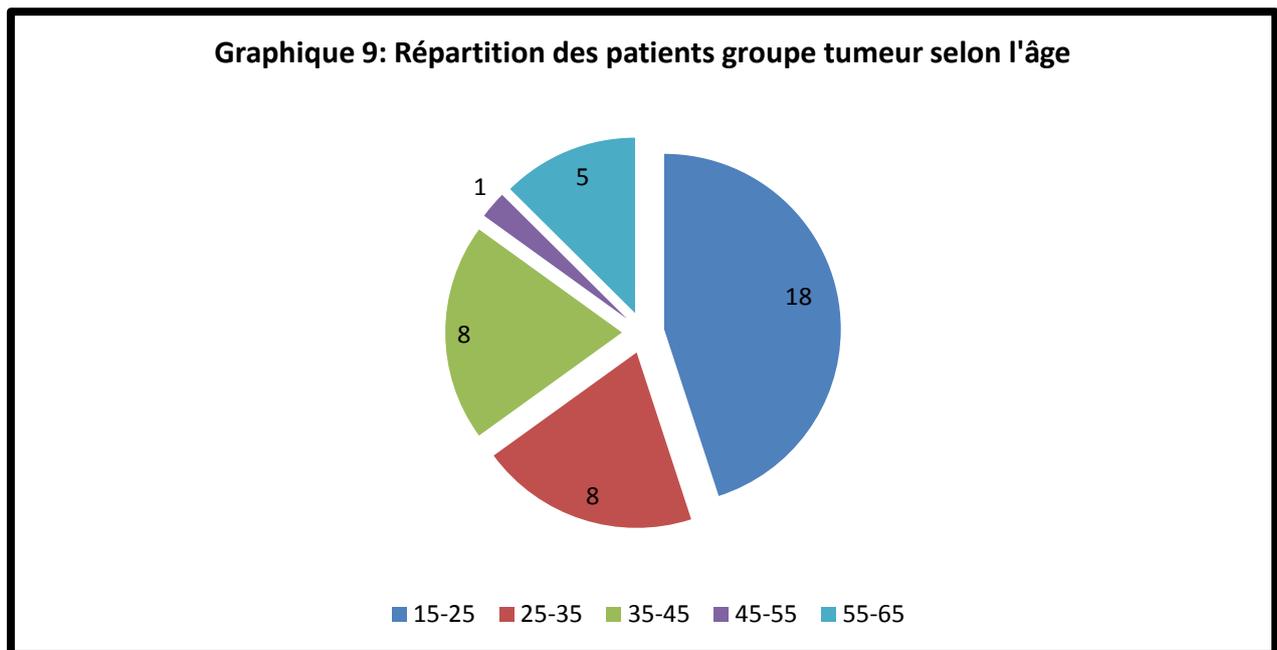
### 3.2. LES DONNÉES ÉPIDÉMIOLOGIQUE POUR CHAQUE GROUPE :

#### 3.2.1. GROUPE TUMEUR :

##### 3.2.1.1. Age :

Age	15-25	25-35	35-45	45-55	55-65	Total
Nombre	18	08	08	01	05	40
Taux %	45	20	20	2.5	12.5	100

**Tableau 14 : Répartition des patients du groupe tumeur selon l'âge**

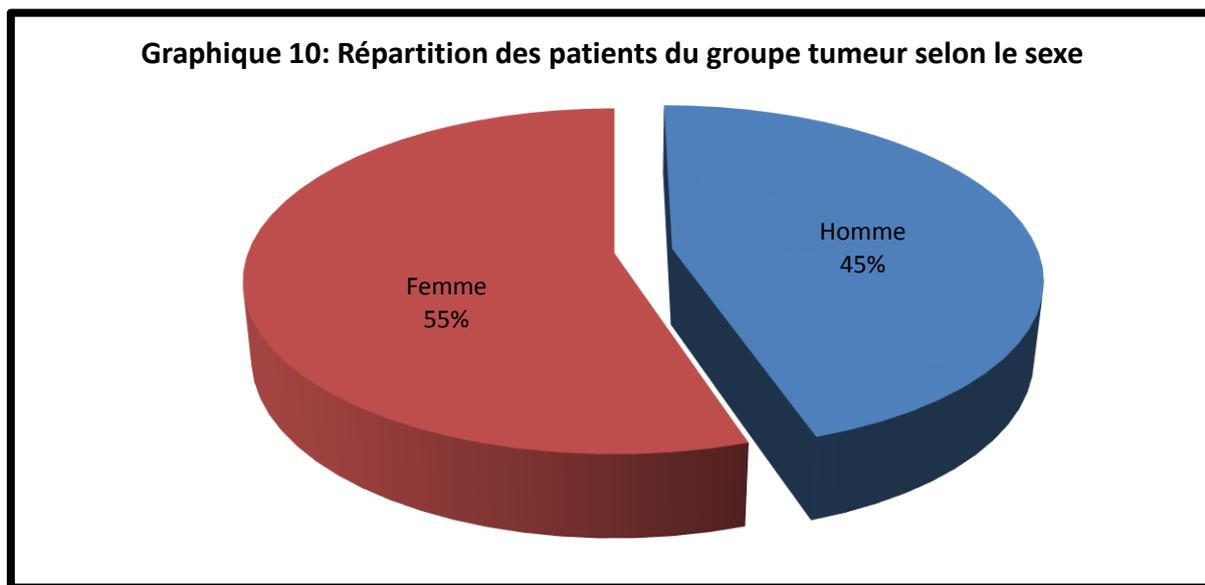


La moyenne d'âge des patients du groupe tumeur a été de 31.5 ans avec des extrêmes de 15 et 63 ans.

**3.2.1.2. Sexe :**

Sexe	Homme	Femme	Total
Nombre	18	22	40
Taux %	45	55	100

**Tableau 15 : Répartition des patients du groupe tumeur selon le sexe**

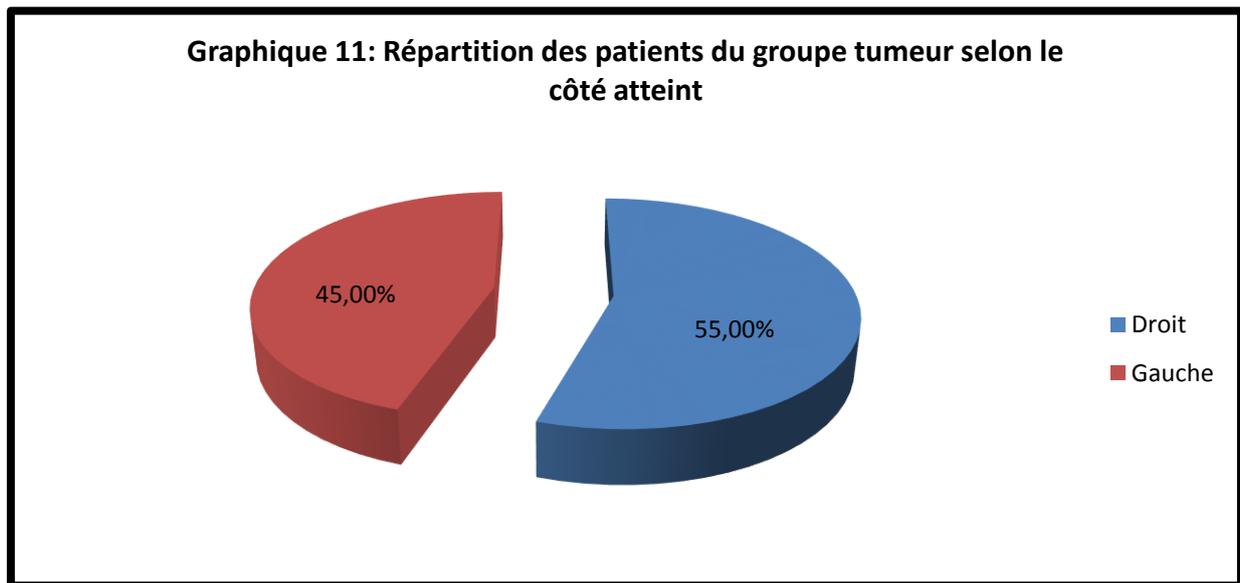


On note une prédominance du sexe féminin avec 22 femmes pour 18 hommes

**3.2.1.3. Coté atteint :**

Côté atteint	Droit	Gauche	Total
Nombre	22	18	40
Taux %	55	45	100

**Tableau 16 : Répartition des patients du groupe tumeur selon le coté atteint**

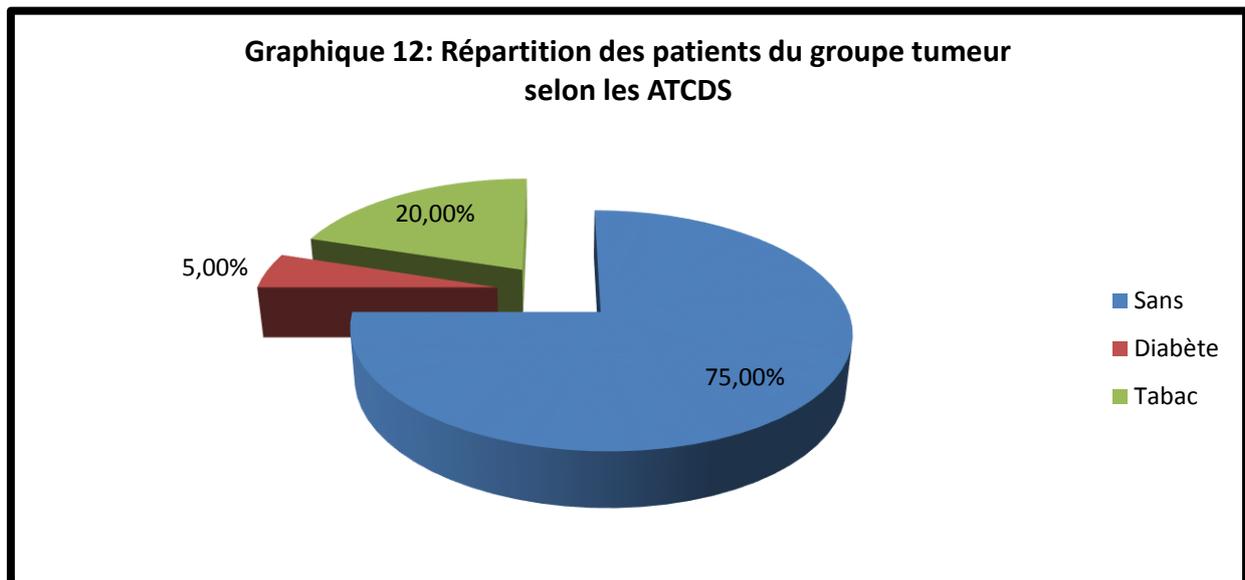


Sur les 40 patients du groupe tumeur 22 patients (55 %) ont été opérés sur le côté droit et 18 (45 %) sur le côté gauche.

**3.2.1.4. Les antécédents :**

Les antécédents	Sans ANTCDS	DIABÈTE	Tabac	Total
Nombre	30	02	8	40
Total	75	5	20	100

**Tableau 17 : Répartition des patients du groupe tumeur selon les antécédents**



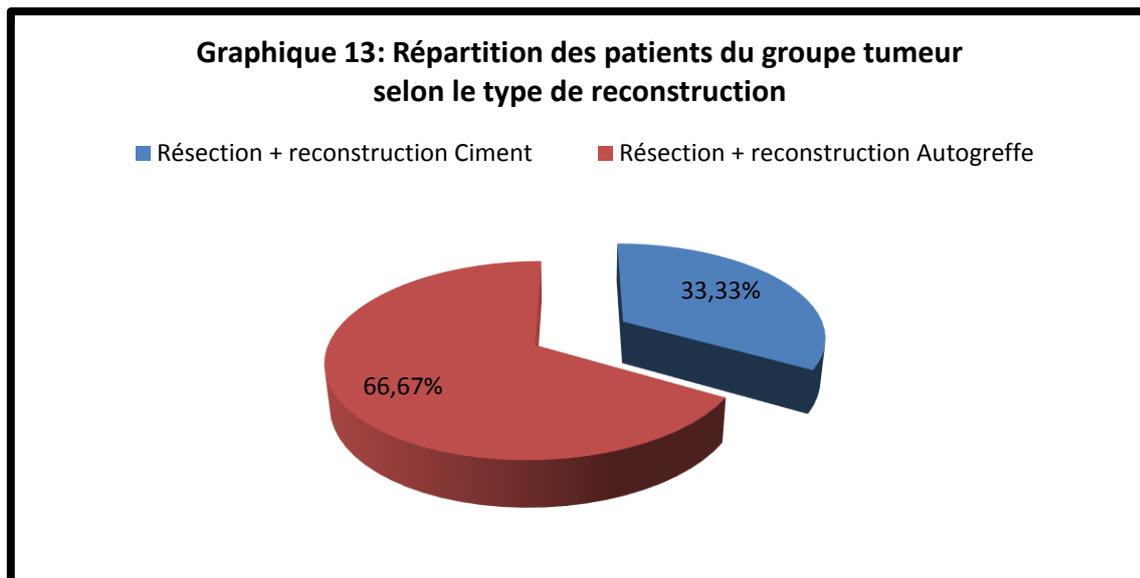
Dans notre série, 08 patients sont des tabagiques chroniques (20%), et 2 diabétiques (05%).

### 3.2.1.5. Les interventions préalables :

Nous n'avons pas pris en compte le geste de la biopsie chirurgicale.

Interventions	Résection + reconstruction		TOTAL
	Ciment	Autogreffe	
Nombre	01	02	03
Taux %	33,33	66,67	100

**Tableau 18 : Répartition des patients du groupe tumeur selon type de reconstruction**



Dans notre série on a retrouvé 03 cas ayant bénéficiés d'une résection avec reconstruction ou l'allogreffe est venu après pour consolider le traitement :

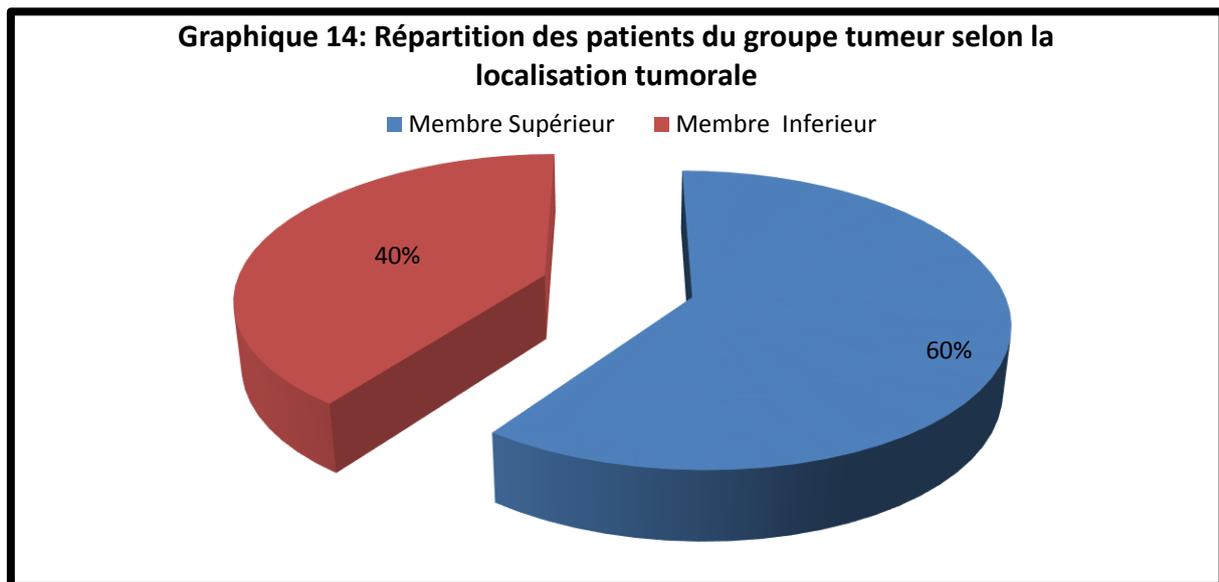
02 cas de reconstruction par autogreffe préalable : 1 cas TCG bénigne de l'extrémité supérieur de radius (péroné libre), 1 cas de chondrome de l'extrémité supérieur de radius)

01 cas de cimentoplastie préalable : Chondroblastome de l'extrémité supérieur de l'humérus

**3.2.1.6. La localisation tumorale :**

Localisation tumorale	Membre Supérieur	Membre Inferieur	Total
Nombre	24	16	40
Taux %	60	40	100

**Tableau 19 : Répartition des patients du groupe tumeur selon la localisation tumorale**



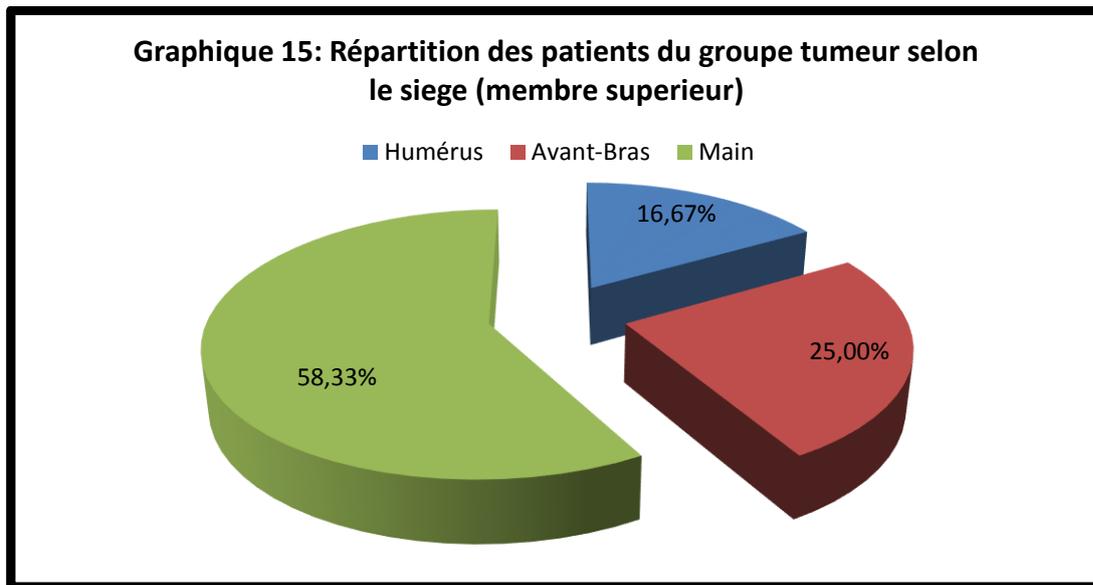
Il y avait 24 localisations aux membres supérieurs et 16 aux membres inférieurs.

**3.2.1.7.le siège :**

➤ **Membre supérieur :**

<b>Le siège (membre supérieur)</b>	<b>Humérus</b>	<b>Avant-Bras</b>	<b>Main</b>	<b>Total</b>
<b>Nombre</b>	<b>4</b>	<b>6</b>	<b>14</b>	<b>24</b>
<b>Total</b>	<b>16.67</b>	<b>25</b>	<b>58.33</b>	<b>100</b>

**Tableau 20 : Répartition des patients du groupe tumeur selon le siège  
(Membre supérieur)**

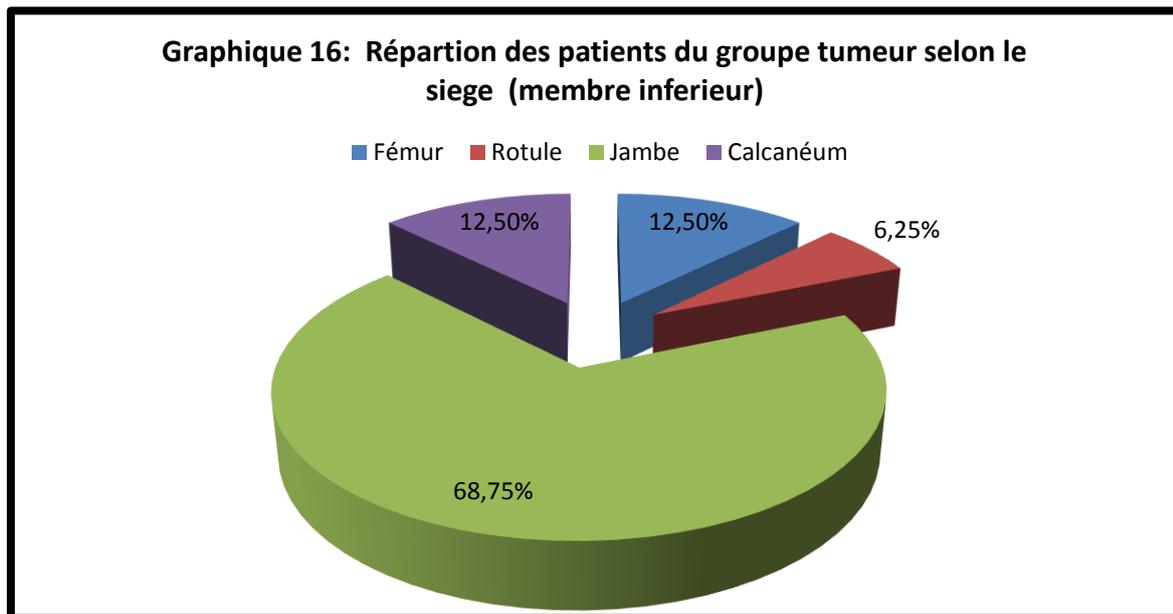


Pour le groupe tumeur, nous avons retrouvé 24 cas au niveau de membre supérieur :  
04 cas au niveau de l'humérus  
06 cas au niveau de l'avant-bras  
14 cas au niveau de la main

➤ **Membre inférieur :**

Le siège (membre inférieur)	Fémur	Rotule	Jambe	Calcanéum	Total
Nombre	2	1	11	2	16
Total	12.50	6.25	68.75	12.50	100

**Tableau 21 : Répartition des patients du groupe tumeur selon le siège  
(Membre inférieur)**



Pour le groupe tumeur, nous avons retrouvé 16 cas au niveau de membre inférieur :

02 cas au niveau de fémur

01 cas au niveau de la rotule

11 cas au niveau de la jambe

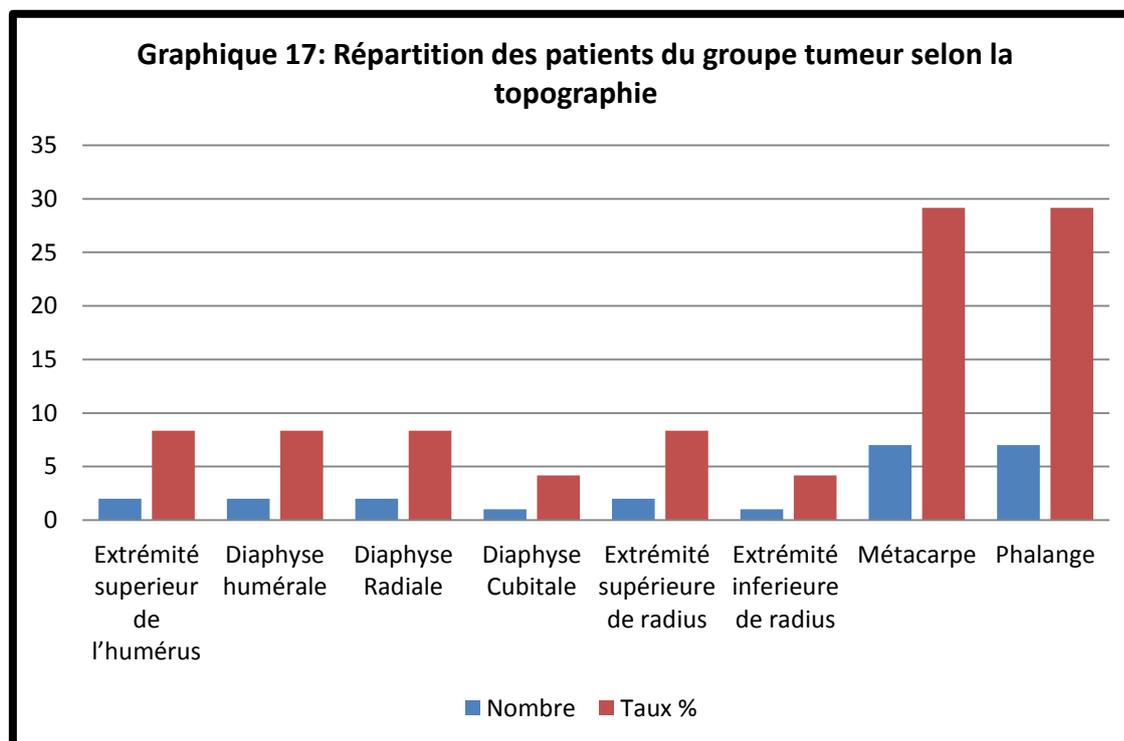
02 cas au niveau de calcanéum

### 3.2.1.8. Répartition topographique des tumeurs :

➤ membre supérieur :

Topographie de la tumeur	Nombre	Taux %
Extrémité supérieure de l'humérus	2	8.34
Diaphyse humérale	2	8.34
Diaphyse Radiale	2	8.34
Diaphyse Cubitale	01	4.16
Extrémité supérieure de radius	02	8.34
Extrémité inférieure de radius	01	4.16
Métacarpe	07	29.16
Phalange	07	29.16
<b>Total</b>	<b>24</b>	<b>100</b>

**Tableau 22 : Répartition des patients du groupe tumeur selon la Topographie (membre supérieur)**



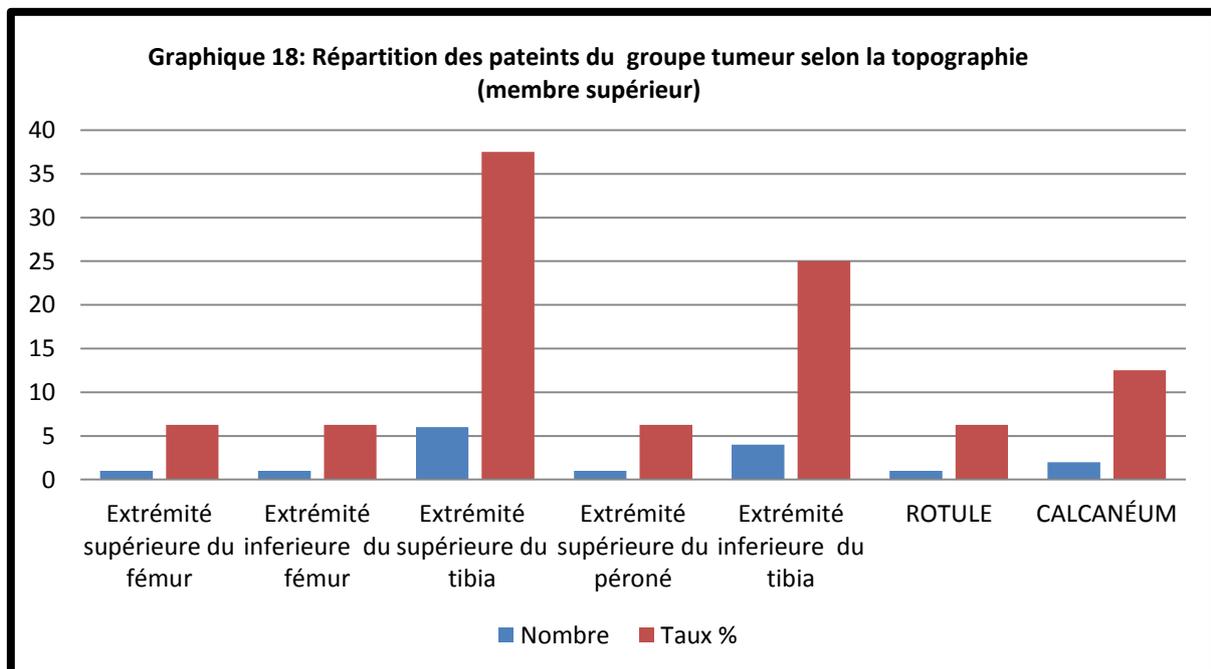
Les métacarpes et les phalanges ont été touchés dans 14 cas.

La région métaphyso-épiphysaire a été touchée dans 5 cas ainsi que la région diaphysaire des os longs dans 5 cas.

➤ **membre inferieur :**

Siege	Nombre	Taux %
Extrémité supérieure de fémur	01	06.25
Extrémité inferieure de fémur	01	06.25
Extrémité supérieure de tibia	06	37.50
Extrémité supérieure de péroné	01	06.25
Extrémité inferieure de tibia	04	25.00
ROTULE	01	06.25
CALCANÉUM	02	12.50
<b>Total</b>	<b>16</b>	<b>100</b>

**Tableau 23 : Répartition des patients du groupe tumeur selon la topographie  
(Membre supérieur)**



On note une nette prédominance des tumeurs bénignes dans la région métaphyse-épiphysaire des os longs (13 cas).

### 3.2.1.9. Clinique :

#### Clinique : circonstance de découverte :

Les signes symptomatiques ont été répertoriés en 4 groupes :

Groupe 1 : douleur isolée.

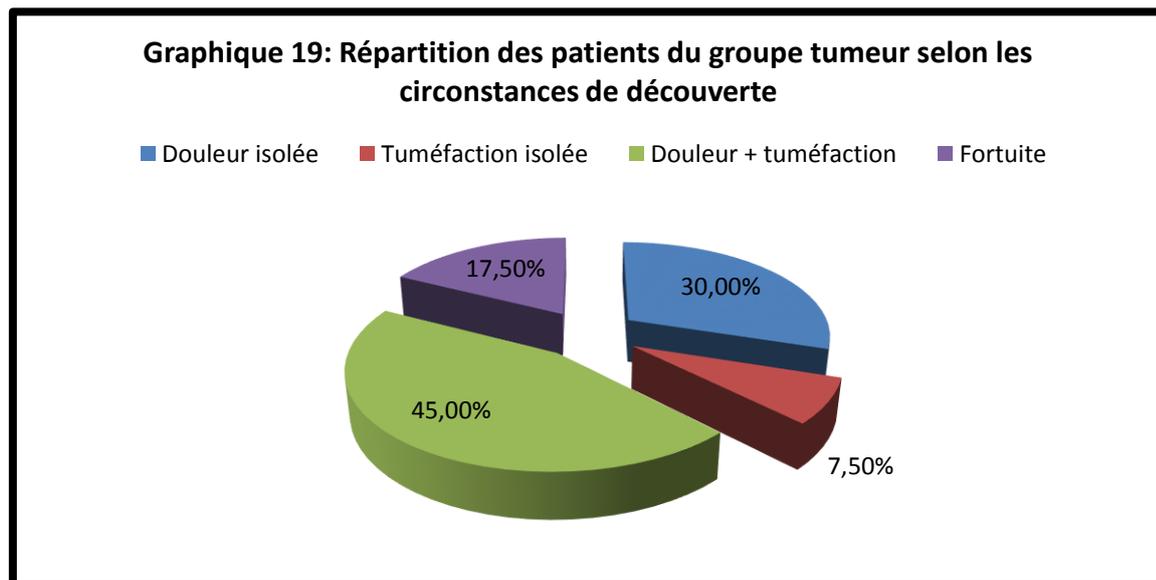
Groupe 2 : tuméfaction isolée.

Groupe 3 : douleur et tuméfaction associées.

Groupe 4 : découverte fortuite.

Clinique	Douleur isolée	Tuméfaction isolée	Douleur + tuméfaction	Fortuite	Total
Nombre	12	03	18	07	40
Taux %	30	07.50	45	17.50	100

**Tableau 24 : Répartition des patients du groupe tumeur selon les circonstances de découverte**



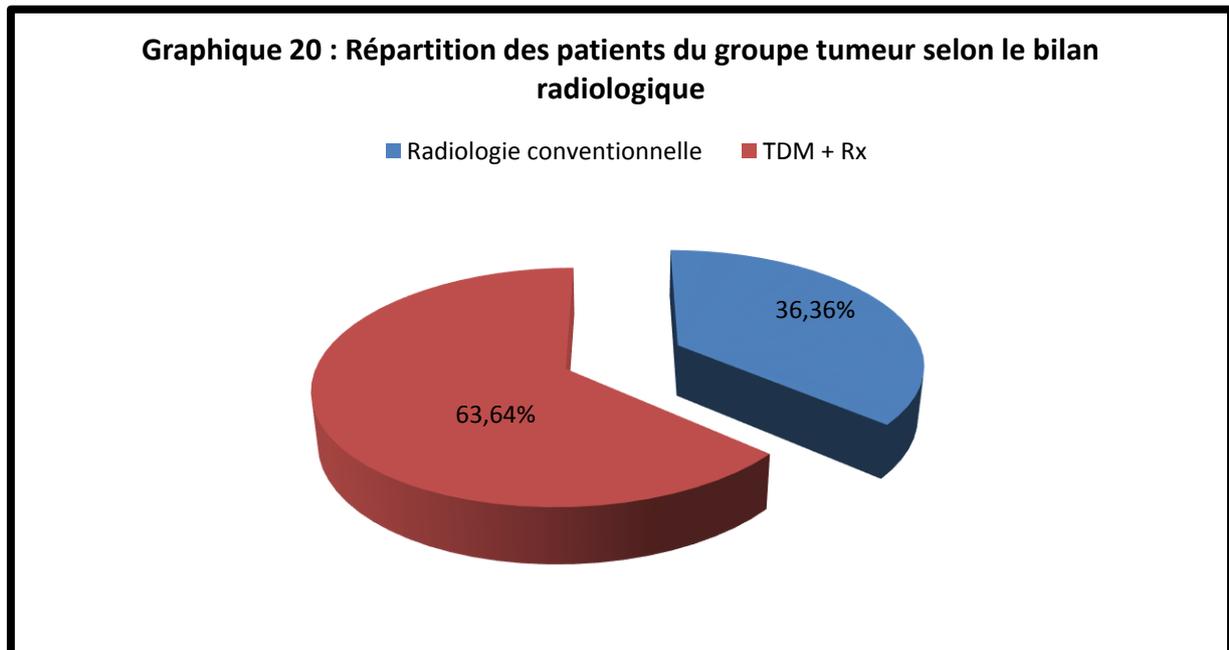
L'expression clinique de la tumeur a été souvent univoque :

- Douleur isolée depuis quelques semaines dans 12 cas.
- Tuméfaction simple dans 3 cas.
- Tuméfaction douloureuse dans 18 cas.
- Découverte fortuite dans un cas sur des clichés radiographiques prescrits initialement pour un bilan traumatique et qui a mis en évidence une lésion ostéolytique

**3.2.1.10. Radiologie :**

<b>Radiologie</b>	<b>Rx Radiologie conventionnelle</b>	<b>TDM+ Rx</b>
<b>Nombre</b>	<b>40</b>	<b>30</b>
<b>Taux %</b>	<b>100</b>	<b>75</b>

**Tableau 25 : Répartition des patients du groupe tumeur selon le bilan radiologique**



Tous les patients du groupe ont bénéficié d'un bilan radiologique standard, 30 cas ont bénéficié en plus d'une TDM.

### **3.2.1.11. Classification TOD :**

#### **Radiologie classification de TOD : [93]**

La classification TOD (Type Os Dimension) a été proposée par le GESTO (Groupe pour l'étude des Substitut Tissulaires et Osseux en Orthopédie) (**annexe 6**), et a pour objectif d'ordonner les situations pathologiques nécessitant le recours à un substitut de l'os, quel qu'il soit, afin de valoriser leur évaluation en fonction des indications, sont exclus de cette classification les pertes de substances peri prothétiques qui ont leurs classifications propres.

Cette classification repose sur 3 données, le Type de la perte de substance (0, I, II et III), l'Os qui borde la cavité et sera au contact du substitut, la Dimension de la perte de substance.

Type : caractérise la situation pathologique pour laquelle est indiqué le substitut.

-Type 0 (T0) : apposition para-squelettique du substitut, considérée comme extra-anatomique.

Exemples : butée de hanche, arthrodèse inter-transversaire.

-Type I (TI) : perte de substance osseuse ou persiste une continuité osseuse.

Exemple : cavité de curetage d'une tumeur bénigne

Type II (TII) : perte de la continuité osseuse mais persistance d'un contact cortical ou médullaire, donc d'une continuité biologique. Exemple : ostéotomie tibiale d'ouverture, la plupart des fractures.

-Type III (TIII) : perte de la continuité osseuse et de tout contact cortical ou médullaire ; Exemple : résection diaphysaire pour tumeur.

Os : caractérise le type d'os qui borde la cavité et sera en contact avec le substitut.

-C : lorsque l'os qui borde n'est que l'os cortical.

-S : lorsque l'os qui borde n'est que l'os spongieux.

-CS : lorsque l'os qui borde associe os spongieux et cortical.

Dimension : caractérise le plus grand éloignement entre un point du comblement et l'os receveur environnant ; c'est la distance qui sépare le point de la perte de substance le plus éloigné de l'os receveur.

-D - : si la distance est inférieure à 10 mm

-D+ : si la distance est supérieure ou égale à 10 mm

À titre d'exemples :

-une ostéotomie tibiale d'ouverture de 15 mm sera classée T II, S, D-

-une fracture séparation tassement d'un plateau tibial sera classé T II, S, D-

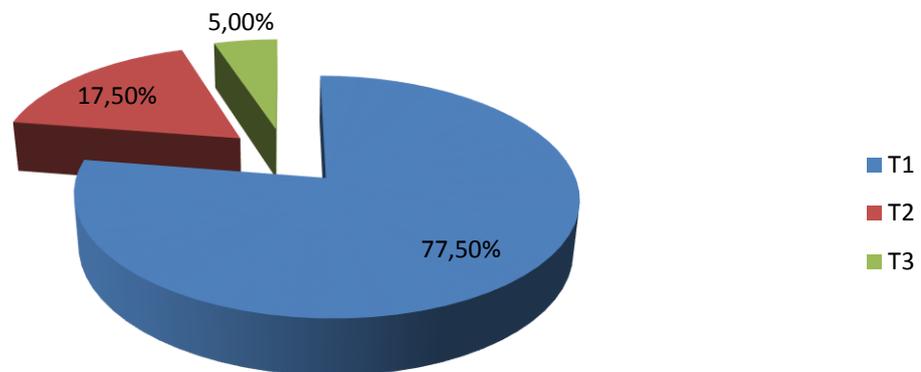
-une cavité de curetage d'un chondrome phalangien sera classée TI, C, D-

➤ **T (le Type de la perte de substance) :**

Type de la perte de la substance	T1	T2	T3	TOTAL
Nombre	31	07	02	40
Taux %	77,50	17,50	5	100

**Tableau 26 : Répartition des patients du groupe tumeur selon le type de la perte de substance**

**Graphique 21: Répartition des patients du groupe tumeur selon la perte de la substance**



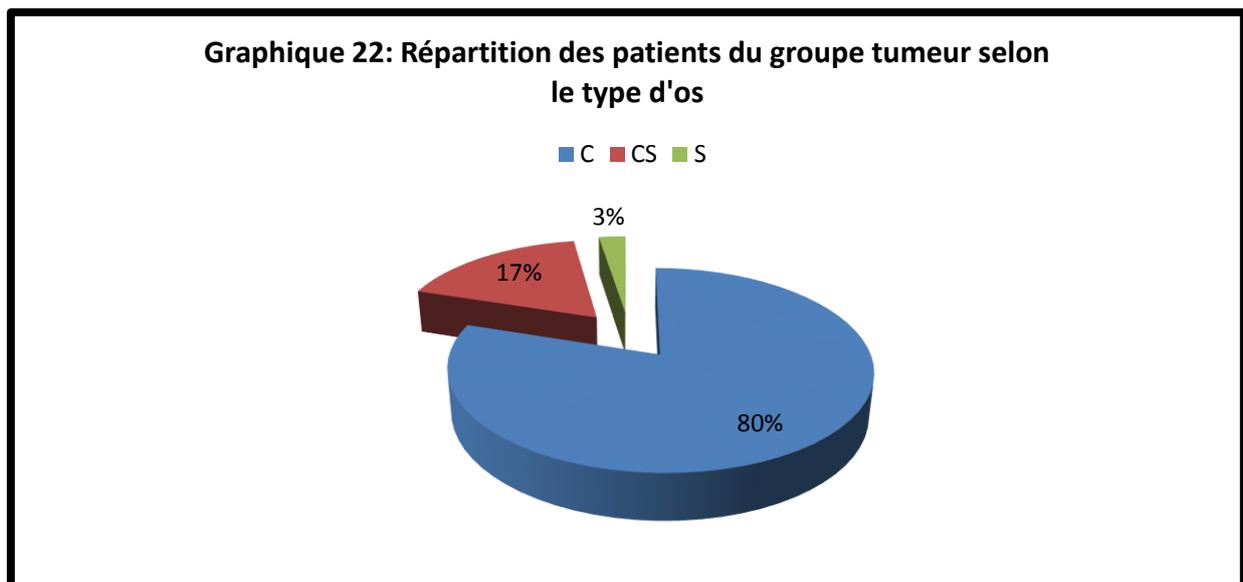
Dans 31 cas (77.50%), il s'agit d'une perte de substances osseuses avec continuité osseuse. La présence d'une perte de la continuité osseuse avec persistance d'un contact cortical a été notée chez 7 patients de la série (17.50%), 2 cas (5%) avec perte de contacte corticale ou médullaire.

➤ O (le type d'os) :

➤

Le type d'os	C	CS	S	TOTAL
Nombre	32	07	01	40
Taux %	77.50	17.50	02.50	100

**Tableau 27 : Répartition des patients du groupe tumeur selon le type d'os**

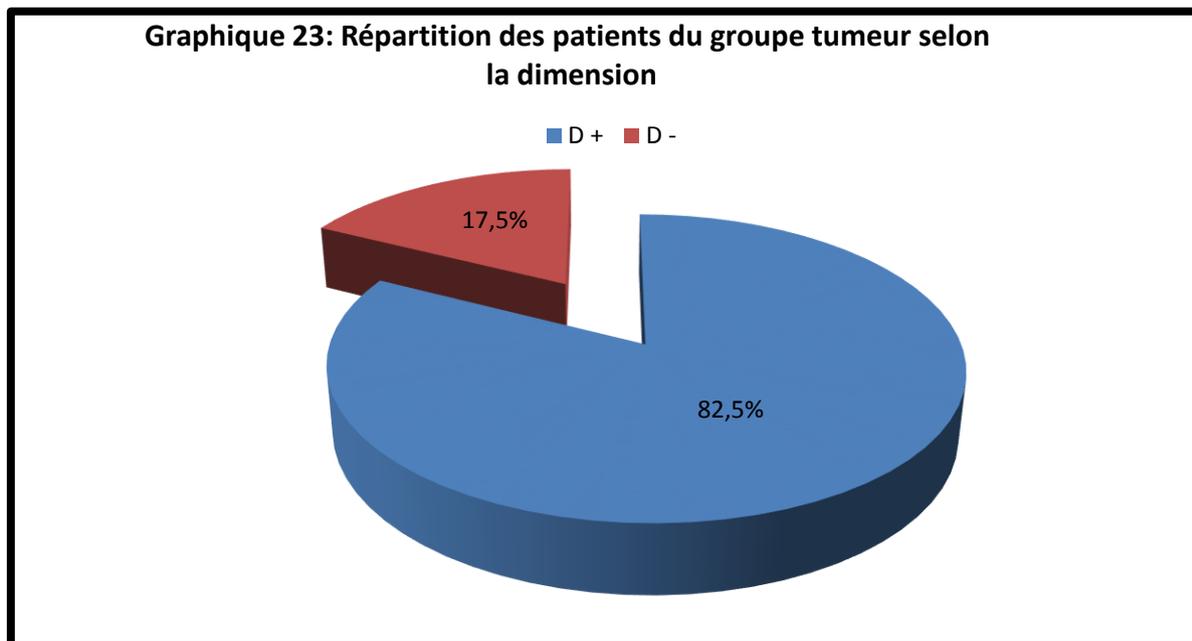


Dans 32 cas (77.50 %) le type d'os qui borde la cavité et qui est en contact avec l'allogreffe est l'os cortical.

➤ **D (la dimension) :**

<b>Dimension</b>	<b>D +</b>	<b>D -</b>	<b>Total</b>
<b>Nombre</b>	<b>33</b>	<b>07</b>	<b>40</b>
<b>Taux %</b>	<b>82.50</b>	<b>17.50</b>	<b>100</b>

**Tableau 28 : Répartition des patients du groupe tumeur selon la dimension**



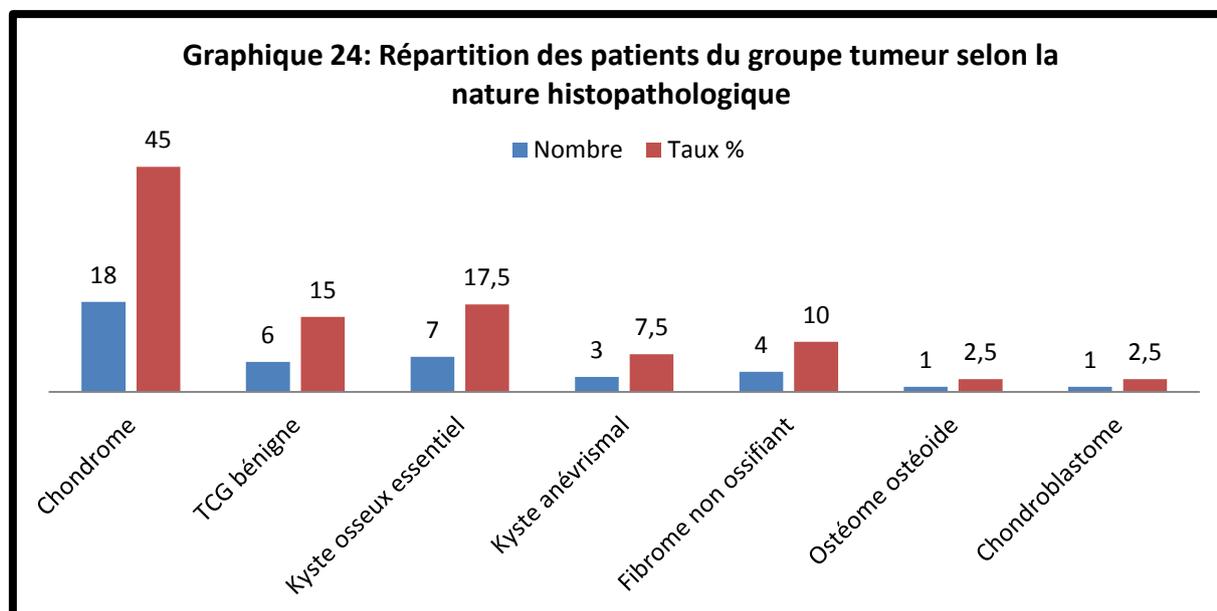
On note que dans 33 cas (82.50%), la distance du point de l'allogreffe le plus éloigné de l'os receveur est supérieur à un centimètre.

### 3.2.1.12. La nature histopathologique de la tumeur :

L'étude anatomopathologique des 40 pièces opératoires a permis d'objectiver sept variétés de tumeurs répertoriées dans le tableau suivant :

Tumeurs	Nombre	Taux %
<b>Chondrome</b>	<b>18</b>	<b>45</b>
<b>TCG bénigne</b>	<b>6</b>	<b>15</b>
<b>Kyste osseux essentiel</b>	<b>7</b>	<b>17,5</b>
<b>Kyste anévrismal</b>	<b>3</b>	<b>7,5</b>
<b>Fibrome non ossifiant</b>	<b>4</b>	<b>10</b>
<b>Ostéome ostéoïde</b>	<b>1</b>	<b>2,5</b>
<b>Chondroblastome</b>	<b>1</b>	<b>2,5</b>
<b>Total</b>	<b>40</b>	<b>100</b>

**Tableau 29 : Répartition des patients du groupe tumeur selon la nature histopathologique**



Notre série comporte 07 types histologiques différents, la plupart des études publiées sont ainsi assez hétérogène également [77]

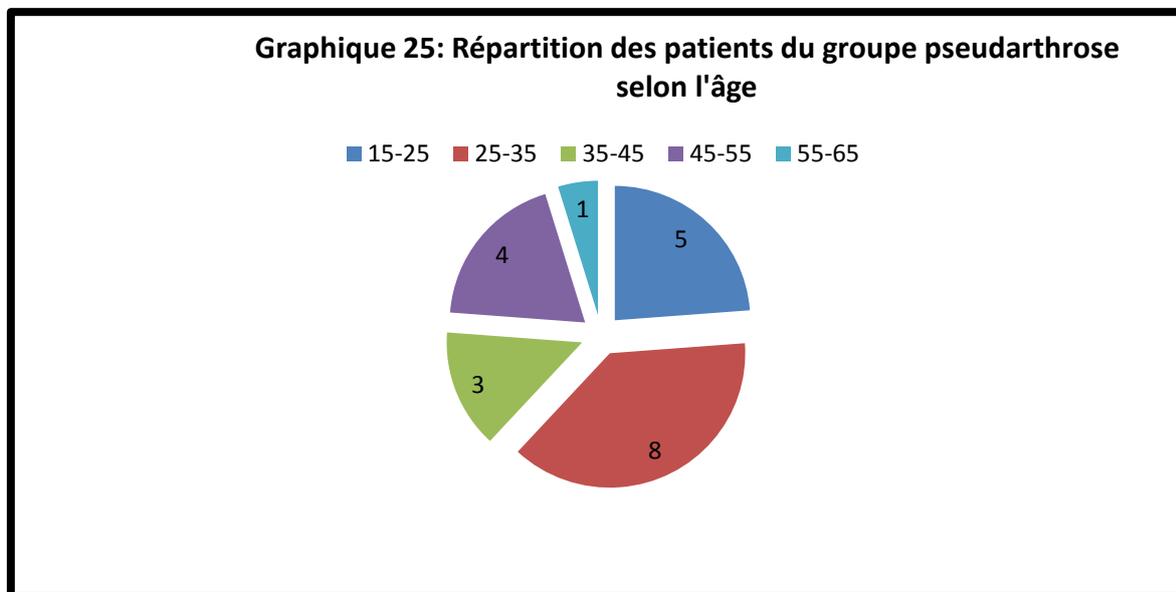
Cela ne limite pas l'étude des allogreffes par apport au type de défaut osseux mais relativise la signification du comptage des complications et des récives [77]

### 3.2.2. GROUPE PSEUDARTHROSE :

#### 3.2.2.1. Age :

Age	15-25	25-35	35-45	45-55	55-65	Total
Nombre	05	08	03	04	01	21
Taux %	23,80	38,10	14,29	19,05	04,76	100

**Tableau 30 : Répartition des patients du groupe pseudarthrose selon l'âge**

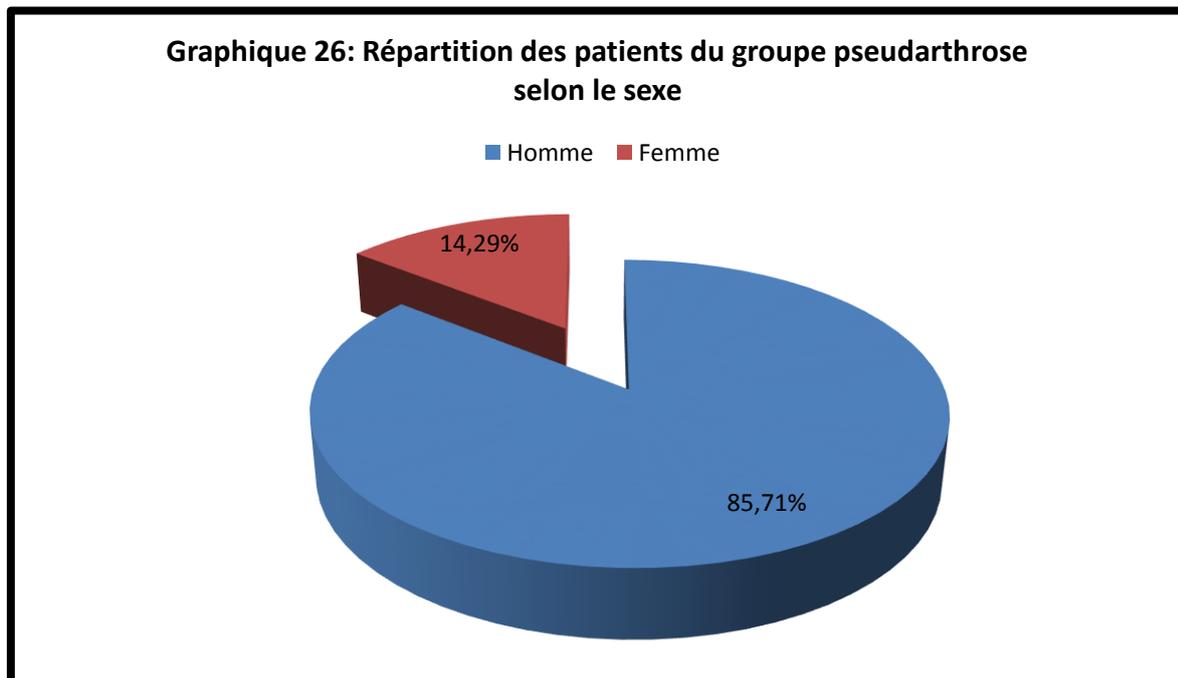


La moyenne d'âge des patients été de 34.6 ans avec des extrêmes entre 16 et 64 ans

**3.2.2.2. Sexe :**

Sexe	Homme	Femme	Total
Nombre	18	03	21
Taux %	85.71	14.29	100

**Tableau 31 : Répartition des patients du groupe pseudarthrose selon le sexe**



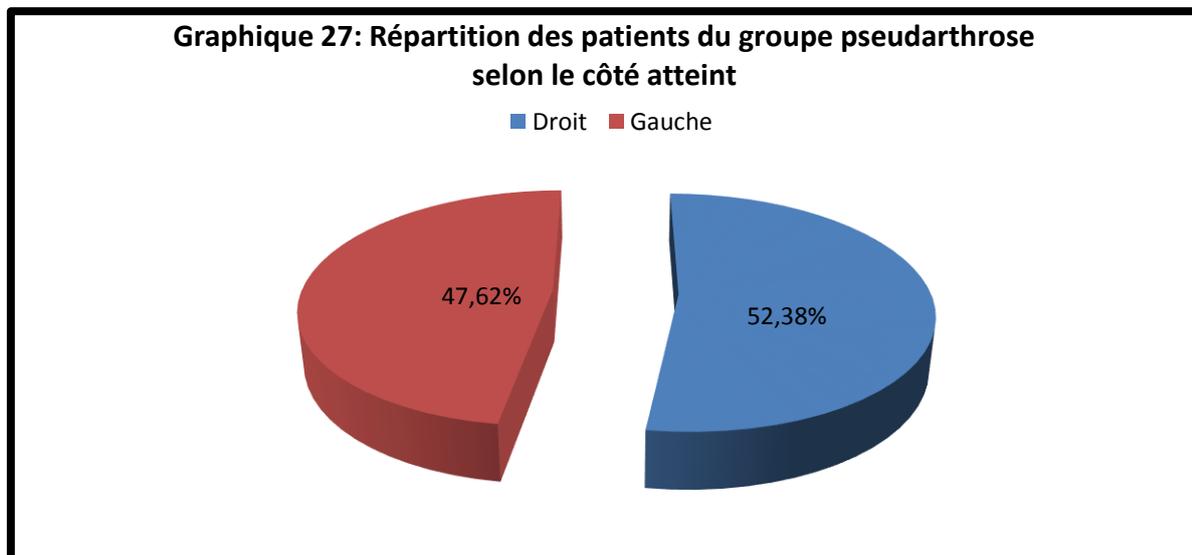
On note :

Dans notre série nous constatons sur les 21 cas étudiés une prédominance masculine avec 18 hommes soit un taux de 85.71% et 03 femmes, soit un taux de 14.29%.

**3.2.2.3. Coté atteint :**

<b>Coté atteint</b>	<b>Droit</b>	<b>Gauche</b>	<b>Total</b>
<b>Nombre</b>	<b>11</b>	<b>10</b>	<b>21</b>
<b>Taux %</b>	<b>52.38</b>	<b>47.62</b>	<b>100</b>

**Tableau 32 : Répartition des patients du groupe pseudarthrose selon le coté atteint**

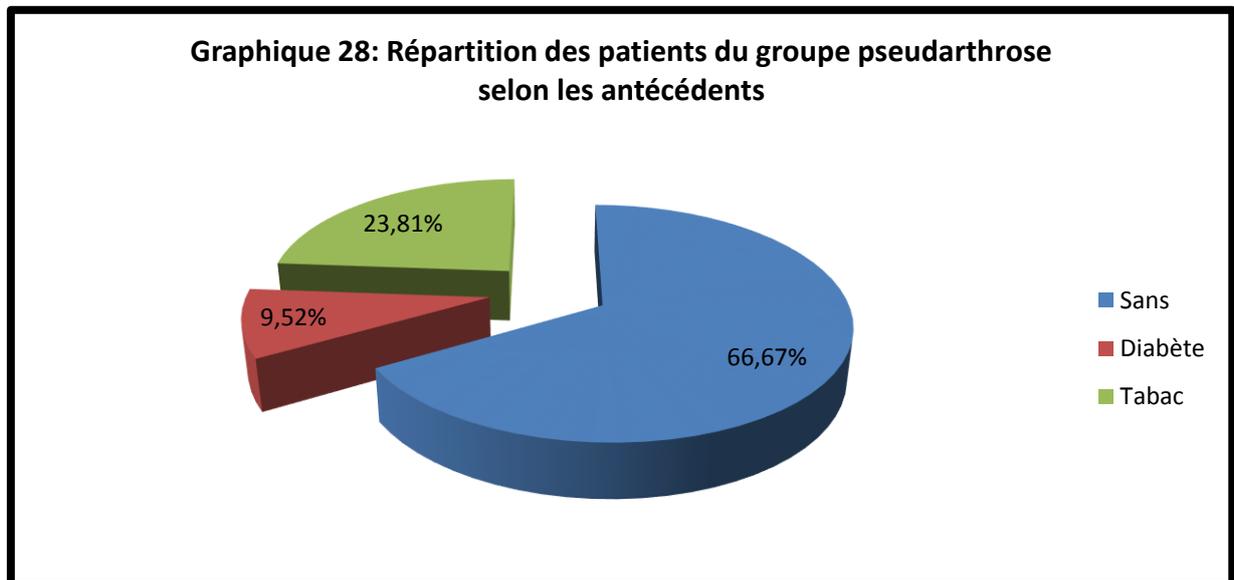


La pseudarthrose a intéressé le côté droit chez 11 cas soit 52.38%, et le côté gauche chez 10 cas soit 47.62%.

**3.2.2.4. Les antécédents :**

Les antécédents	Sans ATCDS	Diabète	Tabac	Total
Nombre	<b>14</b>	<b>02</b>	<b>5</b>	<b>21</b>
Taux %	<b>66,67</b>	<b>9,53</b>	<b>23,80</b>	<b>100</b>

**Tableau 33 : Répartition des patients du groupe pseudarthrose selon les antécédents**



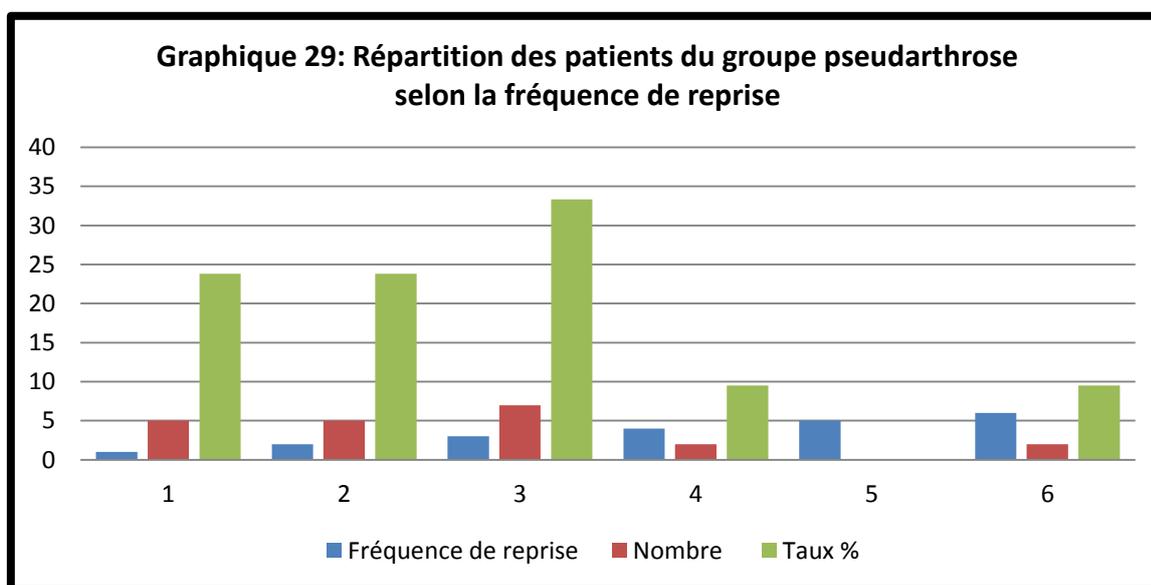
Dans ce groupe, 05 patients sont des tabagiques chroniques (23.80%), et 2 diabétiques (9.53%).

### 3.2.3.5. Les interventions préalables :

Nombre de reprise :

Fréquence de reprise	01	02	03	04	05	06	Total
Nombre	05	05	07	02	00	02	21
Taux %	23,81	23,81	33,34	09,52	00	09,52	100

**Tableau 34 : Répartition des patients du groupe PSD selon le nombre de reprise**



Dans notre série on a retrouvé :

05 cas repris une seule fois soit 23.81%

05 cas repris deux fois soit 23.81 %

07 cas repris trois fois soit 23.81 %

02 cas repris quatre fois soit 9.52 %

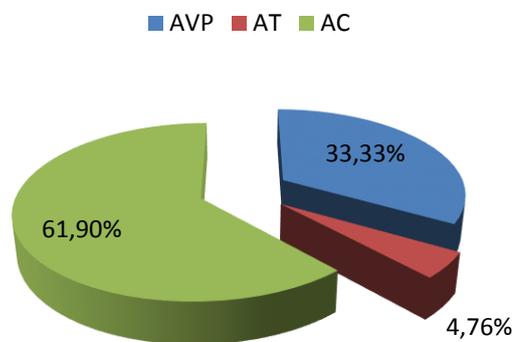
02 cas repris six fois soit 9.52 %

**3.2.2.6. Étiologie du traumatisme initial :**

Étiologie du traumatisme initial	AVP	AT	AC	TOTAL
Nombre	07	01	13	21
Taux %	33.33	4.77	61.90	100

**Tableau 35 : Répartition des patients du groupe pseudarthrose selon l'étiologie du traumatisme initial**

**Graphique 30: Répartition des patients du groupe pseudarthrose selon l'étiologie du traumatisme initial**

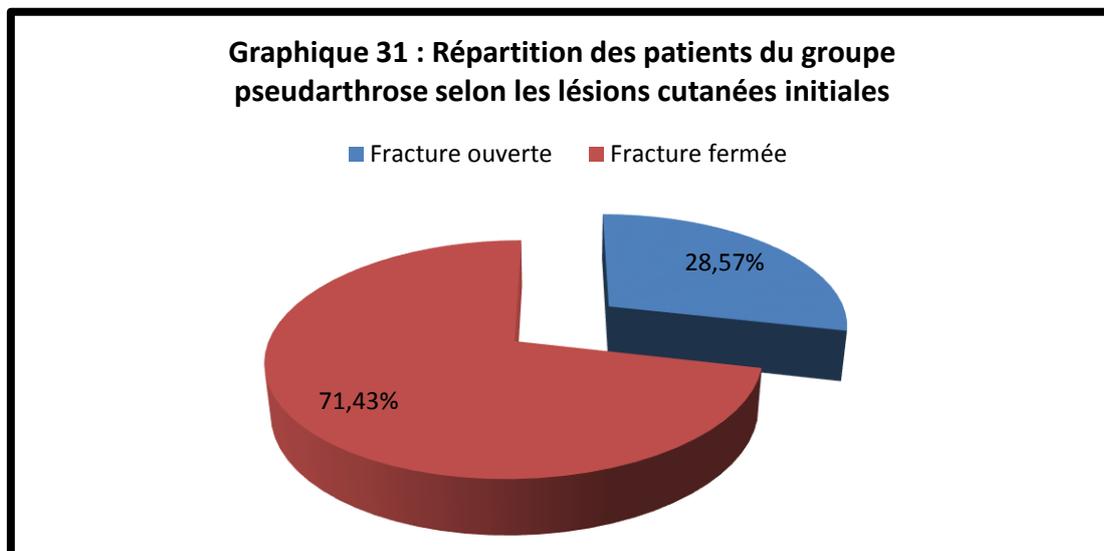


Les accidents de la circulation dominaient les étiologies du traumatisme initial, ils étaient retrouvés dans 61.90 % des cas suivie des accidents de la voie publique dans 33.33 % des cas cependant l'accident du travail n'était pas négligeable (Tableau)

**3.2.2.7. Lésions cutanées initiales :**

Lésions cutanées initiales	Fracture ouverte	Fracture fermée	TOTAL
Nombre	06	15	21
Total	28.57	71.43	100

**Tableau 36 : Répartition des patients du groupe pseudarthrose selon  
Les lésions cutanées initiales**

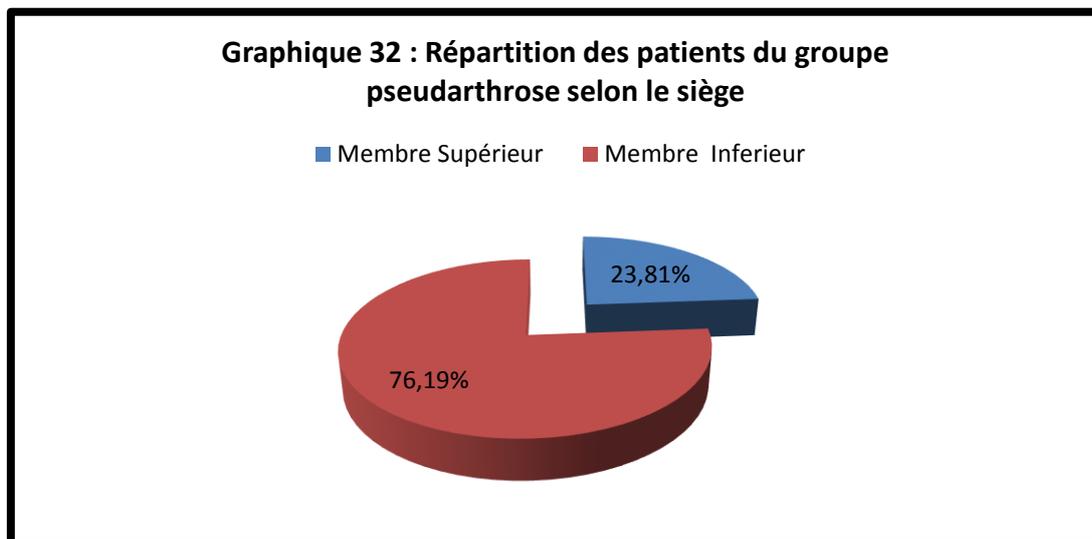


Parmi les cas étudiés nous avons relevé 06 cas de fractures ouvertes (sans perte de substance cutanée) soit un taux de 28.57 %

**3.2.2.8. Le siège :**

Siege	Membre Supérieur	Membre Inferieur	Total
Nombre	05	16	21
Taux %	23.80	76.20	100

**Tableau 37 : Répartition des patients du groupe pseudarthrose selon le siège**

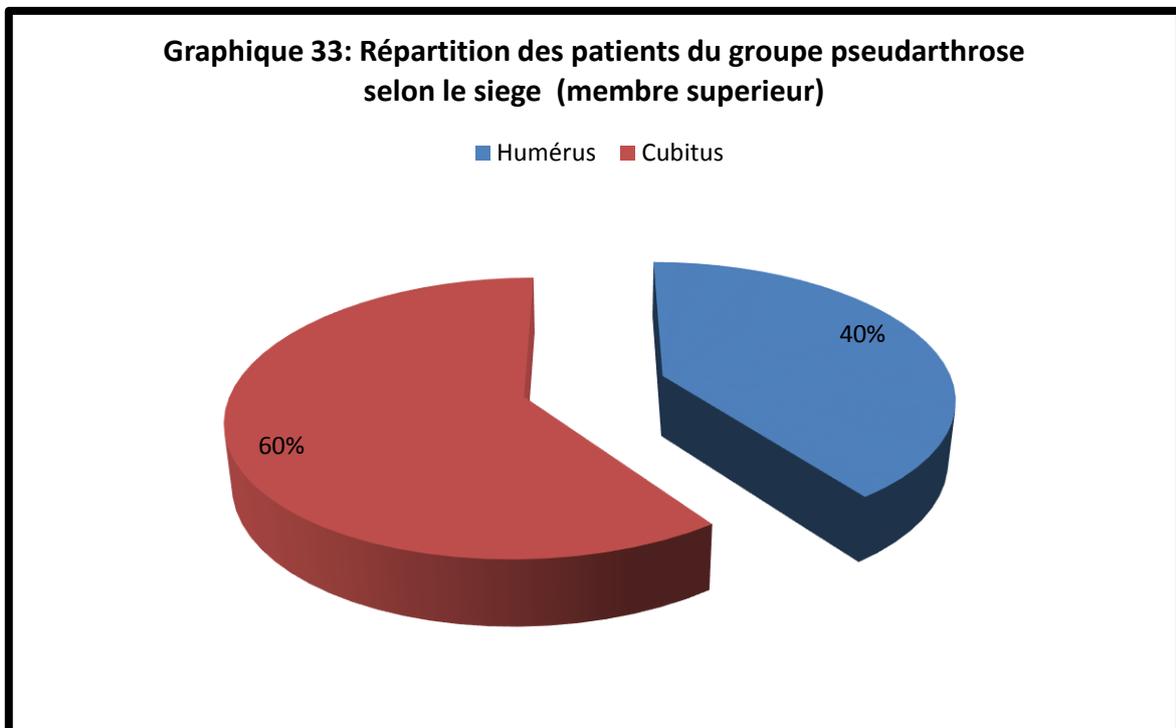


La pseudarthrose a intéressé le membre supérieur dans 05 cas, le membre inférieur dans 16 cas

➤ **Membre supérieur :**

Le siège (membre supérieur)	Humérus	Cubitus	Total
Nombre	02	03	05
Total	40	60	100

**Tableau 38 : Répartition des patients du groupe pseudarthrose selon  
Le siège (membre supérieur)**

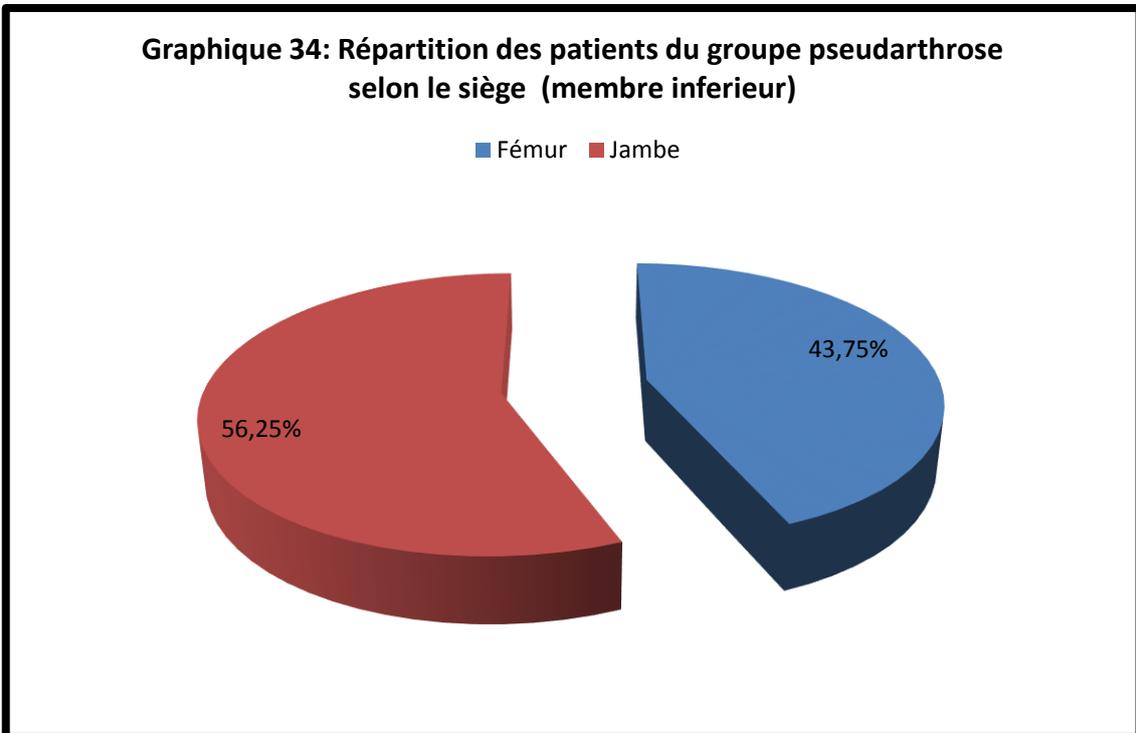


La pseudarthrose a intéressé l'humérus dans 2 cas, cubitus dans 3 cas

➤ **Membre inférieur :**

<b>Le siège (membre inférieur)</b>	<b>Fémur</b>	<b>Jambe</b>	<b>Total</b>
<b>Nombre</b>	<b>07</b>	<b>09</b>	<b>16</b>
<b>Total</b>	<b>43.75</b>	<b>56.25</b>	<b>100</b>

**Tableau 39 : Répartition des patients du groupe pseudarthrose selon le siège (membre inférieur)**

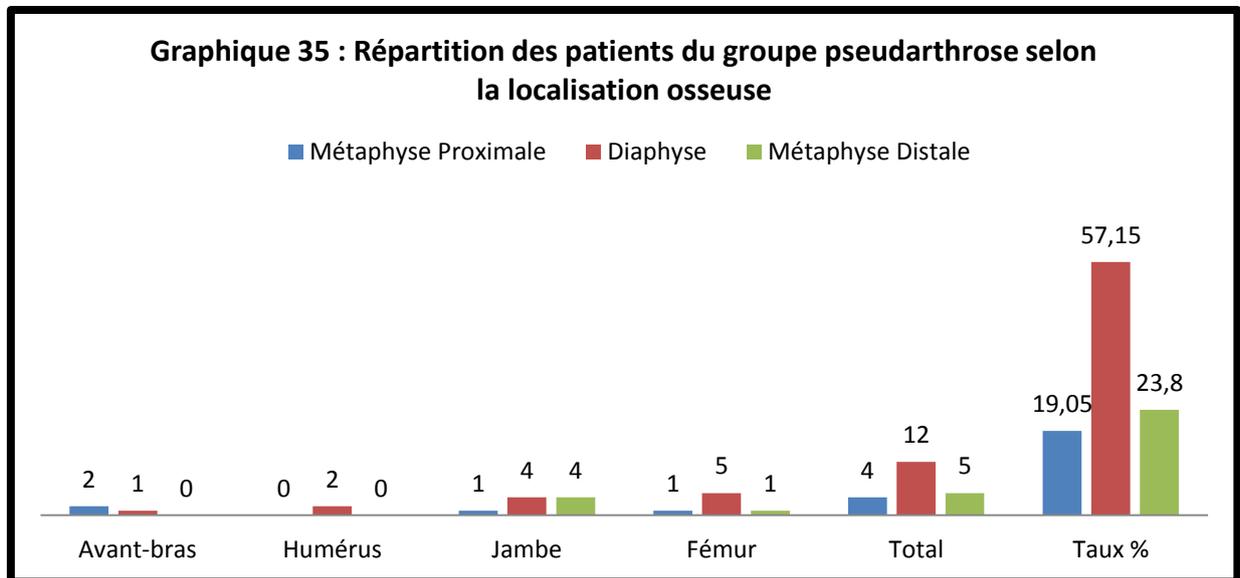


La pseudarthrose a intéressé le fémur dans 7 cas, la jambe dans 9 cas.

**3.2.2.9. Localisation osseuse de la pseudarthrose :**

Localisation osseuse	Métaphyse Proximale	Diaphyse	Métaphyse Distale	Total
Avant-bras	2	1	00	03
Humérus	00	02	00	02
Jambe	1	4	4	09
Fémur	1	5	1	07
<b>Total</b>	<b>04</b>	<b>12</b>	<b>5</b>	<b>21</b>
<b>Taux %</b>	<b>19.05</b>	<b>57.15</b>	<b>23.80</b>	<b>100</b>

**Tableau 40 : Répartition des patients du groupe pseudarthrose selon la localisation osseuse**

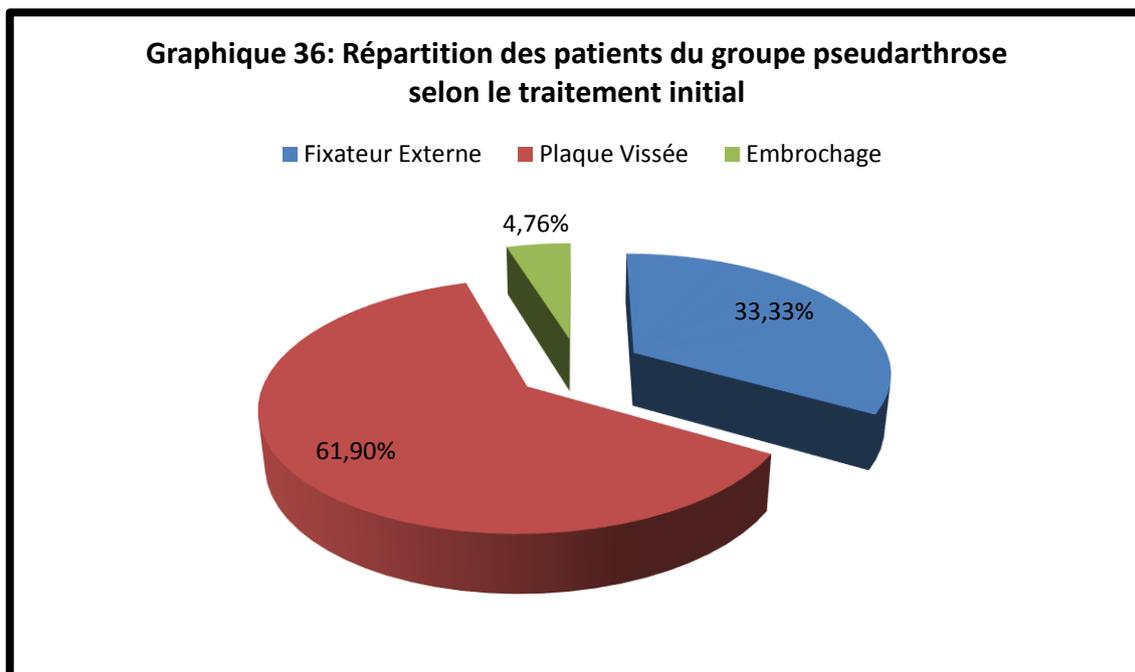


On note une nette prédominance des pseudarthroses dans la région diaphysaire des os long 57.15 %

**3.2.2.10. Traitement initial :**

Traitement initial	Fixateur Externe	Plaque Vissée	Embrochage	Total
Nombre	07	13	01	21
Taux %	33.33	61.90	4.77	100

**Tableau 41 : Répartition des patients du groupe pseudarthrose selon le traitement initial**



Tous nos patients ont bénéficié de traitement chirurgical lors de la prise en charge de leur fracture initiale.

Le traitement a été réparti en :

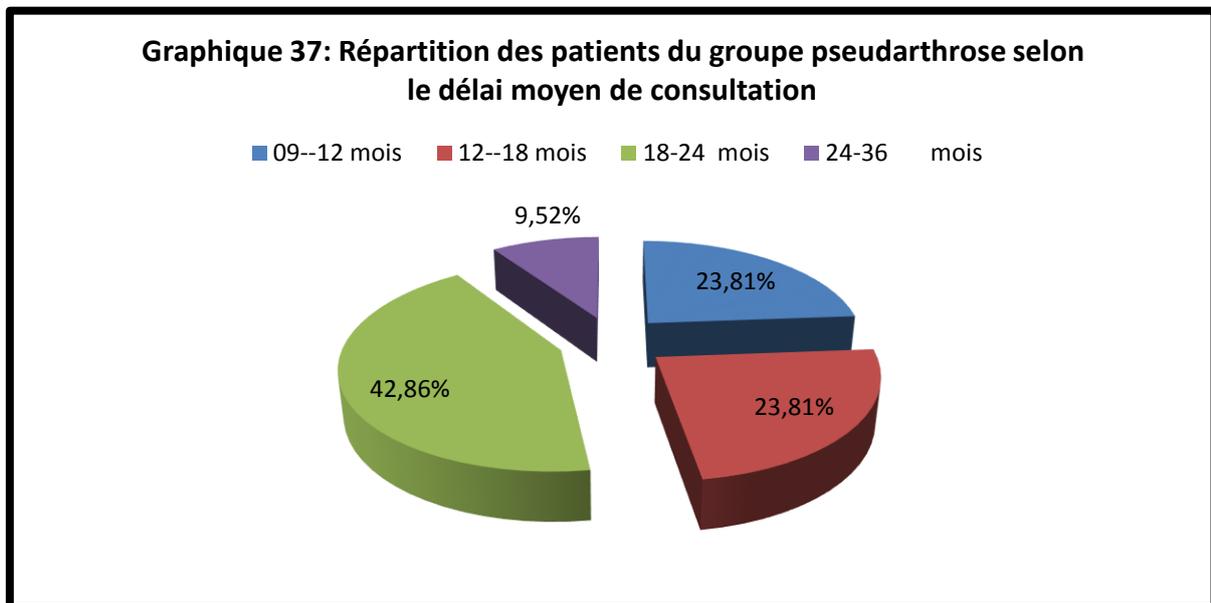
- Plaque vissée : 13 cas soit 61.90 %.
- Fixateur externe : 07 cas soit 33.33 %.
- Embrochage : 01 cas soit 4.77 %

**3.2.2.11. Délai moyen de consultation :**

(Délai entre l'accident initial et la reconstruction osseuse par allogreffe)

Délai moyen de consultation	9-12 mois	12-18 mois	18-24 mois	24-36 mois	Total
Nombre	05	05	09	2	21
Taux %	23.81	23.81	42.85	9.53	100

**Tableau 42 : Répartition des patients du groupe pseudarthrose selon le délai moyen de consultation**

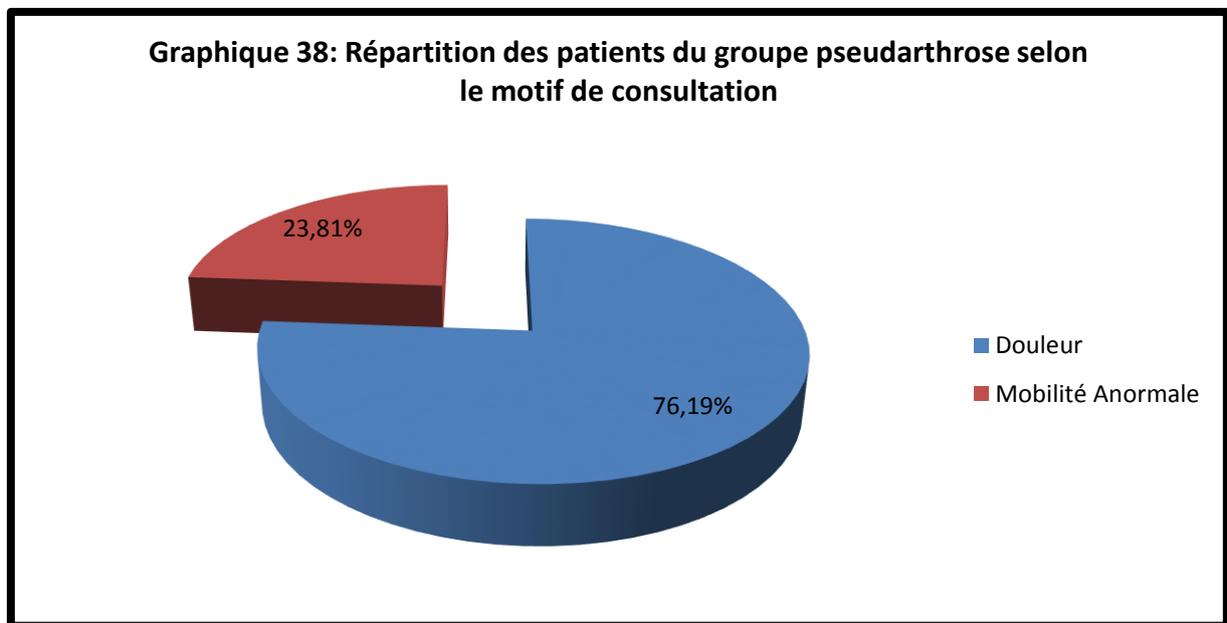


Délai entre l'accident initial et la reconstruction osseuse par allogreffe était de 18.6 mois avec des extrêmes allant de 9 à 36 mois.

**3.2.2.12. Clinique (motif de consultation) :**

Clinique (motif de consultation)	Douleur	Mobilité Anormale	Total
Nombre	16	05	21
Taux %	76.20	23.80	100

**Tableau 43 : Répartition des patients du groupe pseudarthrose selon le motif de consultation**



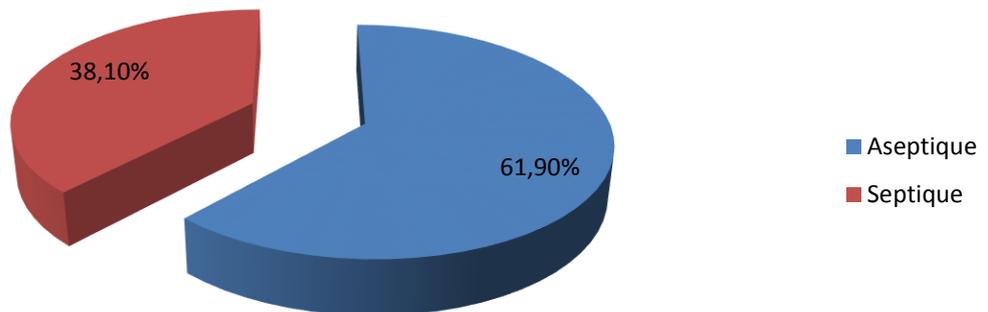
La douleur était le signe majeur dans notre série, elle a été objectivée chez 16 cas soit 76.20 % des patients, la mobilité anormal a été retrouvé dans 5 cas soit 23.80.

**3.2.2.13. Type de pseudarthrose :**

Type de pseudarthrose	Aseptique	Septique	Total
Nombre	13	08	21
Taux %	61,90	38,10	100

**Tableau 44 : Répartition des patients du groupe pseudarthrose selon le type de pseudarthrose**

**Graphique 39 : Répartition des patients du groupe pseudarthrose selon le type de pseudarthrose**



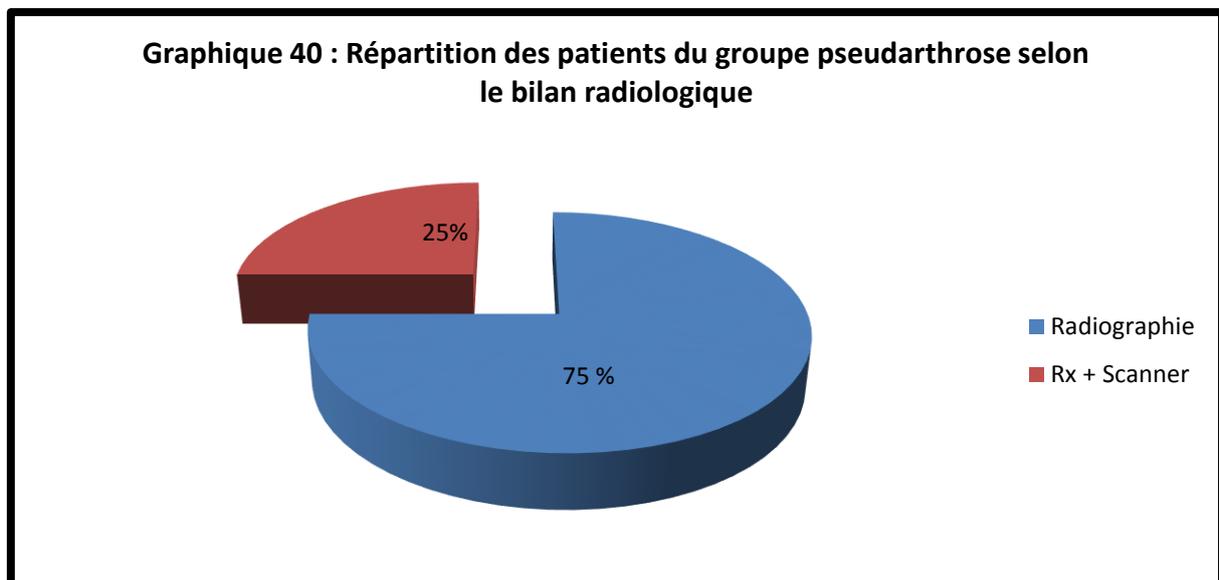
Les types de pseudarthrose retrouvés chez nos patients se répartissaient comme suit :

- Pseudarthrose septique : 08 cas soit 38.10%
- Pseudarthrose aseptique : 13 cas soit 61.90 %

**3.2.2.14. Radiologie :**

<b>Bilan radiologique</b>	<b>Radiographie</b>	<b>Rx + Scanner</b>	<b>Total</b>
<b>Fréquence</b>	<b>21</b>	<b>07</b>	<b>28</b>
<b>Taux %</b>	<b>75</b>	<b>25</b>	<b>100</b>

**Tableau 45 : Répartition des patients du groupe pseudarthrose selon le bilan radiologique**



Les radiographies de la jambe face et profil ont été réalisées chez tous nos malades, le scanner pour 7 cas.

### 3.2.2.15. Classification :

#### Classification de CATAGNI et PALEY :

L'appréciation de l'étendue de la perte de substance segmentaire telle qu'elle peut se mesurer sur les radiographies ne peut être qu'apparente. En effet il peut s'y associer un raccourcissement global du membre. La classification de Catagni&Paley permet l'appréciation réelle de cette étendue [88]

Type A : perte de substance segmentaire inférieure à 1 cm

A 1 : foyer mobile

A 2 : foyer non mobile

A 2-1 : sans déformation

A 2-2 : avec déformation fixée

Type B : perte de substance segmentaire supérieure à 1 cm.

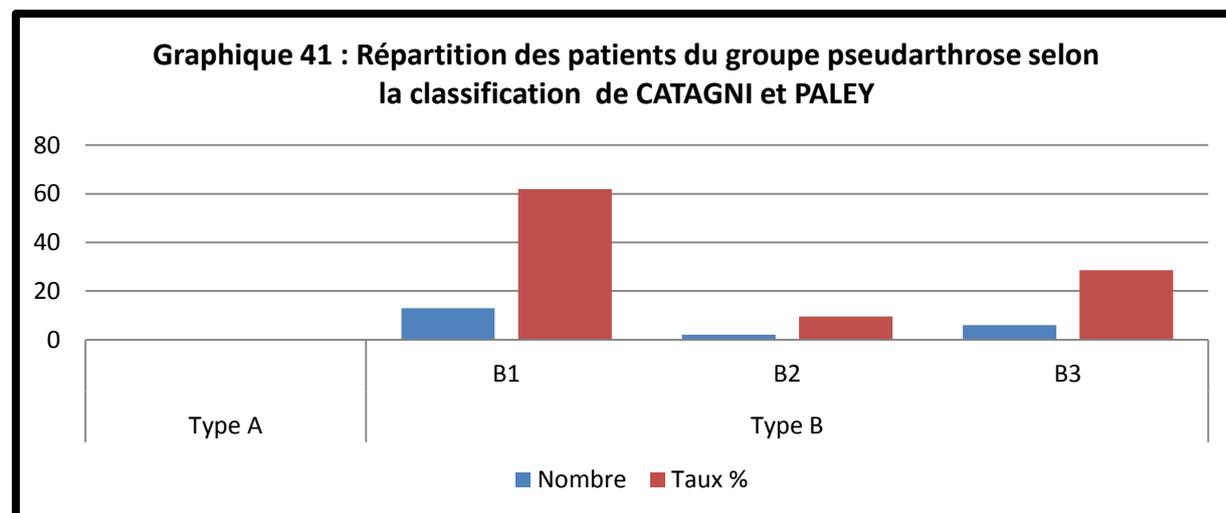
B 1 : perte de substance osseuse sans raccourcissement

B 2 : pas de perte de substance osseuse apparente, mais raccourcissement

B 3 : perte de substance osseuse associée à un raccourcissement

Types	Type A	Type B			Total
		B 1	B 2	B 3	
<b>Nombre</b>	<b>00</b>	<b>13</b>	<b>02</b>	<b>06</b>	<b>21</b>
<b>Taux %</b>	<b>00</b>	<b>61.90</b>	<b>9.52</b>	<b>28.58</b>	<b>100</b>

**Tableau 46 : Répartition des patients du groupe pseudarthrose  
Selon la Classification de CATAGNI et PALEY**



Dans le groupe des pseudarthroses :

61.90 % de nos patients présentent de perte de substance osseuse sans raccourcissement B1

9.52 % ne présentent pas de perte de substance osseuse apparente, mais raccourcissement(B2)

28.58 % présentent une perte de substance osseuse associée à un raccourcissement (B3)

### 3.2.2.16. Perte de substance osseuse :

Il est apparu utile de distinguer entre définition et caractérisation de la PSO. La définition s'applique aux trois catégories de la classification de Paley et Catagnides pseudarthroses avec perte de substance qui relèvent du type B. Cette classification a le mérite de la simplicité, elle est utile pour les grandes orientations stratégiques. En revanche, elle manque de finesse pour les indications spécifiques. [88]

Nous avons donc caractérisé les PSO selon deux types

La caractérisation de la PSO a été faite à partir de deux mesures, un sur le cliché de face et un autre sur le cliché de profil.

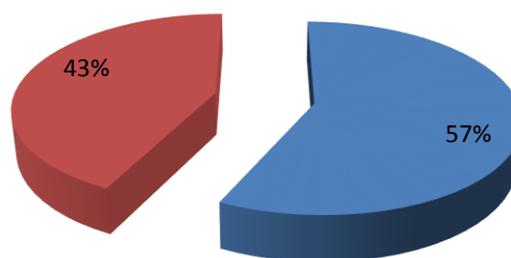
Les corrections ont été faites en fonction de l'agrandissement radiographique.

<b>Perte de substance osseuse</b>	<b>Type 1 2-5 cm</b>	<b>Type 2 5-10 cm</b>	<b>TOTAL</b>
<b>nombre</b>	<b>12</b>	<b>09</b>	<b>21</b>
<b>Taux %</b>	<b>57.14</b>	<b>42.86</b>	<b>100</b>

**Tableau 47 : Répartition des patients du groupe pseudarthrose selon la perte de substance osseuse**

**Graphique 42: Répartition des patients du groupe pseudarthrose selon la perte de substance osseuse**

■ Type 1 2-5 cm   ■ Type 2 5-10 cm



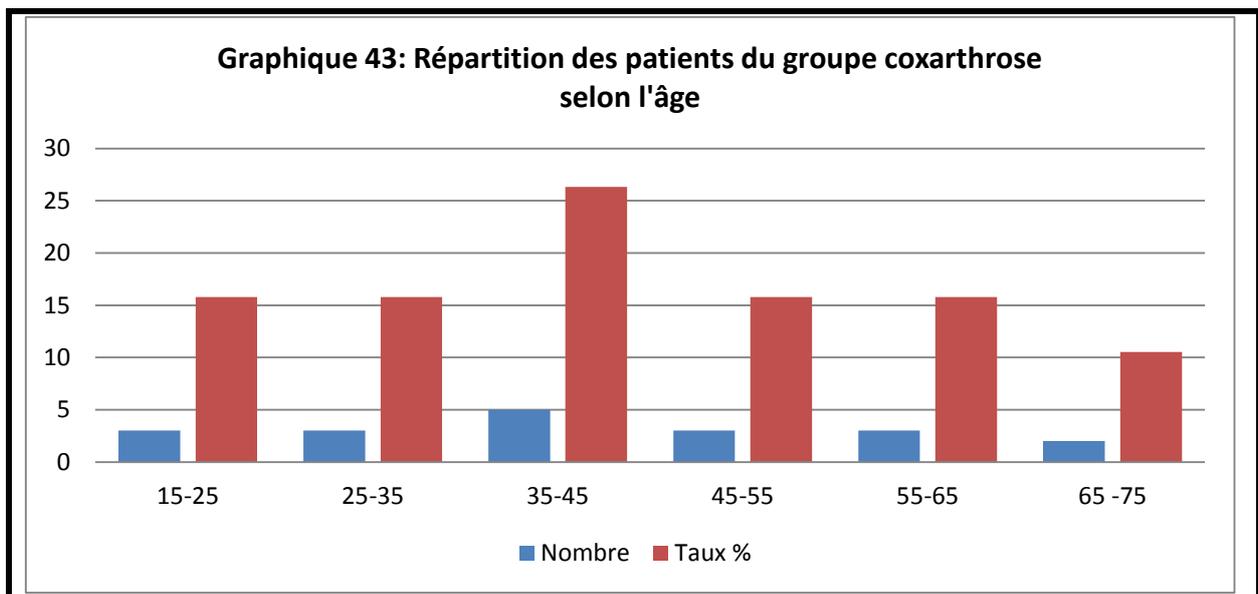
On note que 12 cas (57.14%) de nos patients présentent de perte de substance entre 2 et 05cm, 09 cas (42.86) entre 5 et 10 cm avec une moyenne de 4.5 cm.

### 3.2.3. GROUPE COXARTHROSE

#### 3.2.3.1. Age :

Age	15-25	25-35	35-45	45-55	55-65	65 -75	Total
Nombre	03	03	05	03	03	02	19
Taux %	15,79	15,79	26,32	15,79	15,79	10,52	100

**Tableau 48 : Répartition des patients du groupe coxarthrose selon l'âge**

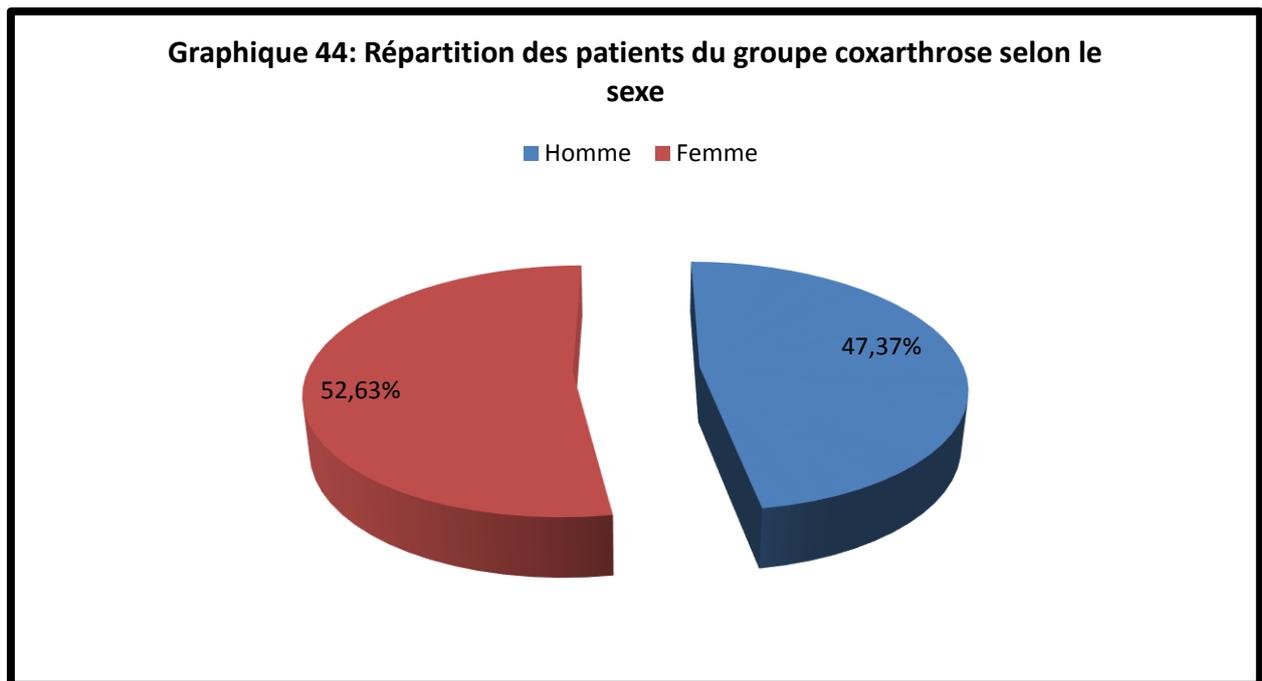


L'âge moyen de nos patients était de 43.5 ans avec des extrêmes 19 ans et de 75 ans

**3.2.3.2. Sexe :**

Sexe	Homme	Femme	Total
Nombre	09	10	19
Taux %	47,37	52,63	100

**Tableau 49 : Répartition des patients du groupe coxarthrose selon le sexe**

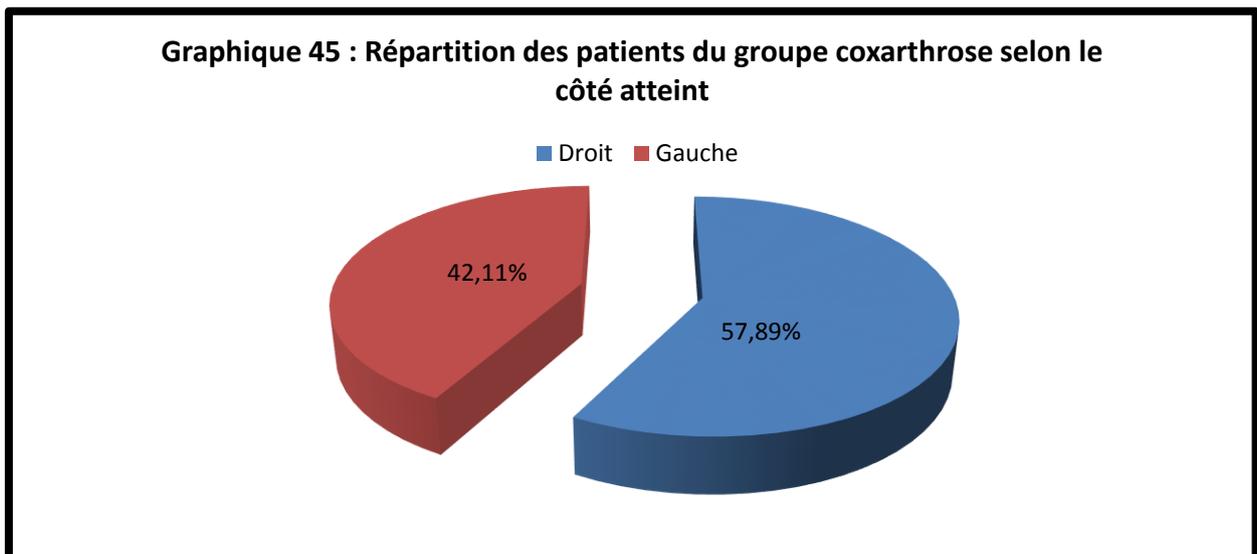


Dans notre série 52.63 % des patients étaient de sexe féminin, alors que les hommes représentaient 47,37 % des cas.

**3.2.3.3. Coté atteint :**

Coté atteint	Droit	Gauche	Total
Nombre	11	08	19
Taux %	57,90	42,10	100

**Tableau 50 : Répartition des patients du groupe coxarthrose selon le coté atteint**

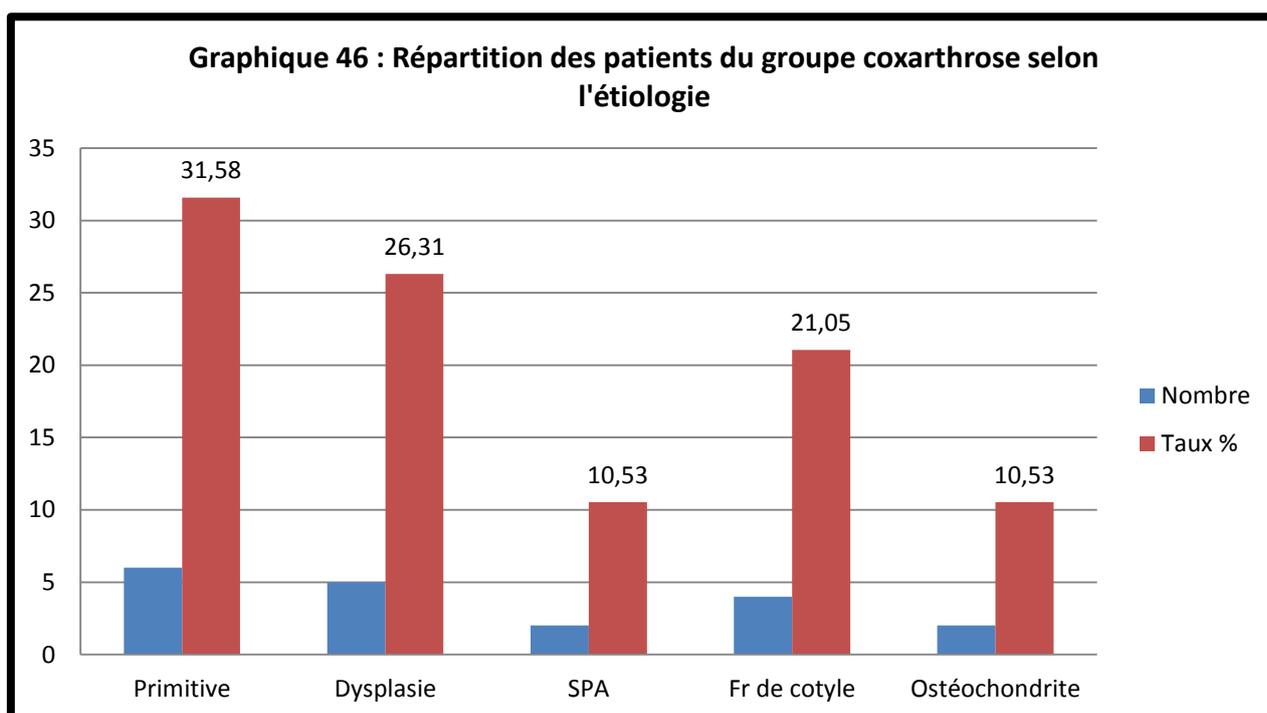


Dans notre étude 57.90 % des patients (11 patients) ont été opéré pour le côté droit, 42.10 % (08 patients) pour le côté gauche.

### 3.2.3.4. Étiologie :

Étiologie	Primitive	Dysplasie	SPA	Séquelles Fr de cotyle	séquelles d'ostéochondrite	Total
<b>Nombre</b>	<b>06</b>	<b>05</b>	<b>02</b>	<b>04</b>	<b>02</b>	<b>19</b>
<b>Taux %</b>	<b>31,58</b>	<b>26,31</b>	<b>10,53</b>	<b>21,05</b>	<b>10,53</b>	<b>100</b>

**Tableau 51 : Répartition des patients du groupe coxarthrose selon l'étiologie**



Dans notre série ; l'indication initiale de l'arthroplastie Total de hanche est dominée par la coxarthrose primitive, représentant 31.58 % de toutes les indications confondues.

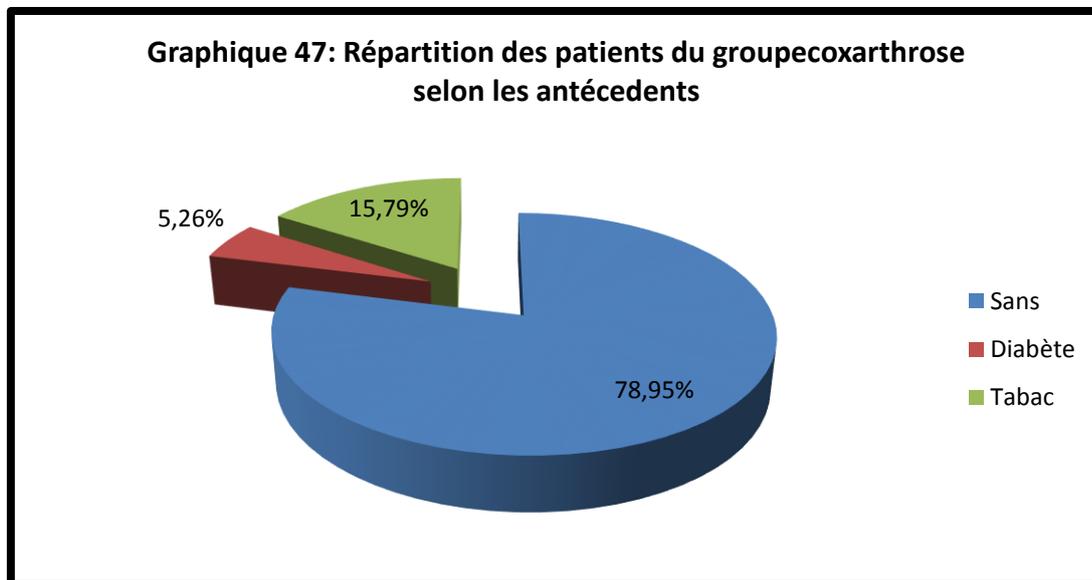
Les coxarthroses sur dysplasie viennent en second lieu avec 18,2 % des indications.

Les coxarthroses sur spondylarthrite ankylosante ou Ostéochondrite viennent après avec 2 cas pour chacune.

**3.2.3.5. Les antécédents :**

Les antécédents	Sans ANTCDS	Diabète	Tabac	Total
Nombre	15	01	03	19
Taux %	78,95	5,26	15,79	100

**Tableau 52 : Répartition des patients du groupe coxarthrose selon les antécédents**

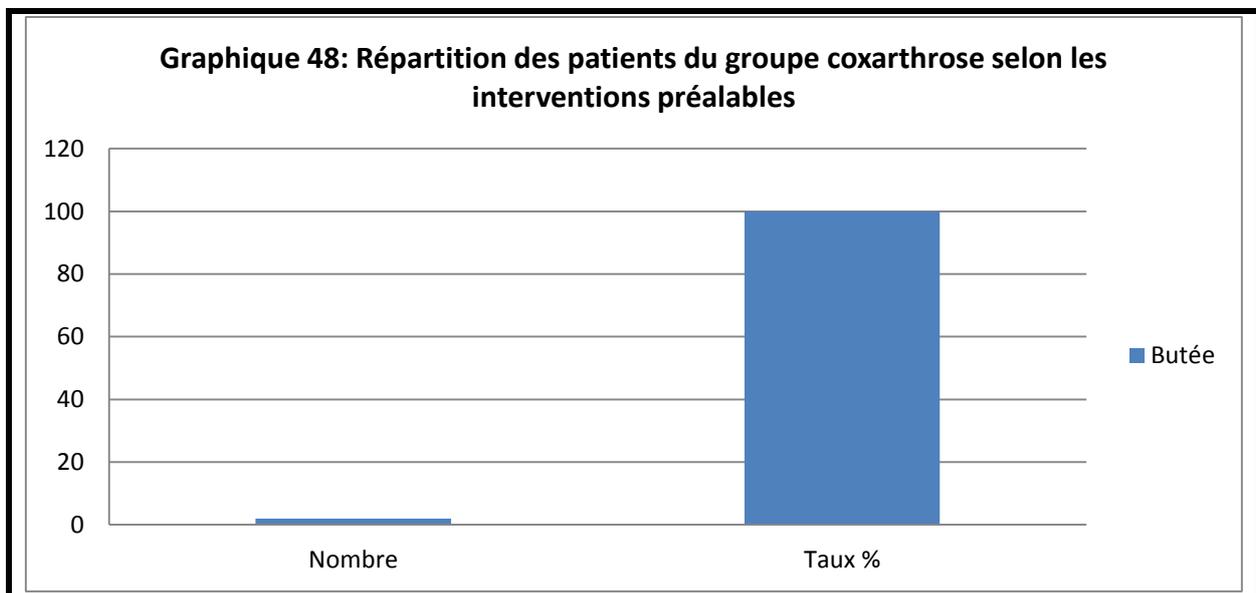


Dans ce groupe, 03 patients sont des tabagiques chroniques (15.79%), et 1 diabétique (5.27%).

**3.2.3.6. Les interventions préalables :**

<b>Préalables Interventions</b>	<b>Butée</b>	<b>TOTAL</b>
<b>Nombre</b>	<b>02</b>	<b>02</b>
<b>Taux %</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

**Tableau 53 : répartition des patients du groupe coxarthrose selon les interventions préalables**



02 patients ayant bénéficié d'une butée osseuse dans le cadre d'une dysplasie de la hanche

**3.2.3.7. Clinique :** La cotation de PMA préopératoire

**Score de Postel Merle d'Aubigné (pré opératoire) :**

Le score de Postel-Merle d'Aubigné, dont la publication remonte à 1954 est probablement le premier à avoir été publié par l'équipe de l'hôpital Cochin. Son intérêt est en partie dû à sa simplicité d'utilisation, avec la prise en compte de trois paramètres : la douleur, la marche et la mobilité [80]

Score	Douleur	Capacité de marche	Mobilité
0	Permanente et intense	Aucune	Ankylose et attitude vicieuse
1	Sévère, même nocturne	Avec 2 béquilles	☐ Faible et douloureuse
2	Sévère à la marche, ☐ restreint les activités	Avec 2 cannes	Moins de 40° de flexion
3	Douleur supportable avec ☐ activité limitée	Instabilité, une canne en permanence, boiterie ☐	Flexion entre 40 et 60°
4	Modérée, disparaît au ☐ repos	Une canne lors de longue marche	Flexion entre 60 et 80°, peut toucher son pied
5	Légère et inconstante, activité normale	Sans canne, mais légère boiterie	Flexion entre 80 et 90° et abduction de 15°
6	Aucune	Normale	Flexion > 90° et abduction supérieure à 30°

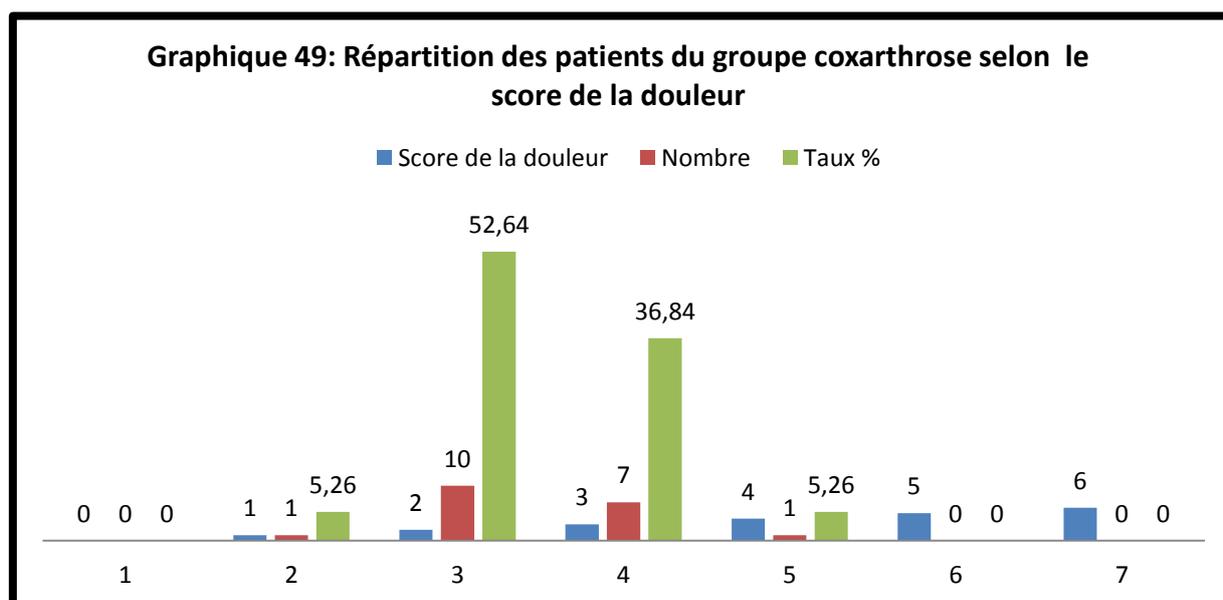
**Tableau 54 : Score de Postel Merle d'Aubigné**

Total Appréciation  
 18 excellent  
 17 Très bon  
 16, 15 Bon  
 14, 13 Passable  
 12, 11, 10 Médiocre  
 < 9 Mauvais

➤ Douleur :

Score de la douleur	0	1	2	3	4	5	6	Total
Nombre	00	01	10	07	01	00	00	19
Taux %	00	5,26	52,64	36,84	05,26	00	00	100

**Tableau 55 : Répartition des patients du groupe coxarthrose selon le score de la douleur**



Dans notre série :

01 cas est coté à 1 soit 5.26 %

10 cas sont cotés à 2 soit 52.64 %

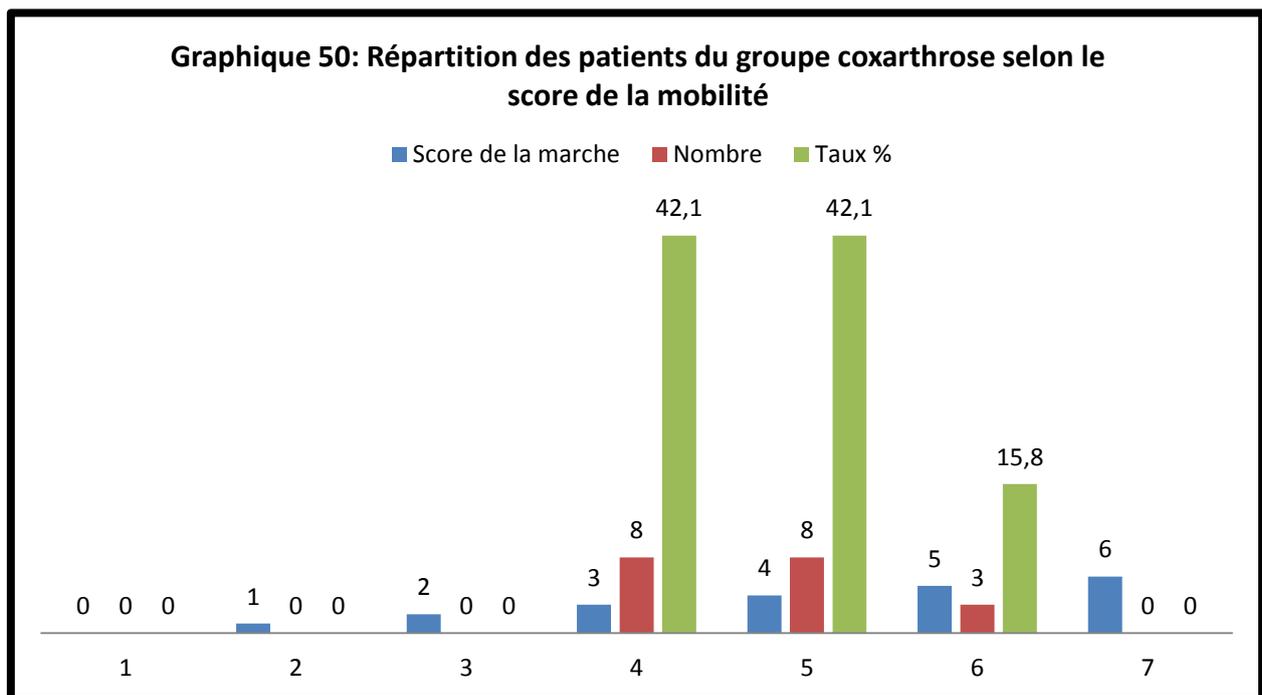
07 cas sont cotés à 3 soit 36.84 %

1 cas est coté à 4 soit 5.26 %

➤ **Mobilité :**

Score de la mobilité	0	1	2	3	4	5	6	Total
Nombre	00	02	05	08	04	00	00	19
Taux %	00	10,53	26,32	42,10	21,05	00	00	100

**Tableau 56 : Répartition des patients du groupe coxarthrose selon la mobilité**



La mobilité :

02 cas sont cotés à 1 soit 10.53 %

05 cas sont cotés à 2 soit 26.32 %

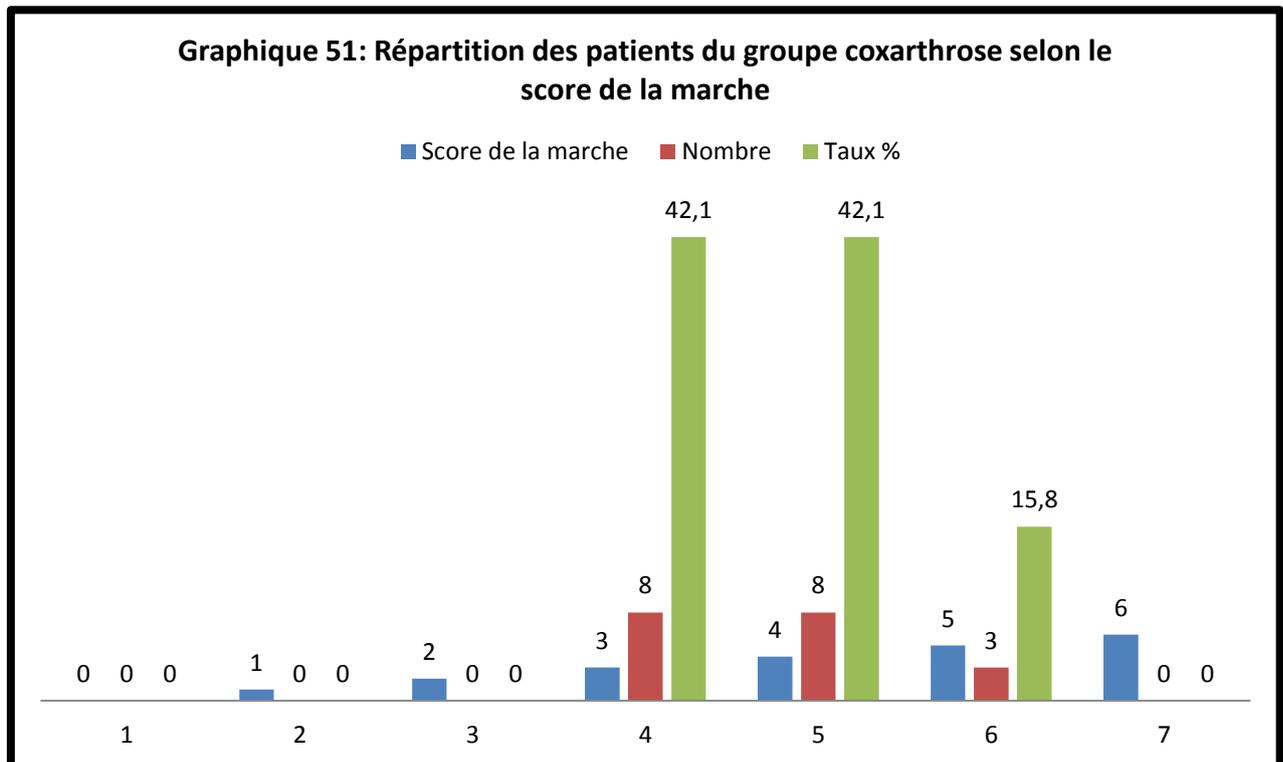
08 cas sont cotés à 3 soit 42.10 %

04 cas sont cotés à 4 soit 21.05 %

➤ **Marche :**

Score de la marche	0	1	2	3	4	5	6	Total
Nombre	00	00	00	08	08	03	00	19
Taux %	00	00	00	42,10	42,10	15,80	00	100

**Tableau 57 : Répartition des patients du groupe coxarthrose selon la marche**



La marche :

08 cas sont cotés à 3 soit 42.10 %

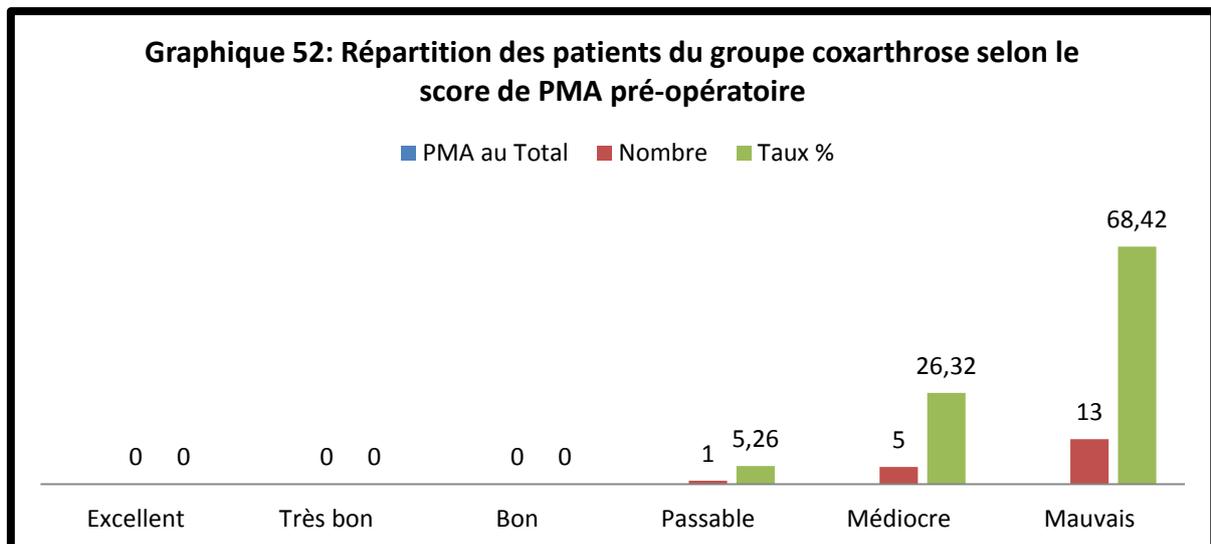
08 cas sont cotés à 4 soit 42.10 %

03 cas est coté à 5 soit 15.80 %

➤ **Score PMA au Total :**

Score PMA au Total	Excellent	Très bon	Bon	Passable	Médiocre	Mauvais	Total
<b>Nombre</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>01</b>	<b>05</b>	<b>13</b>	<b>19</b>
<b>Taux %</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>05,26</b>	<b>26,32</b>	<b>68,42</b>	<b>100</b>

**Tableau 58 : Répartition des patients du groupe coxarthrose selon le score de PMA (Pré opératoire)**



Dans notre série, l'évaluation du PMA préopératoire avait trouvé :

Un PMA préopératoire mauvais dans 13 hanches (68.42 %), dans 05 hanches il était médiocre (26.32 %), et passable dans une hanche (5.26 %).

### 3.2.3.8. Radiologie :

#### Classification de Kellgren et Lawrence (coxarthrose) : [80]

Il s'agit d'un score ordinal en quatre stades, évaluant la sévérité des atteintes radiologiques de la coxarthrose, prenant en compte l'existence d'ostéophytes, d'un pincement du cartilage articulaire et de celle d'une sclérose sous-chondrale.

Stade 0 : Aspect radiologique normal

Stade I : Pincement articulaire, ostéophytose péri-capitale douteuse

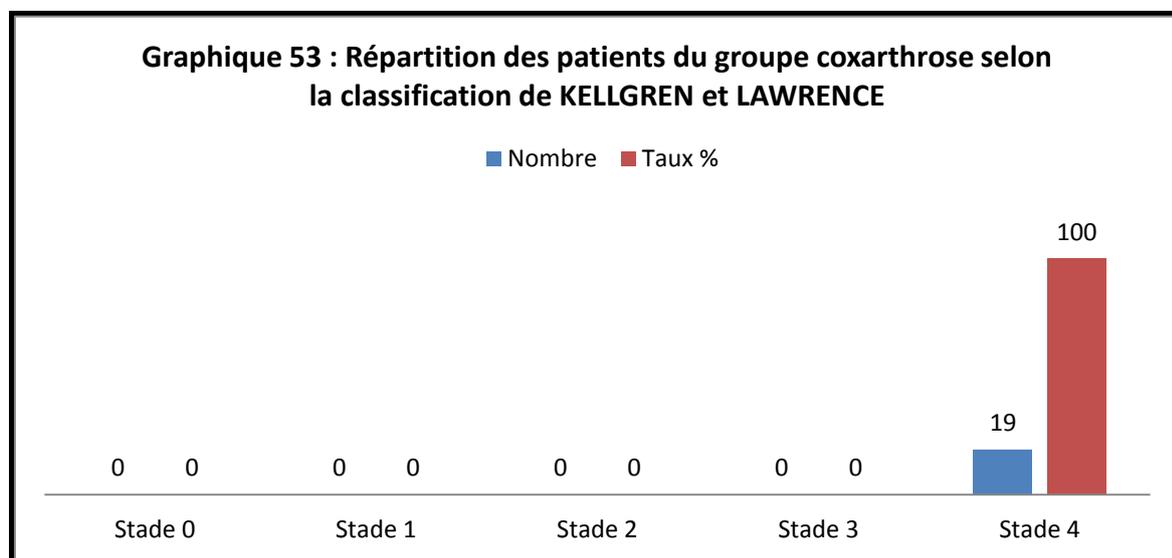
Stade II : Pincement articulaire, ostéophytose, sclérose osseuse modérée

Stade III : Pincement articulaire net avec discrète ostéophytose, sclérose osseuse avec kyste, déformation de la tête fémorale et de l'acétabulum minime

Stade IV : Disparition de l'espace articulaire avec sclérose osseuse et kyste, importante déformation de la tête fémorale et de l'acétabulum, avec ostéophytose majeure. [73]

Classification	Stade 0	Stade 1	Stade 2	Stade 3	Stade 4	Total
<b>Nombre</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>19</b>	<b>19</b>
<b>Taux %</b>	<b>00</b>	<b>000</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

**Tableau 59 : Répartition des patients du groupe coxarthrose selon la Classification de Kellgren et Lawrence**



Tous nos patients opérés présentaient une coxarthrose évolutive type IV

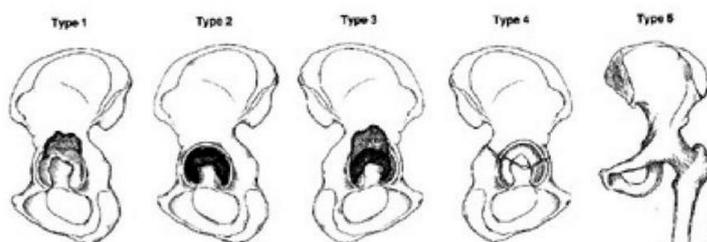
### 3.2.3.9. Perte de substance osseuse : Classification d'AAOS : [80]

D'Antonio a proposé une classification fondée sur la notion de perte de substance osseuse segmentaire ou cavitaire.

Elle vise à décrire les lésions acétabulaires et la perte de substance osseuse ;

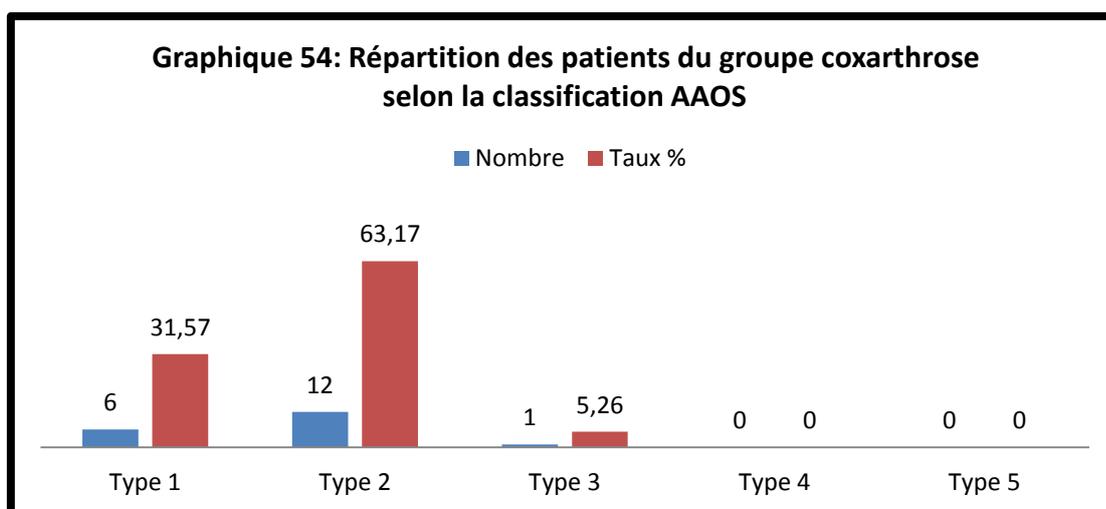
Elle comporte 5 stades :

- Type I : défaut segmentaire périphérique (supérieur, antérieur ou postérieur) ou central (mur médial absent) ;
- Type II : défaut cavitaire périphérique (supérieur, antérieur ou postérieur) ou central (mur médial intact) ;
- Type III : défauts combinés (formes mixtes) ;
- Type IV : discontinuité pelvienne (défaut intéressant les deux colonnes, séparation Total de l'acétabulum supérieur et inférieur) ;
- Type V : arthrodèse.



Classification AAOS	Type 1	Type 2	Type 3	Type 4	Type 5	Total
Nombre	06	12	01	00	00	19
Taux %	31,57	63,17	5,26	00	00	100

**Tableau 60 : Répartition des patients du groupe coxarthrose selon la classification AAOS**



Le défaut osseux était cavitaire dans 12 cas (63.17%), segmentaire dans 6 cas (31.57%), et mixte dans un seul cas (5.26%).

## **IV. TRAITEMENT :**

### **4.1. Information du patient : consentement du patient**

La chirurgie de l'allogreffe est une chirurgie lourde et grevée de certaines complications ; le consentement du patient doit donc être obtenu avant l'intervention, et c'est le chirurgien orthopédiste, en tant que professionnel de santé qui explique au patient l'intervention et ses risques. (Annexe N°

### **4.2. Étude d'opérabilité :**

**Étude clinique et para clinique :** Tous nos patients ont bénéficié :

- D'un examen clinique complet à la recherche d'une pathologie sous-jacente pouvant contre indiquer l'acte chirurgical.
- D'un examen para clinique comportant :
  - Un bilan biologique standard ;
  - Une radiographie thoracique de face ;
  - Un électrocardiogramme.
- D'autres consultations spécialisées et examens para-cliniques spécifiques ont été réalisés selon la nécessité.

### **4.3. Technique Chirurgicale :**

#### **4.3.1. La Préparation du malade :**

Tous nos patients ont bénéficié d'une préparation locale qui a consisté en un rasage du membre a opéré et désinfection cutanée de la région opératoire a la Bétadine.

Un garrot pneumatique à la racine du membre supérieur ou inférieur a été utilisé chez 46 de nos patients :

- 23 fois au membre sup
- 23 fois au membre inferieur

#### 4.3.2. Type d'anesthésie :

Le type d'anesthésie est laissé au choix de médecin anesthésiste en fonction du bilan préopératoire, l'âge physiologique du patient, des tares associées et le geste chirurgical.

Parmi nos 80 patients :

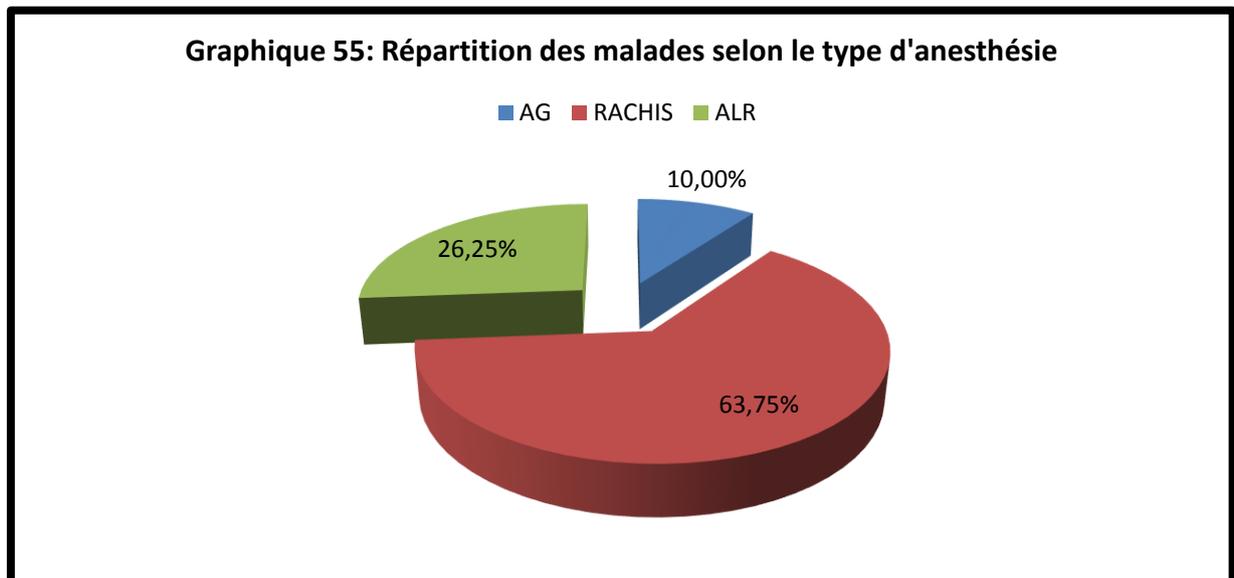
08 ont été opérés sous anesthésie générale,

51 sous rachis anesthésie,

21 sous anesthésie locorégionale (ALR) (51 sous rachis anesthésie, 21 sous AVR )

Type d'anesthésie	AG	RACHIS	AVR	Total
<b>Nombre</b>	<b>08</b>	<b>51</b>	<b>21</b>	<b>80</b>
<b>Taux %</b>	<b>10</b>	<b>63,75</b>	<b>26,25</b>	<b>100</b>

**Tableau 61 : Répartition des malades selon le type d'anesthésie**



Parmi nos 80 patients :

08 ont été opérés sous anesthésie générale,

51 sous rachis anesthésie,

21 sous (AVR)

#### 4.3.3. Installations :

Pour le groupe coxarthrose tous nos patients ont été opéré en décubitus latéral controlatéral, avec un appui sacré et pubien permettant de stabiliser le patient au cours de l'acte chirurgical.

Pour les deux autres groupes l'installation du malade dépend de la voie d'abord qui a été choisie.

#### 4.3.4. Voie d'abord :

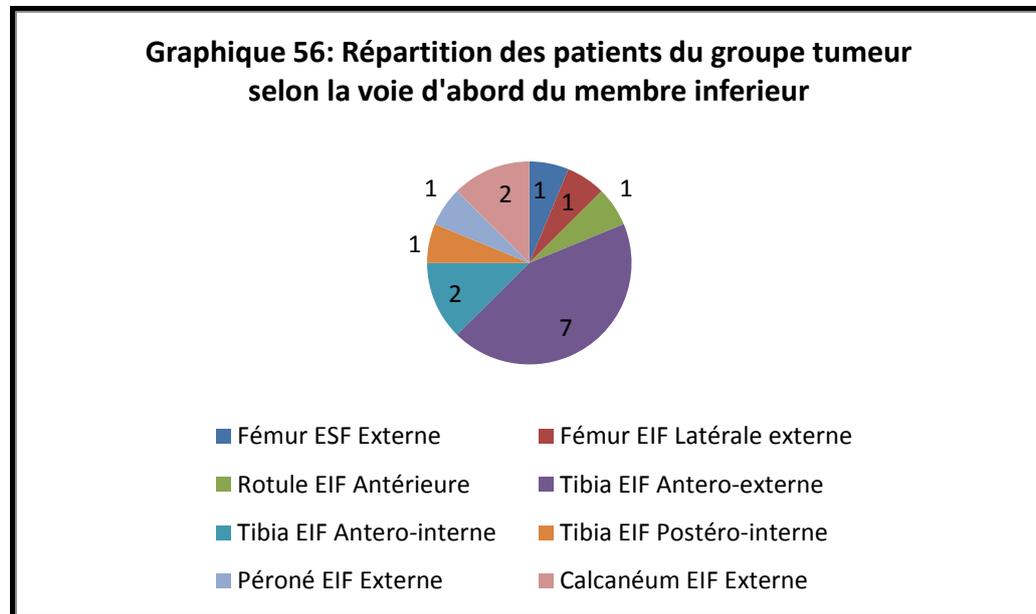
Le choix de la voie d'abord est essentiel. Elle est facile lorsque la peau est de bonne qualité, sans intervention préalable. Dans ce cas, c'est la technique choisie qui conditionne la voie d'abord. Elle est parfois difficile du fait de l'état trophique de la peau. Dans ce cas, plus que la technique c'est le risque cutané ou vasculaire qui conditionne la voie d'abord.

##### 4.3.4.1. Les Voie d'abord de groupe tumeur :

➤ **Membre inférieur :**

Siege		Voie d'abord	Fréquence	Taux %
Fémur	ESF	Externe	01	6,25
	EIF	Latérale externe	01	6,25
Rotule		Antérieure	01	6,25
Tibia		Antéro-externe	07	43,75
		Antéro-interne	02	12,50
		Postéro-interne	01	6,25
Péroné		Externe	01	6,25
Calcaneum		Externe	02	12,50
<b>Total</b>			<b>16</b>	<b>100</b>

**Tableau 62 : Répartition des patients du groupe tumeur selon la voie d'abord (Membre inférieur)**



On a utilisé :

Pour le fémur : La voie externe 02 fois

Pour la jambe : la voie antéro externe est le plus utilisé 7 fois, suivie de la voie antero interne 2 fois puis la voie postéro interne une fois, Pour le péroné on a utilisé la voie externe une fois

Pour le calcaneum : la voie externe une fois

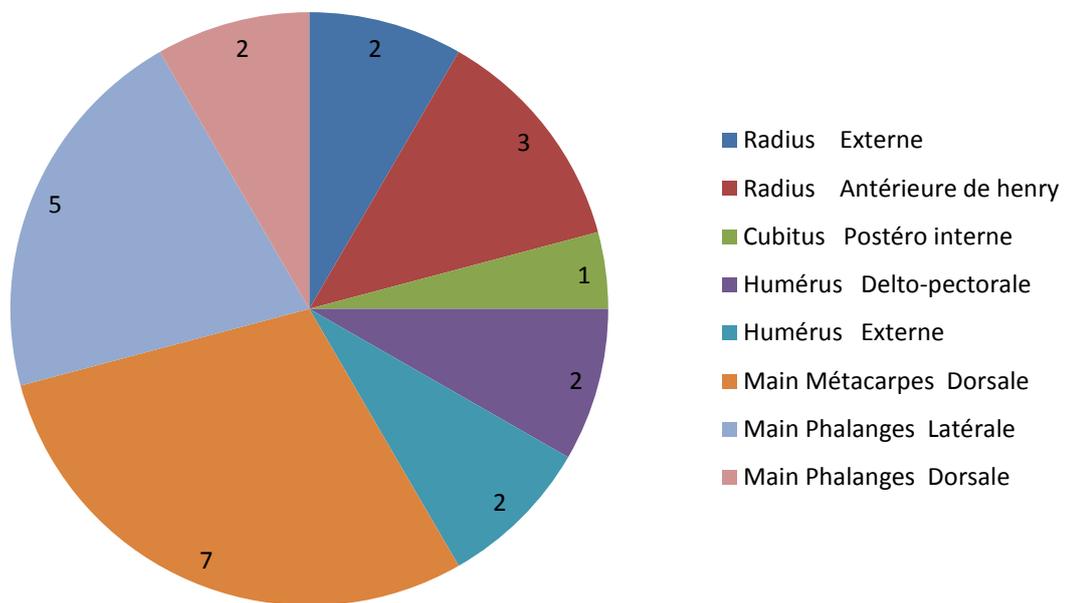
Pour la rotule la voie antérieure une fois

➤ **Membre supérieur :**

Siege		Voie d'abord	Fréquence	Taux %
<b>Radius</b>		<b>Externe</b>	<b>02</b>	<b>8,33</b>
		<b>Antérieure de henry</b>	<b>03</b>	<b>12,5</b>
<b>Cubitus</b>		<b>Postéro interne</b>	<b>01</b>	<b>04,16</b>
<b>Humérus</b>		<b>Delto-pectorale</b>	<b>02</b>	<b>8,33</b>
		<b>Externe</b>	<b>02</b>	<b>8,33</b>
<b>Main</b>	<b>Métacarpes</b>	<b>Dorsale</b>	<b>07</b>	<b>29,16</b>
	<b>Phalanges</b>	<b>Latérale</b>	<b>05</b>	<b>20,83</b>
		<b>Dorsale</b>	<b>02</b>	<b>8,33</b>
<b>Total</b>			<b>24</b>	<b>100</b>

**Tableau 63 : Répartition des patients du groupe tumeur  
Selon la voie d'abord (Membre supérieur)**

**Graphique 57: Répartition des patients du groupe tumeur selon la  
voie d'abord membre supérieur**



On a utilisé :

Pour le radius la voie externe deux fois et la voie antérieure deux fois

Pour le cubitus : la voie postéro interne deux fois

Pour l'humérus : la voie externe deux fois, la delto pectorale deux fois

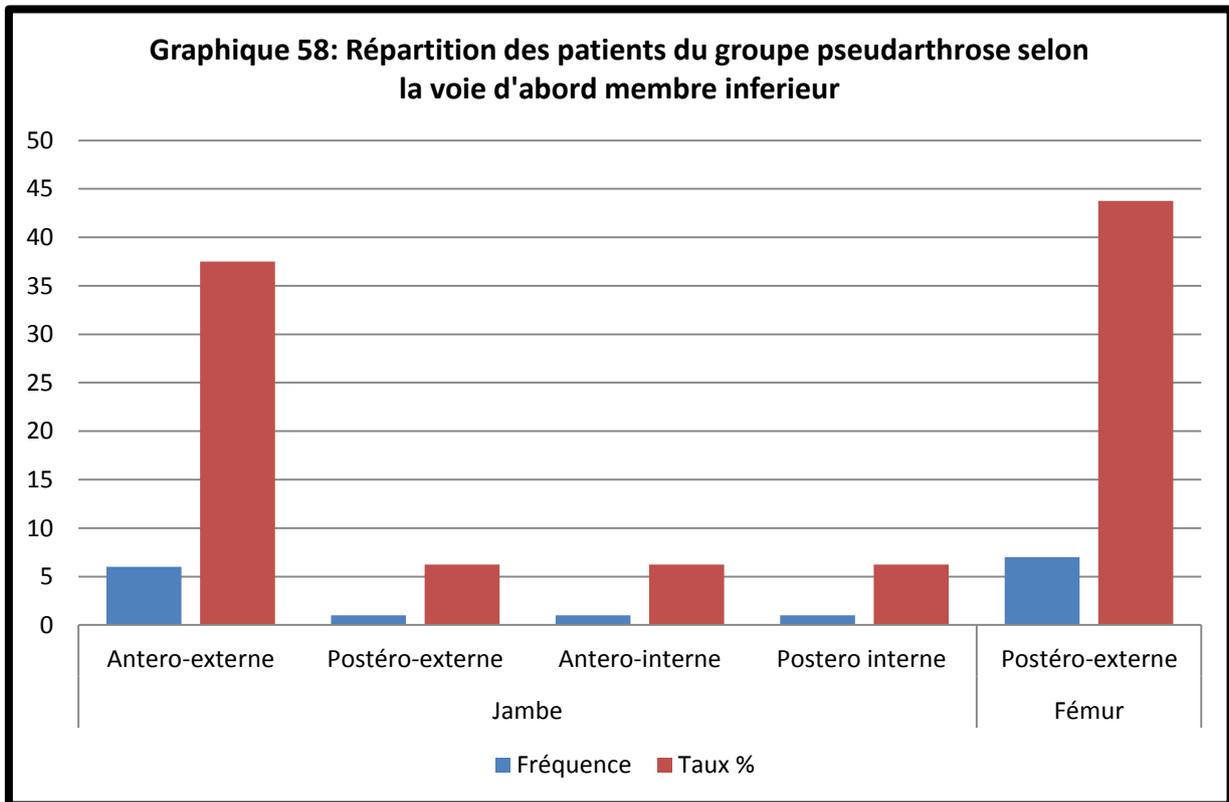
Pour la main : la voie dorsale a été utilisée pour tous les métacarpes et pour deux cas des phalanges, la voie latérale a été utilisée pour 05 cas des phalanges.

**4.3.4.2. Les Voie d'abord de groupe pseudarthrose :**

➤ **Membre inférieur :**

<b>Siège</b>	<b>Voie d'abord</b>	<b>Fréquence</b>	<b>Taux %</b>
<b>Jambe</b>	<b>Antero-externe</b>	<b>06</b>	<b>37,5</b>
	<b>Postéro-externe</b>	<b>01</b>	<b>6,25</b>
	<b>Antero-interne</b>	<b>01</b>	<b>6,25</b>
	<b>Postéro interne</b>	<b>01</b>	<b>6,25</b>
<b>Fémur</b>	<b>Postéro-externe</b>	<b>07</b>	<b>43,75</b>
<b>Total</b>		<b>16</b>	<b>100</b>

**Tableau 64 : Répartition des patients du groupe pseudarthrose  
Selon la voie d'abord (Membre inférieur)**



On a utilisé :

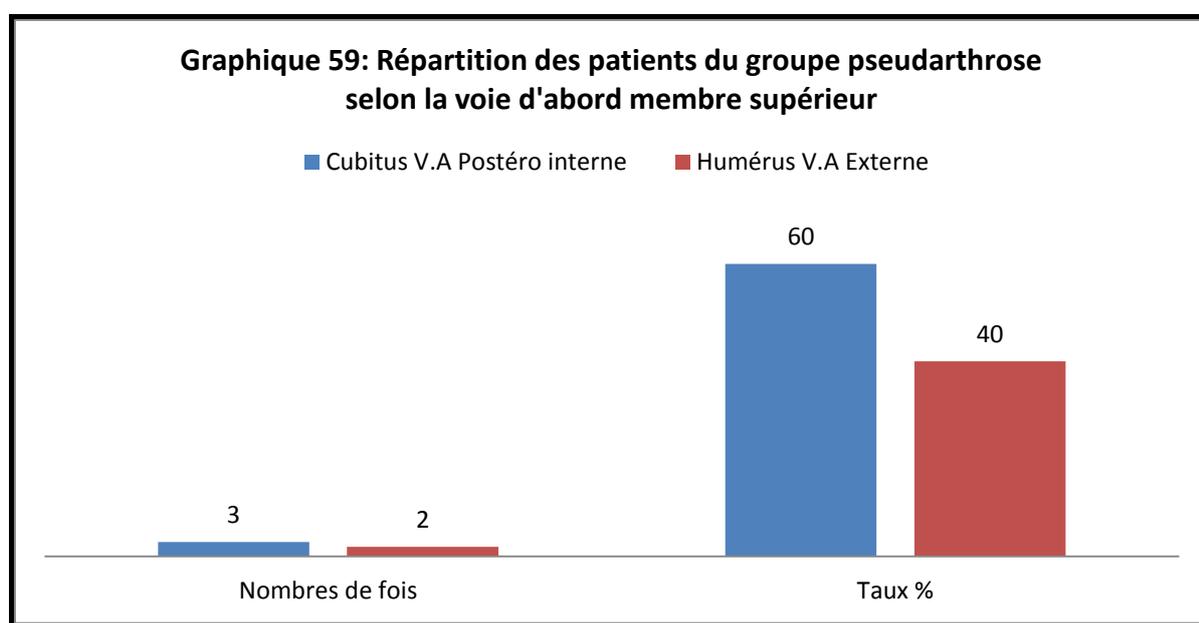
Pour le fémur : La voie postéro externe 07 fois

Pour la jambe : la voie antéro externe est la plus utilisée 6 fois, suivie de la voie antéro interne et postéro interne une fois pour chacune.

➤ **Membre supérieur :**

<b>Siège</b>	<b>Voie d'abord</b>	<b>Nombres de fois</b>	<b>Taux %</b>
<b>cubitus</b>	<b>Postéro interne</b>	<b>3</b>	<b>60</b>
<b>Humérus</b>	<b>Externe</b>	<b>2</b>	<b>40</b>
<b>Total</b>		<b>05</b>	<b>100</b>

**Tableau 65 : Répartition des patients du groupe pseudarthrose  
Selon la voie d'abord Membre supérieur**

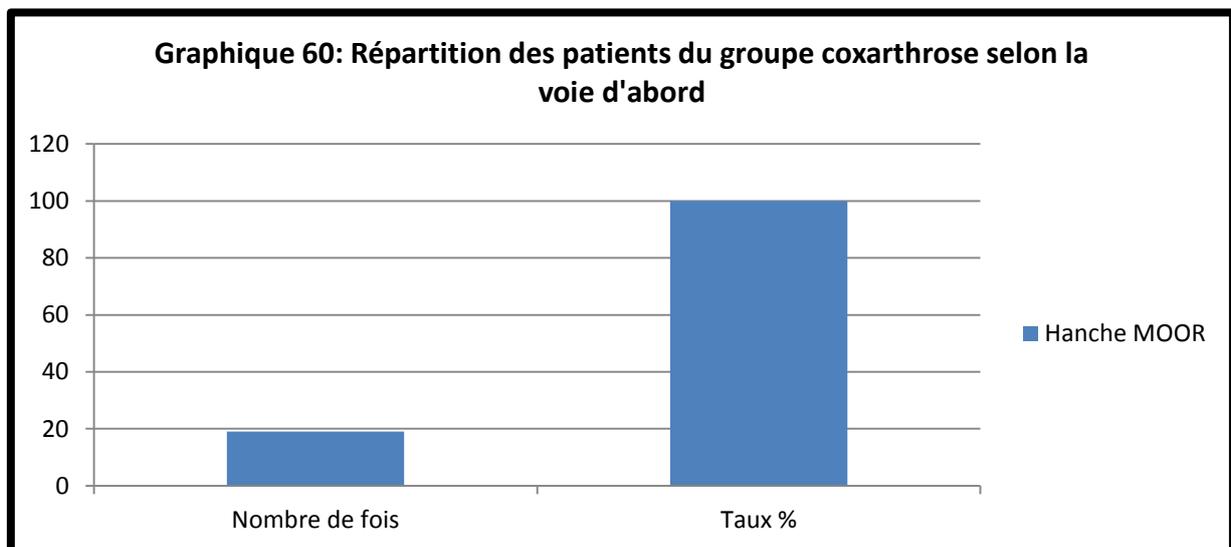


Pour le cubitus : la voie postéro interne 03 fois  
Pour l'humérus : la voie externe deux fois.

**4.3.4.3. Les Voie d'abord de groupe « coxarthrose » :**

<b>Siège</b>	<b>Voie d'abord</b>	<b>Nombre de fois</b>	<b>Taux %</b>
<b>Hanche</b>	<b>MOORE</b>	<b>19</b>	<b>100</b>

**Tableau 66 : Répartition des patients du groupe coxarthrose selon la voie d'abord**



La voie postéro-externe de MOOR a été pratiquée pour tous nos patients (20 cas).

#### **4.3.5. CHIRURGIE DE L'ALLOGREFFE :**

Nous avons analysé dans les trois groupes la technique opératoire avec le type d'allogreffe utilisé, le ou les moyens d'ostéosynthèse employés, l'adjonction d'une autogreffe osseuse à l'union allogreffe-os receveur.

##### **4.3.5.1. Préparation des greffons :**

Toutes les allogreffes osseuses qu'on a utilisés provenaient de prélèvement des têtes fémorales sur personnes vivants après résection de la tête soit lors d'une arthroplastie totale de hanche (PTH) ou après une fracture du col fémoral, toutes ont été conservées par cryoconservation dans une seule banque d'os (service d'orthopédie CHU de Blida).

Des règles de fonctionnement extrêmement strictes ont été établies pour éviter tout risque de contamination du receveur par un agent pathogène transmissible (infection bactérienne ou virale, néoplasie, agent transmissible non conventionnel).

Les têtes fémorales, prélevées sur des donneurs sélectionnés et dont on a vérifié par un examen bactériologique l'absence de contamination peropératoire, sont conditionnées en salle d'opération sous un triple emballage stérile, congelées à - 80 °C et conservées à la même température. Elles ne sont utilisées qu'une fois « validées », après vérification de la négativité de l'ensemble des examens effectués (sérologique et bactériologique) sur le donneur et la tête fémorale.



**Figure 33 : Tête fémorale**  
**Source : CHU DE BLIDA**

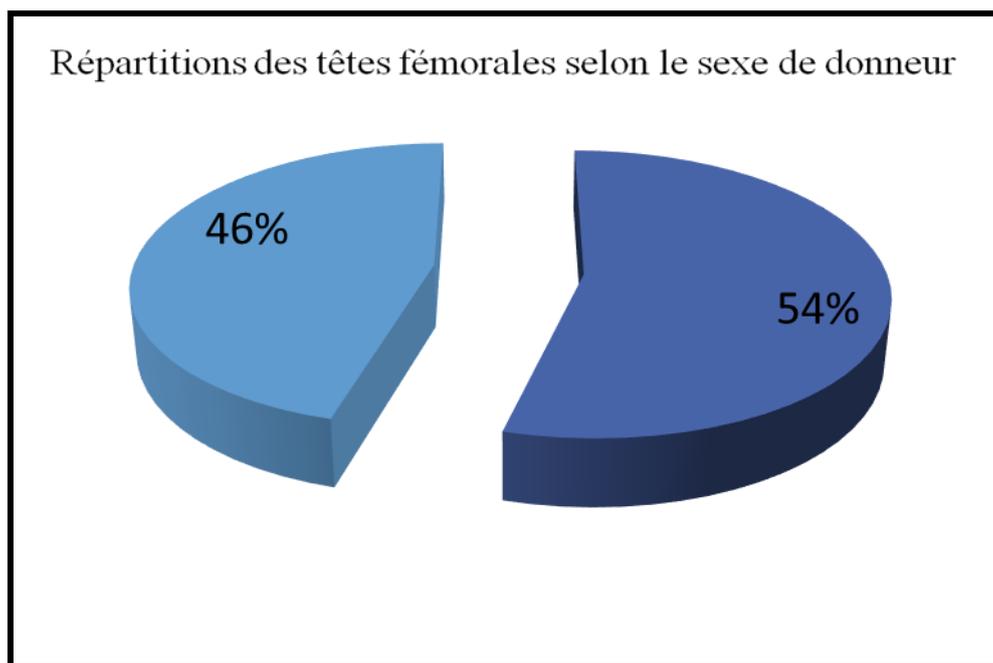
#### 4.3.5.2. Les Donneurs :

✓ Têtes fémorales (donneurs) :

- Répartitions des têtes fémorales selon le sexe de donneur :

	Femme	Homme	Totale
Nombre	165	139	304
%	54.3	45.7	100

**Tableau 67 : Répartition des têtes fémorales selon le sexe de donneur**



**Graphique 61 : Répartitions des têtes fémorales selon le sexe de donneur**

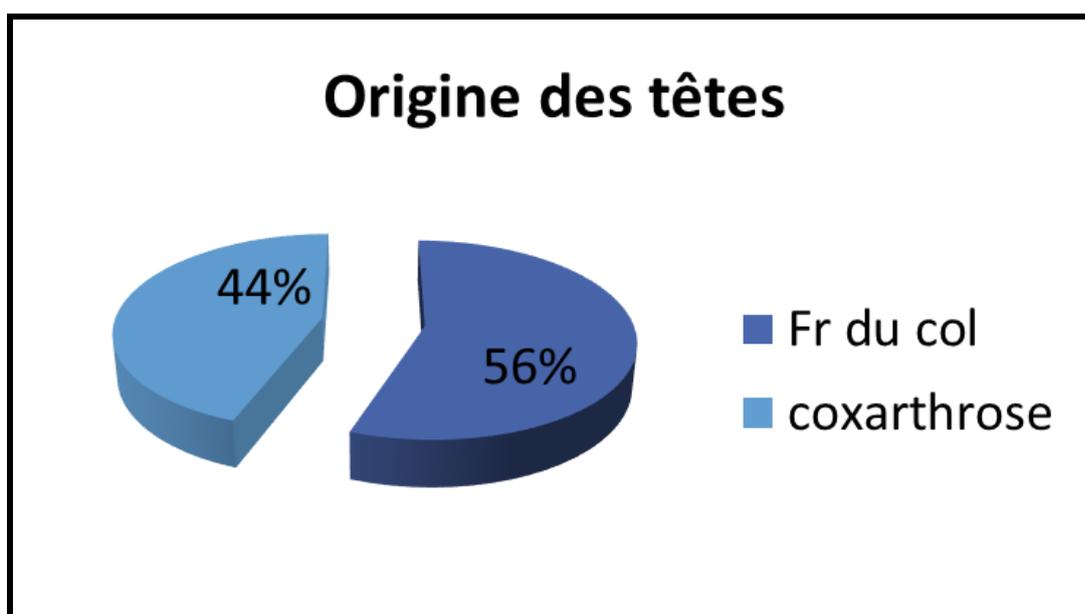
Nous conditions de travail, nous ont permis de conserver 304 têtes fémorales, dont les donneurs sont :

165 Femmes  
139 Hommes

- Répartitions des têtes fémorales selon l'origine des têtes :

	Fracture du col	coxarthrose	Totale
Nombre	169	135	304
%	55.6	44.4	100

**Tableau 68 : Répartition des têtes fémorales selon leur origine**



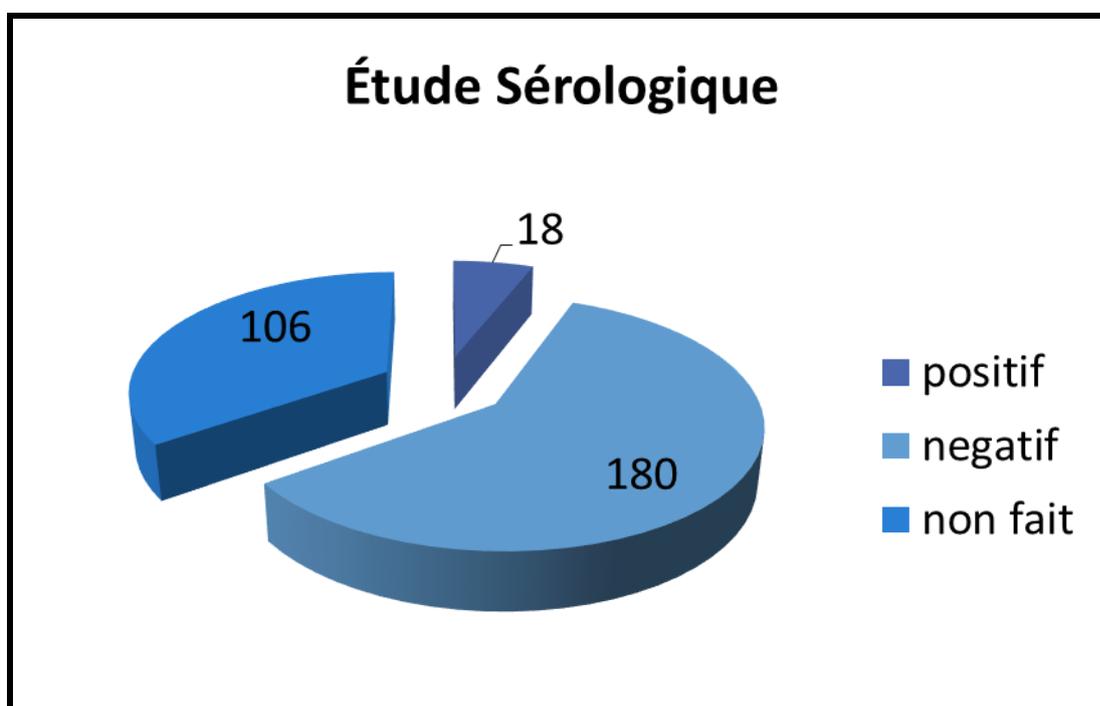
**Graphique 62 : Répartitions des têtes fémorales selon leur origine**

Les têtes fémorales utilisées proviennent soit des fractures du col fémoral dans 169 cas ou des coxarthroses dans 135 cas.

- Répartitions des têtes fémorales selon l'étude sérologique :

	Positif	Négatif	Non fait	Total
Sérologie	18	180	106	304
%	5.9	59.2	34.9	100

**Tableau 69 : Répartition des têtes fémorales selon leur étude sérologique**



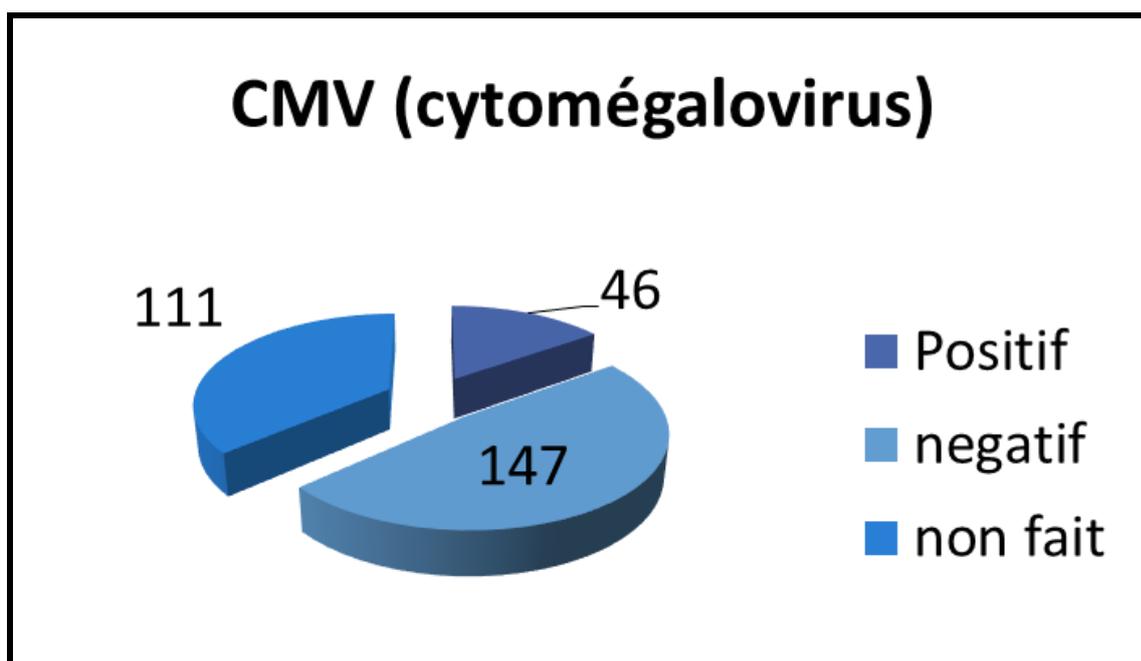
**Graphique 63 : Répartitions des têtes fémorales selon leur étude sérologique**

180 têtes fémorales sont conservées avec sérologie négative (têtes exploitables)  
106 têtes fémorales ont été rejetées soit à cause de la sérologie positive (18 cas) ou l'absence des résultats de prélèvement (106 cas)

- Répartitions des têtes fémorales selon les résultats de CMV (cytomégalovirus) :

	Positif	Négatif	Non fait	Total
Sérologie	46	147	111	304
%	15.13	48.5	36.52	100

**Tableau 70 : Répartitions des têtes fémorales selon les résultats de CMV**



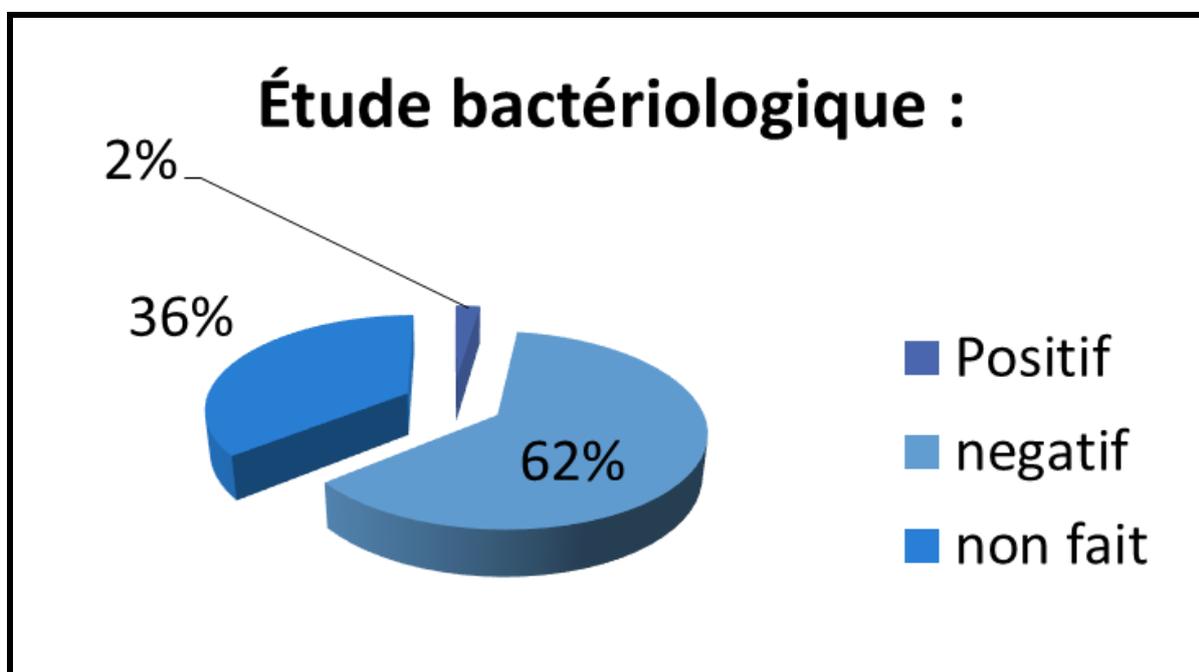
**Graphique 64 : Répartitions des têtes fémorales selon les résultats de CMV**

Sur les 304 têtes fémorales conservées, on a eu 46 cas avec CMV positif et 111 cas non fait.  
N.B : cet examen ne se fait pas de façon systématique au niveau de CHU

- Répartitions des têtes fémorales selon l'étude bactériologique :

	Positif	Négatif	Non fait	Total
total	07	188	109	304
%	2.30	61.9	35.8	100

**Tableau 71 : Répartitions des têtes fémorales selon l'Étude bactériologique**



**Graphique 65 : Répartitions des têtes fémorales selon l'Étude bactériologique :**

Sur 304 on a eu 07 cas où la bactériologie était positive du fait des conditions d'opérabilités qui ne sont pas respectées au maximum (PU)

Au total :

180 têtes fémorales sont conservées avec sérologie négative, dont 46 sont contre indiquées chez l'immunodéprimée et l'enfant (CMV positif 35 cas)

104 têtes fémorales ont été utilisées chez 80 patients différenciés en trois groupes.

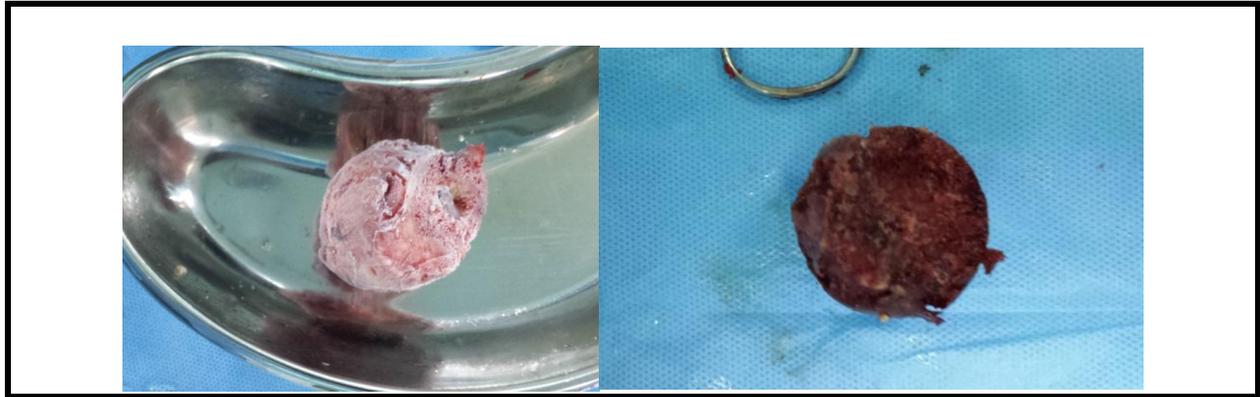
La décongélation du greffon est réalisée en deux à trois heures et comporte un bain dans du sérum tiède.

*Indications et résultats des allogreffes dans les pertes des substances osseuses*  
*Aménagement de la banque d'os*

---

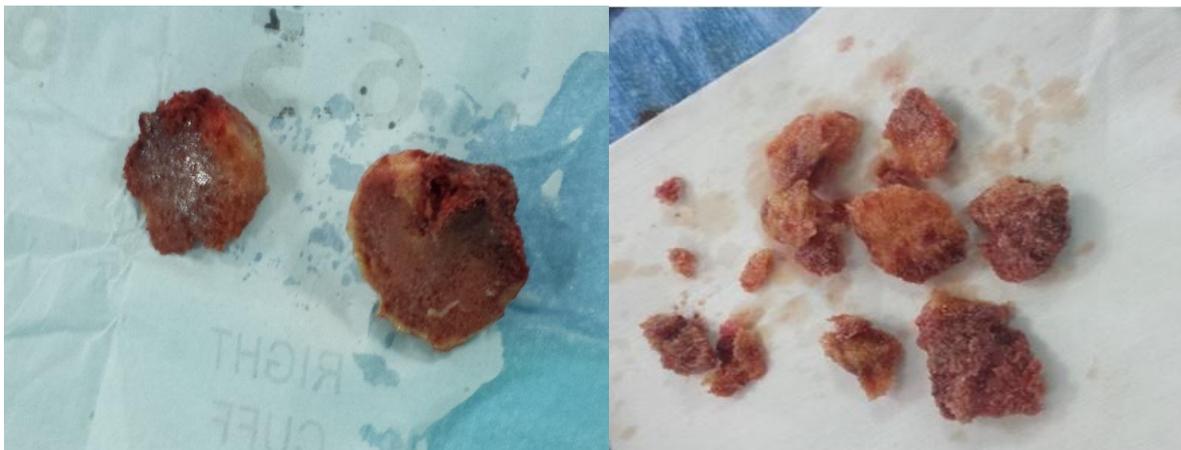
Avant l'utilisation de l'allogreffe le chirurgien doit réhydrater par immersion dans une solution saline à température ambiante, ceci permet façonnage pour une meilleure adaptation suite au site receveur

Après avoir pelé la tête fémorale à la scie oscillante pour la débarrasser de son cartilage et des résidus des parties molles, on la découpe en fragments de taille et de formes variées, on a :



**Figure 34** : tête fémorale congelée  
**Source** : CHU DE BLIDA

- Les allogreffes structurales qui sont constituées de blocs osseux qu'on a taillés et modelés à la demande pour s'adapter aux défauts rencontrés et reconstruire des pertes de substance osseuse segmentaires. Elles sont soit encastrées ou fixées par des vis ou une plaque d'ostéosynthèse.



**Figure 35** : Allogreffe structurales  
**Source** : CHU DE BLIDA

*Indications et résultats des allogreffes dans les pertes des substances osseuses*  
*Aménagement de la banque d'os*

---

- Les allogreffes morcelées sont particulièrement adaptées au comblement des défauts osseux cavitaires dont elles permettent de remplir toutes les anfractuosités. Elles sont impactées et tassées à l'aide d'un chasse greffon. Elles sont utilisées en association à des plaques d'ostéosynthèse et des anneaux de soutien.



**Figure 36** : Allogreffe morcelée

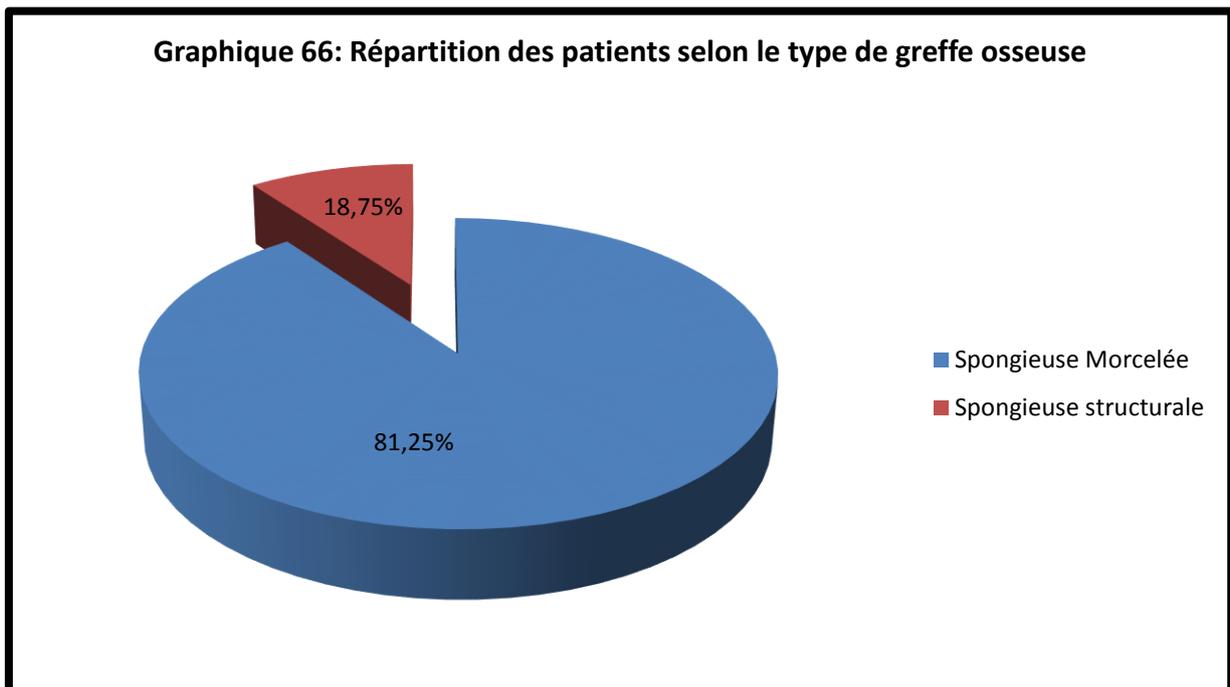
**Source** : CHU DE BLIDA

#### 4.3.5.3. Type de greffe osseuse et son niveau :

Dans tous nos cas les greffes utilisées sont des allogreffes spongieuses associées ou non à l'autogreffe.

Type de greffe osseuse	Spongieuse Morcelée	Spongieuse structurale	Total
<b>Nombre</b>	<b>65</b>	<b>15</b>	<b>80</b>
<b>Taux %</b>	<b>81,25</b>	<b>18,75</b>	<b>100</b>

**Tableau 72 : Répartition des patients  
Selon le type de greffe osseuse**



Dans notre série on a utilisé :

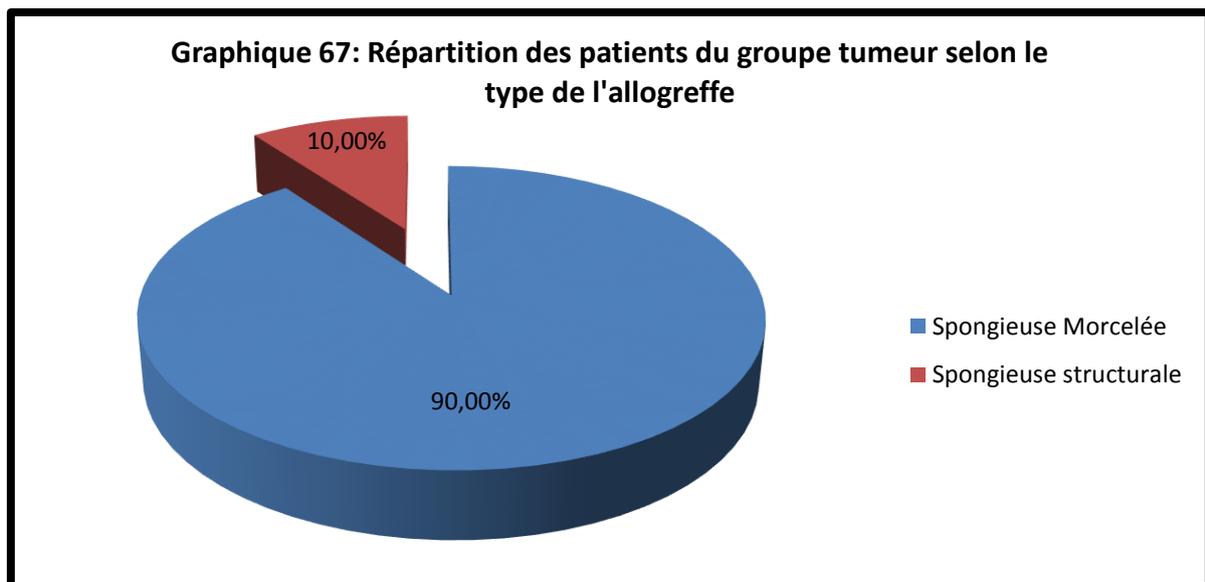
- les allogreffes spongieuses structurales dans 15 cas
- les allogreffes spongieuses morcelées dans 65 cas

✓ GROUPE TUMEUR :

Le type de l'allogreffe :

Type de l'allogreffe	Spongieuse Morcelée	Spongieuse structurale	Total
Nombre	36	04	40
Taux %	90	10	100

**Tableau 73 : Répartition des patients du groupe tumeur selon le type de l'allogreffe**

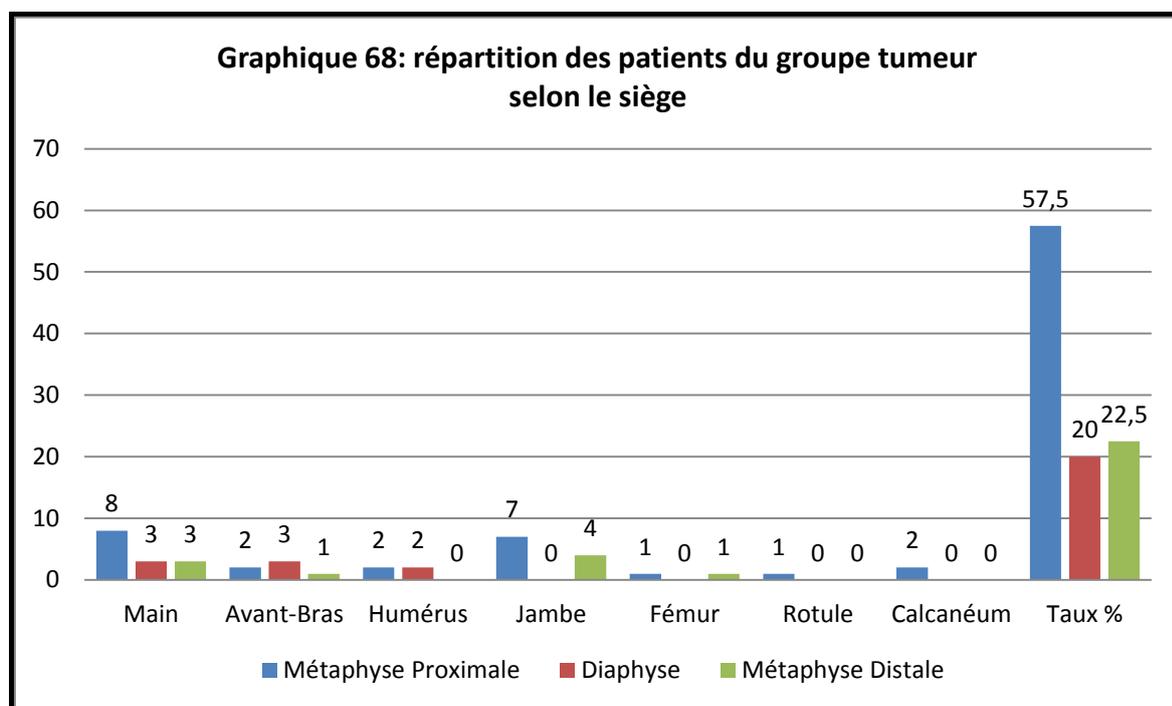


Les allogreffes spongieuses morcelées ont été utilisées sur 36 patients soit 90% et les allogreffes spongieuses structurales sur 4 patients soit 10%

✓ **Siège de la greffe :**

<b>Siège greffe</b>	<b>Métaphyse Proximale</b>	<b>Diaphyse</b>	<b>Métaphyse Distale</b>	<b>Total</b>
<b>Main</b>	<b>08</b>	<b>03</b>	<b>03</b>	<b>14</b>
<b>Avant-Bras</b>	<b>02</b>	<b>03</b>	<b>01</b>	<b>06</b>
<b>Humérus</b>	<b>02</b>	<b>02</b>	<b>00</b>	<b>04</b>
<b>Jambe</b>	<b>07</b>	<b>00</b>	<b>04</b>	<b>11</b>
<b>Fémur</b>	<b>01</b>	<b>00</b>	<b>01</b>	<b>02</b>
<b>Rotule</b>	<b>01</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>01</b>
<b>Calcanéum</b>	<b>02</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>02</b>
<b>Taux %</b>	<b>57,5</b>	<b>20</b>	<b>22,5</b>	<b>100</b>

**Tableau 74 : Répartition des patients du groupe tumeur selon le siège**



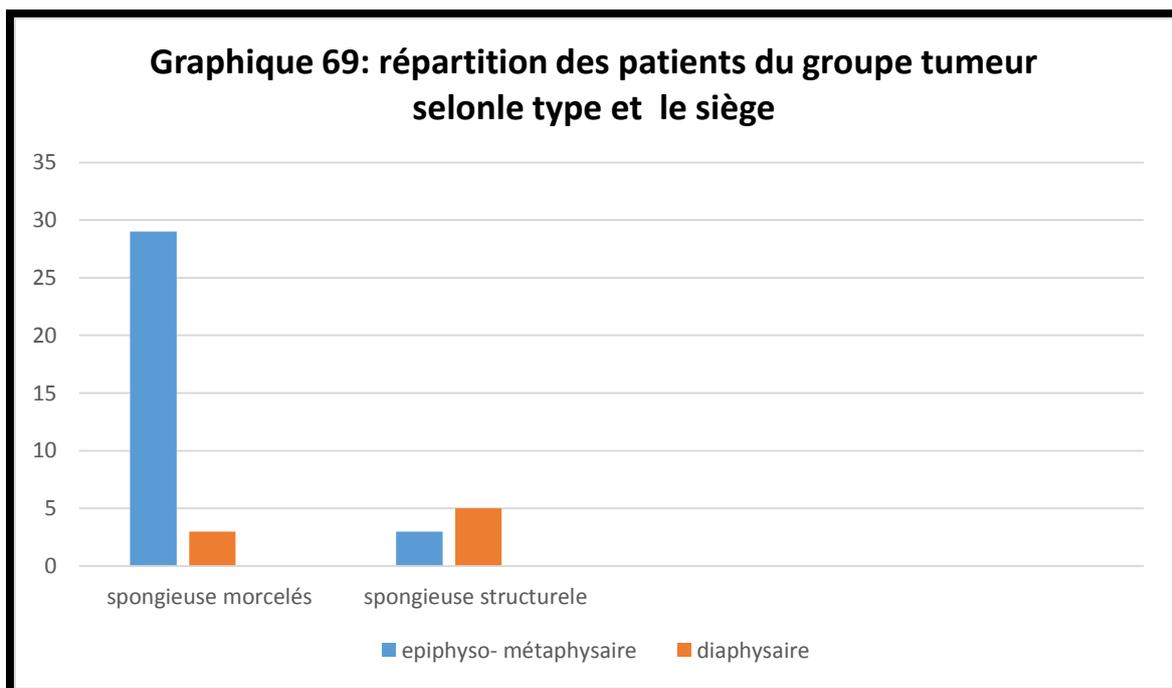
On a retrouvé que :

Le siège le plus utilisé dans la reconstruction par allogreffe est la région métaphysaire proximale avec 23 cas (57.5%) suivie de la région métaphysaire distale avec 09 cas (22.5%), et enfin la région diaphysaire avec 08 cas (20%).

✓ **Type et siège de la greffe :**

Type	Siège		
	Epiphyso-métaphysaire	Diaphysaire	
<b>Spongieuse morcelée</b>	<b>29</b>	<b>03</b>	<b>36</b>
<b>Spongieuse structurale</b>	<b>03</b>	<b>05</b>	<b>04</b>
<b>Total</b>	<b>32</b>	<b>08</b>	<b>40</b>
<b>Taux %</b>	<b>80</b>	<b>20</b>	<b>100</b>

**Tableau 75 : Répartition des patients du groupe tumeur selon le type et le siège**



Les allogreffes morcelées ont été utilisées 29 fois sur des régions épiphyso- métaphysaire et 03 fois sur des régions diaphysaire

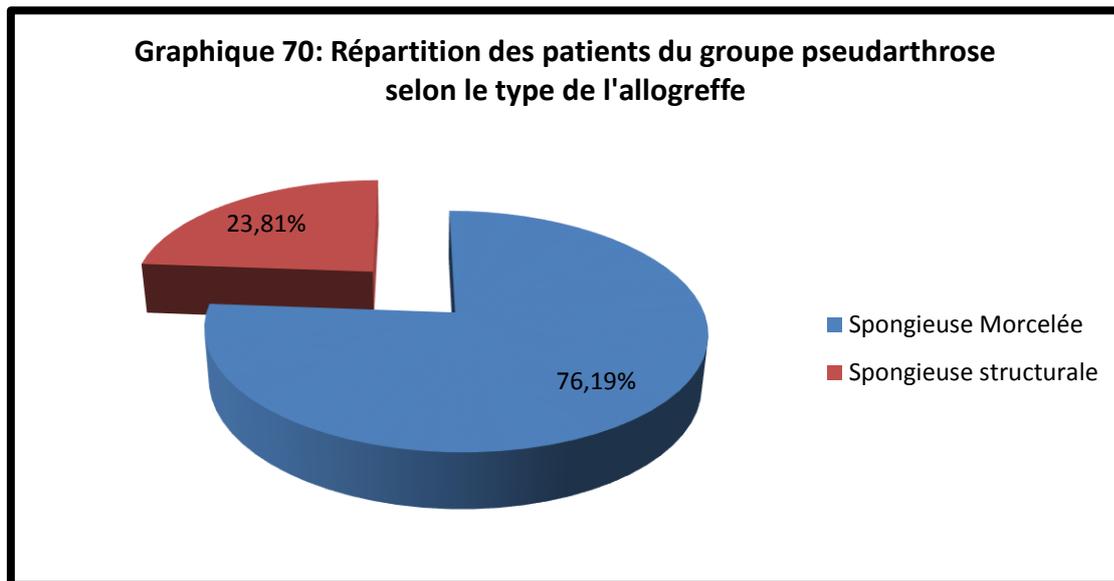
Les allogreffes structurales ont été utilisées 03 fois sur des régions épiphyso- métaphysaire et 05 fois sur des régions diaphysaire

✓ **GROUPE PSEUDARTHROSE :**

➤ **Type de l'allogreffe :**

Type de l'allogreffe	Spongieuse Morcelée	Spongieuse structurale	Total
Nombre	<b>16</b>	<b>05</b>	<b>21</b>
Taux %	<b>76,20</b>	<b>23,80</b>	<b>100</b>

**Tableau 76: Répartition des patients du groupe pseudarthrose selon le type de l'allogreffe**

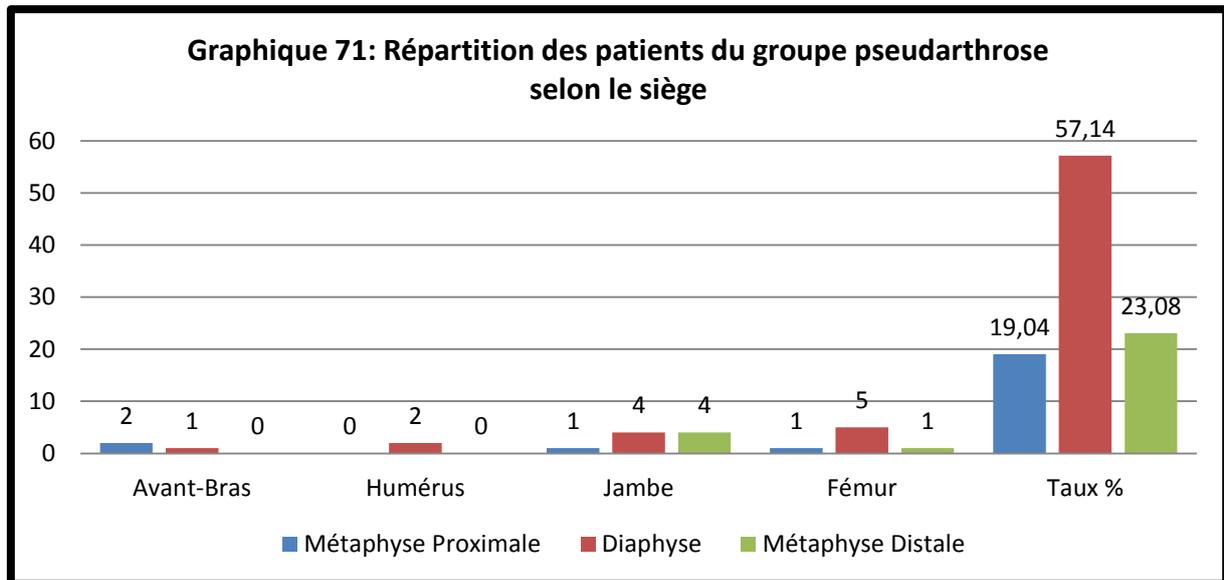


Les allogreffes spongieuses morcelées ont été utilisées sur 16 patients soit 76.20% et les allogreffes spongieuses structurales sur 05 patients soit 23.80%

➤ **Siège de l'allogreffe :**

Siège	Métaphyse Proximale	Diaphyse	Métaphyse Distale	Total
Avant-Bras	02	01	00	03
Humérus	00	02	00	02
Jambe	1	4	4	9
Fémur	1	5	1	7
Taux %	19,04	57,14	23,08	100

**Tableau 77 : Répartition des patients du groupe pseudarthrose selon le siège**

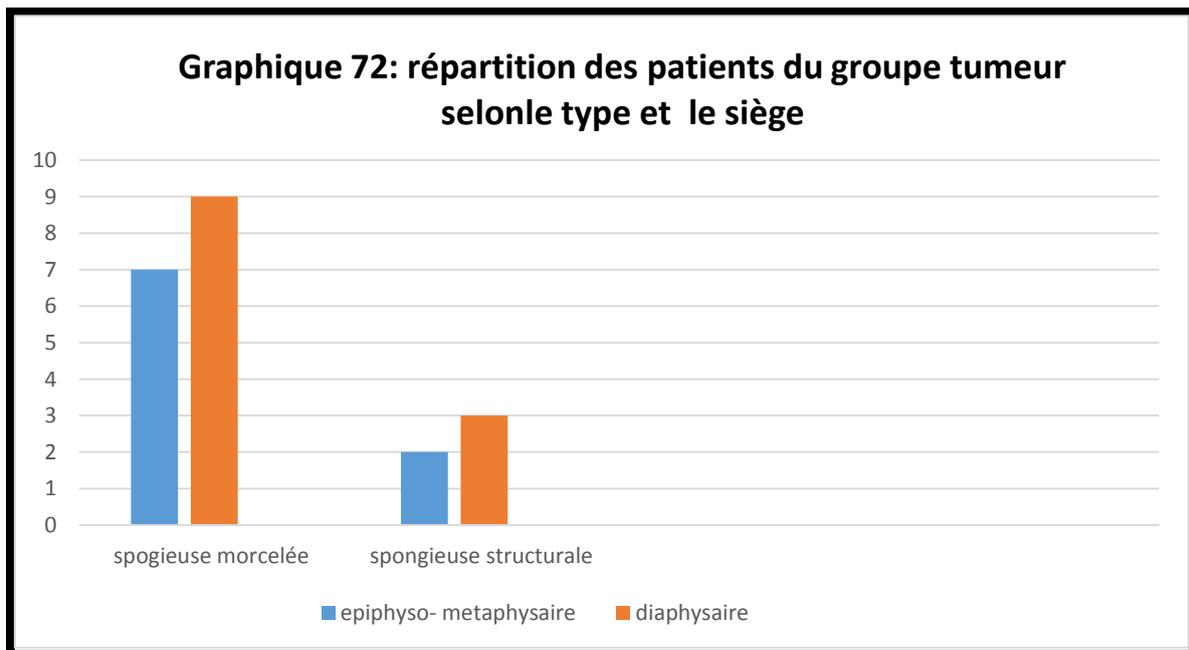


Le siège le plus utilisé dans la reconstruction par allogreffe dans le groupe pseudarthrose est la région diaphysaire avec 12 cas soit 57.14% la région métaphysaire distale avec 05 cas (23.08%), et enfin la région métaphysaire proximale avec 04 cas (19.04 %)

✓ **Type et siège de la greffe :**

Type	Siège		Total
	Epiphyso - métaphysaire	Diaphysaire	
Spongieuse morcelée	07	09	16
Spongieuse structurale	02	03	05
<b>Total</b>	<b>09</b>	<b>12</b>	<b>21</b>

**Tableau 78 : Répartition des patients du groupe pseudarthrose selon le type et le siège**



Les allogreffes morcelées ont été utilisées 07 fois sur des régions épiphyso- métaphysaire et 09 fois sur des régions diaphysaire

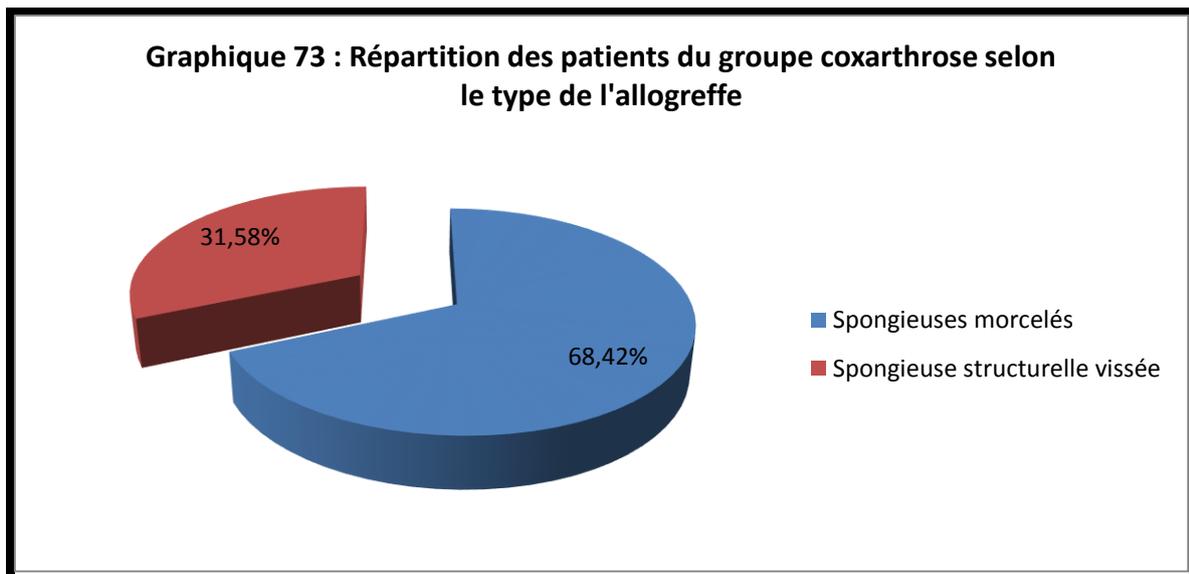
Les allogreffes structurales ont été utilisées 02 fois sur des régions épiphyso- métaphysaire et 03 fois sur des régions diaphysaire

✓ **GROUPE COXARTHROSE :**

➤ **Type de la greffe :**

Type de l'allogreffe	Spongieuses morcelés	Spongieuse structurale vissée	Total
Nombre	13	06	19
Taux %	68,42	31,58	100

**Tableau 79 : Répartition des patients du groupe coxarthrose selon le type de l'allogreffe**

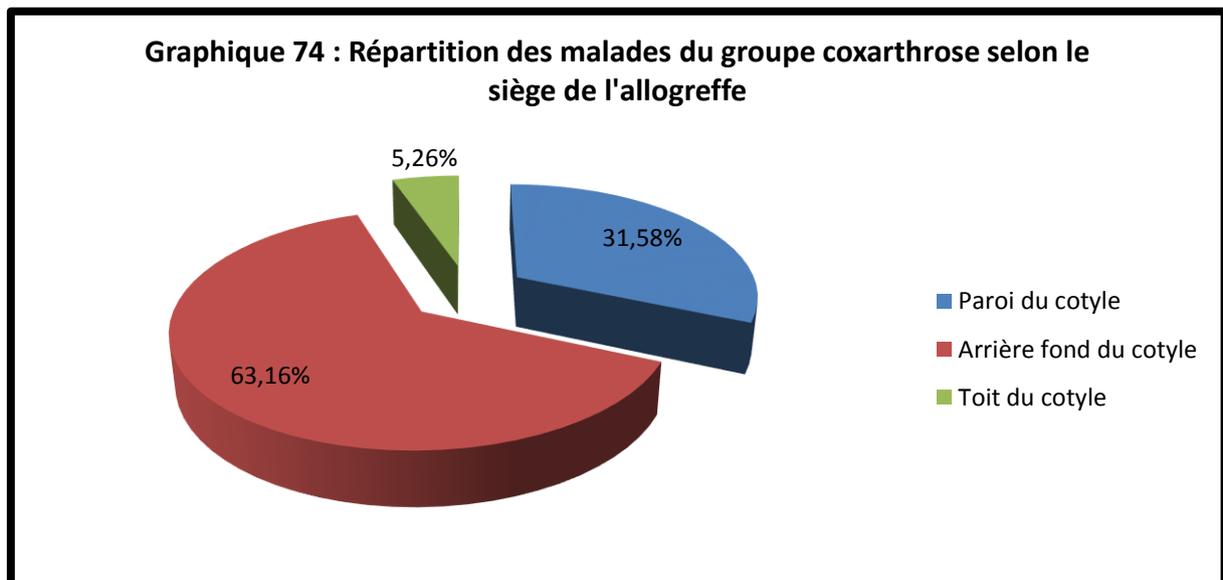


Les allogreffes spongieuses morcelées ont été utilisées sur 13 patients soit 68.42% et les allogreffes spongieuses structurales sur 05 patients soit 31.58 %

➤ **Siege de l'allogreffe :**

<b>Siege de l'allogreffe</b>	<b>Paroi du cotyle</b>	<b>Arrière fond du cotyle</b>	<b>Toit du cotyle</b>	<b>Total</b>
<b>Nombre</b>	<b>06</b>	<b>12</b>	<b>01</b>	<b>19</b>
<b>Taux %</b>	<b>31,57</b>	<b>63,17</b>	<b>5,26</b>	<b>100</b>

**Tableau 80 : Répartition des patients du groupe coxarthrose selon Siege de l'allogreffe**



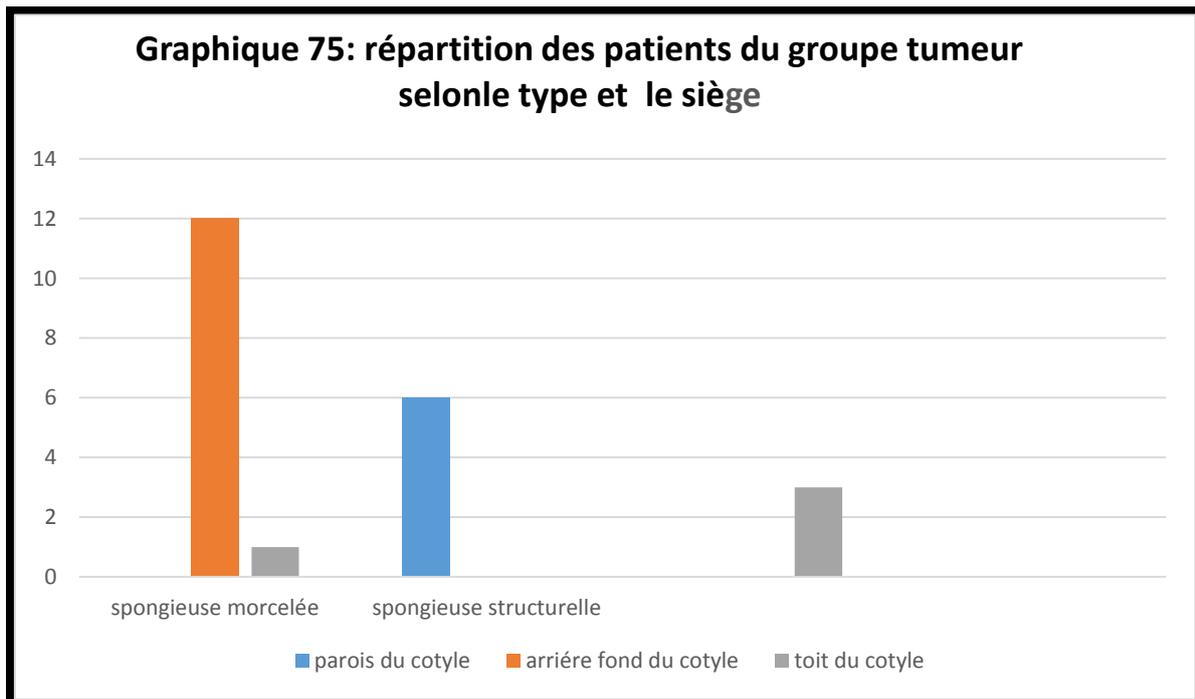
On a utilisé l'allogreffe,

- Au niveau de la paroi du cotyle dans 6 cas soit 31.57 %
- Au niveau de l'arrière fond du cotyle dans 12 cas soit 63.17%
- Au niveau du Toit du cotyle dans un seul cas soit 5.26%

✓ **Type et siège de la greffe :**

Type	Siège			Total
	Paroi du cotyle	Arrière fond du cotyle	Toit du cotyle	
<b>Spongieuse morcelée</b>	<b>00</b>	<b>12</b>	<b>01</b>	<b>13</b>
<b>Spongieuse structurale</b>	<b>06</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>06</b>
<b>Total</b>	<b>06</b>	<b>12</b>	<b>01</b>	<b>19</b>
<b>Taux %</b>	<b>31,57</b>	<b>63,17</b>	<b>5,26</b>	<b>100</b>

**Tableau 81 : Répartition des patients du groupe coxarthrose selon le type et le siège**



On a utilisé l'allogreffe structurale :

- Au niveau de l'arrière fond du cotyle dans 12 cas
- Au niveau du Toit du cotyle dans un seul cas

On a utilisé l'allogreffe morcelée :

- Au niveau de la paroi du cotyle dans 6 cas

#### 4.3.5.4. L'association de l'autogreffe :

Sur les 80 allogreffes, 05 autogreffes cortico-spongieuses ont été apposée autours des jonctions diaphysaire

Ces autogreffes concernaient le groupe pseudarthrose :

02 Cas dans les pseudarthroses de la jambe

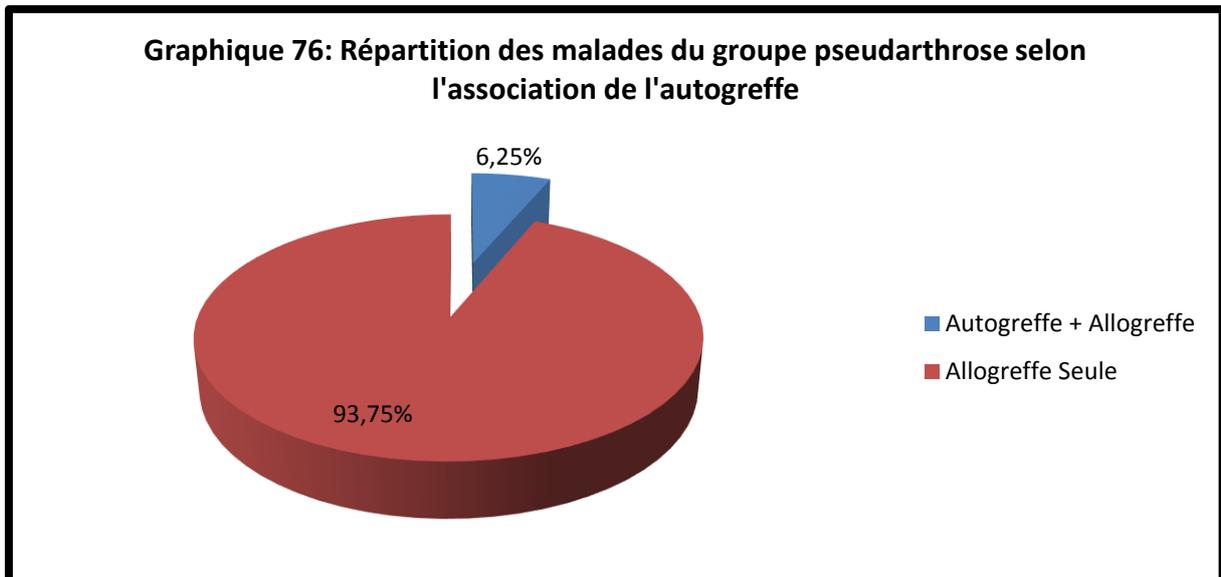
01 Cas dans la pseudarthrose de fémur

02 Sur les 80 allogreffes, 05 autogreffes cortico-spongieuses ont été apposée autours des jonctions diaphysaire

03 Ces autogreffes concernaient le groupe pseudarthrose 3 cas , le groupe tumeur 2 cas :

Association de l'autogreffe	Autogreffe + Allogreffe	Allogreffe Seule	Total
<b>Nombre</b>	<b>05</b>	<b>75</b>	<b>80</b>
<b>Taux %</b>	<b>6,25</b>	<b>93,75</b>	<b>100</b>

**Tableau 82 : Répartition des patients du groupe pseudarthrose  
Selon l'association de l'autogreffe**



L'allogreffe a été complété par le greffe autologue dans 05 cas (6.25%) sur les patients prélevée au dépend d'une crête iliaque.

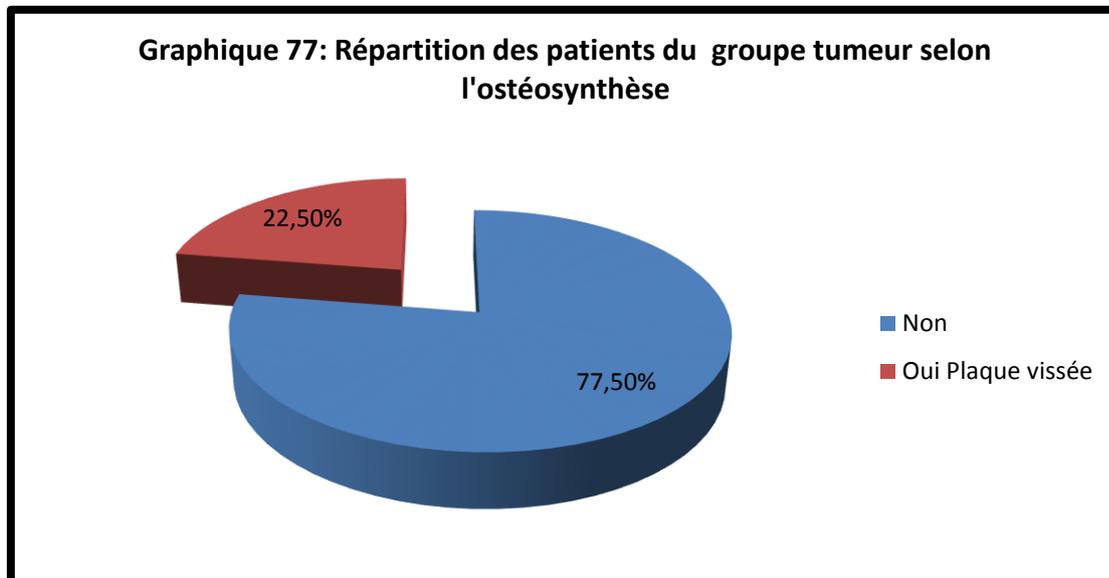
#### 4.3.5.5. Reconstruction prothétique et/ou ostéosynthèse :

✓ Groupe tumeur :

Ostéosynthèse associée :

Ostéosynthèse associée	Non	Oui	Total
		Plaque vissée	
Nombre	31	09	40
Taux %	77,5	22,5	100

**Tableau 83 : Répartition des patients du groupe tumeur selon l'ostéosynthèse**



L'ostéosynthèse a été réalisée chez 09 patients (22.5%) dans des situations où la solidité osseuse était précaire

L'ostéosynthèse a été utilisée comme protection du foyer de la tumeur et la greffe est venue consolider cette perte de substance osseuse.

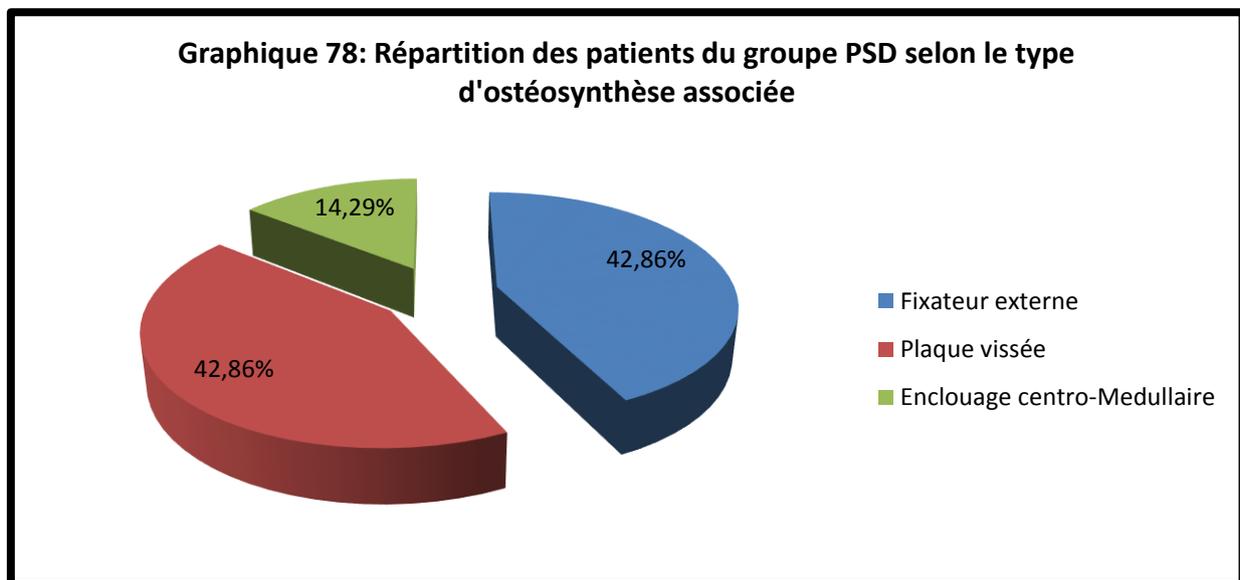
Elle était réalisée chez 09 patients (22.5%) dans des situations où la solidité osseuse était précaire

✓ Groupe pseudarthrose :

Ostéosynthèse associée :

Ostéosynthèse associée	Fixateur Externe	Plaque Vissée	Enclouage médullaire centro	Total
Nombre	09	09	03	21
Taux %	42,86	42,86	14,28	100

**Tableau 84: Répartition des patients du groupe PSD  
Selon le type d'ostéosynthèse associée**



L'ostéosynthèse été obligatoire dans tous les cas permettons une stabilisation du foyer en premier temps

Plusieurs types d'ostéosynthèse ont été utilisés :

- Fixateur Externe dans 09 cas soit 42.86%
- Plaque Vissée dans 09 cas soit 42.86%
- Enclouage centro médullaire dans 03 cas soit 14.28%

✓ **Groupe coxarthrose :**

**Reconstruction prothétique :**

**Temps cotyloïdien :**

Le choix de l'implant sera lié à l'importance du défaut, à la surface de l'os hôte pouvant supporter les contraintes de l'implant et au type de reconstruction osseuse utilisé.

Nous avons utilisé deux types d'implants qu'en a repartis en deux catégories :

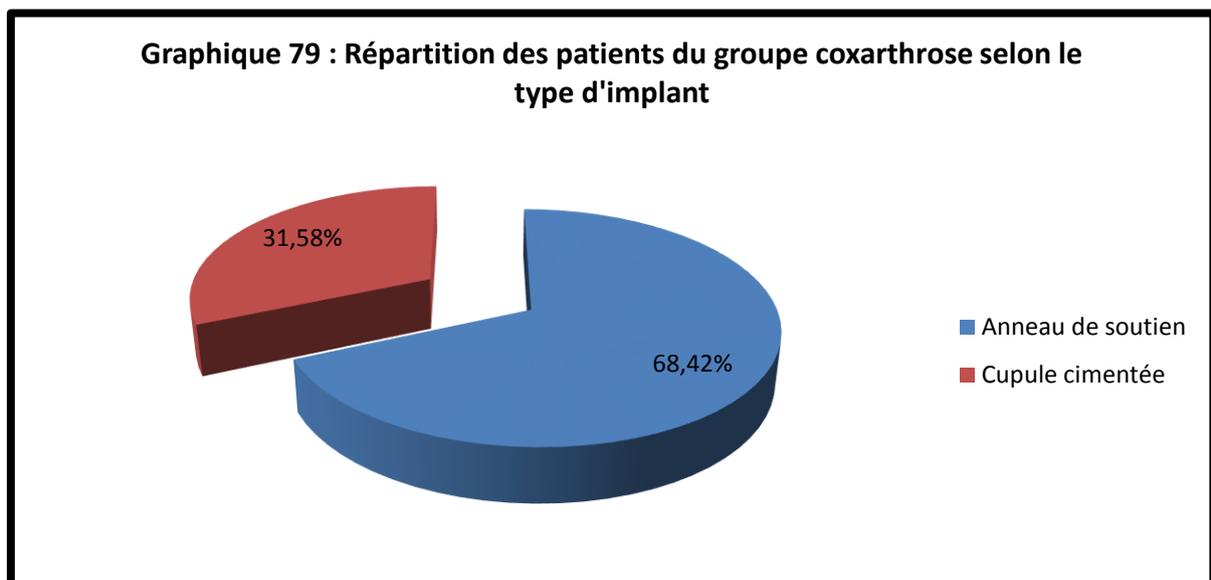
Les cupules primaires cimentées, (cupules scellées en polyéthylène)  
Les anneaux de soutien : La croix de Kerboul

Ces anneaux de soutien permettent d'améliorer la fixation et le centrage de la cupule, de répartir l'appui sur le pourtour de l'acétabulum, de compenser éventuellement une perte de substance osseuse segmentaire peu étendue, d'assurer la fixation des allogreffes

Les cotyles étaient scellées avec une inclinaison de 45° et une antéversion de 20°.

Type d'implant	Anneau de soutien	Cupule cimentée	Total
Nombre	13	06	19
Taux %	68,42	31,58	100

**Tableau 85 : Répartition des patients du groupe coxarthrose selon le type d'implant**

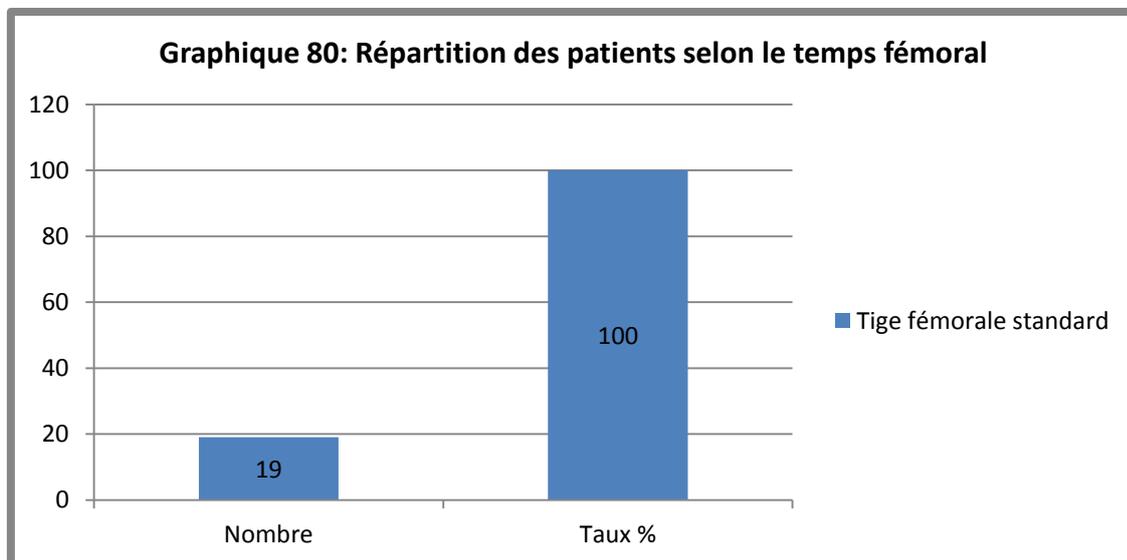


Les cupules primaires ont été utilisées 6 fois (31.58 %)  
Les anneaux de soutien ont été utilisés 13 fois (68.42 %)

**Temps fémoral :**

<b>Temps fémoral</b>	<b>Tige fémorale standard</b>	<b>Total</b>
<b>Nombre</b>	<b>19</b>	<b>19</b>
<b>Taux %</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

**Tableau 86 : Répartition des patients selon le temps fémoral**



Nous avons impacté la tige Standard cimentée pour tous nos patients.

#### **4.4. Les suites post-opératoires :**

Le traitement médical : Tous nos patients ont reçu un traitement médical à base de :

- ✓ Antibiothérapie curative à base de céphalosporine de deuxième génération, suivie par une antibiothérapie adaptée selon l'antibiogramme pour les patients présentant une pseudarthrose septique.
- ✓ Anticoagulant par héparine à bas poids moléculaire à dose préventive.
- ✓ Antalgique. : L'analgésie postopératoire a été assurée par administration d'anti-inflammatoire et d'antalgique de premier palier selon l'OMS.
- ✓ les anti-allergiques : n'ont pas été utilisés.
- ✓ Chez des patients âgés ou à haut risque d'ulcère gastrique, une prévention à base d'anti-sécrétoires a été instaurée en post-opératoire.

#### **4.5. Immobilisation - Rééducation :**

Tous nos patients ont bénéficié d'une rééducation fonctionnelle (passive et active) des articulations sus et sous-jacentes.

Elle a consisté à des exercices de mobilisation de membre et de quelques contractions isométriques mais avec limitation des contraintes surtout chez les patients ayant une perte importante du capital osseux.

Le membre supérieur a été immobilisé pendant 45 jours en moyenne

L'appui était autorisé en fonction de la stabilité initiale du montage et de l'importance des pertes de substances osseuses, tandis que des consignes étaient données aux patients du groupe coxarthrose concernant la prévention des luxations.

Une reprise d'appui partielle sur 6 semaines en moyenne a été préconisée pour le groupe de coxarthrose

Pour le groupe pseudarthrose et tumeur L'appui a été retardé de 9 à 12 mois avec des extrêmes de 9 à 18 mois (selon l'âge, l'évolution radiologique)

#### **4.6. Évolution- complications :**

##### **4.6.1. Consolidation :**

La consolidation de ces différentes allogreffes est variable et selon l'âge de l'opéré, le type de greffon, le siège de la jonction (épiphysaire, métaphysaire, diaphysaire), la localisation de greffon

Le délai de consolidation a été calculé en fonction des premières radiographies visualisant les signes de consolidation, il a été estimé à 18 mois en moyen après le geste chirurgical avec des extrêmes de 09-24 mois.

La consolidation de ces différentes allogreffes est variable et selon l'âge de l'opéré, le type de greffon, le siège de la jonction (épiphysaire, métaphysaire, diaphysaire), la localisation de greffon

Le délai de consolidation a été calculé en fonction des premières radiographies visualisant les signes de consolidation, il a été estimé à 18 mois en moyen après le geste chirurgical avec des extrêmes de 09-24 mois

C'est notre but principal recherché à partir de notre travail qui sera étudié dans un chapitre apart

#### **4.6.2. Complications :**

Compte tenu de la diversité des indications, il nous paraît être licite de dissocier l'évolution des greffons en fonction de l'indication de leur mise en place.

En effet les suites opératoires et l'évolution à distance sont très variables selon que l'on se trouve en présence d'une pathologie tumorale, une pathologie chronique ou une pathologie traumatique.

En définitive, les complications de ces greffes ne sont pas plus importantes et même beaucoup moins fréquentes qu'avec les autres traitements utilisés pour traiter ces pathologies souvent très lourdes.

##### **4.6.2.1. Complications per opératoires :**

L'acte opératoire s'est déroulé sans incident, aucune complication peropératoire n'a été rapportée dans notre série.

##### **4.6.2.2. Complications postopératoires :**

###### **a- Complications précoces :**

Aucun cas thromboembolique n'a été noté.

Une patiente avait présenté une luxation précoce réduite orthopédique (patiente opérée pour dysplasie cotyloïdienne (séquelle de LCH)

###### **b- Les complications cicatricielles :**

Une évolution locale a été marquée par une nécrose cutanée cicatricielle

Elle concerne une pseudarthrose de la jambe reprise chirurgicalement à 1 mois pour excision-lavage-suture. L'évolution a été marquée par la nécessité d'un geste plastique au 4ème mois.

###### **c- Les complications infectieuses :**

03 malades ont eu une persistance du sepsis dans le groupe de pseudarthrose ce qui a nécessité des interventions multiples.

###### **d- Les complications nerveuses :**

Un déficit transitoire du sciatique poplité externe est survenu dans un cas opéré pour coxarthrose primitive et qui a récupéré ultérieurement.

###### **e- Complications tardives :**

- Aucun cas de descellement cotyloïdien septique ou d'ossifications péri articulaires n'a été noté dans notre série au dernier recul.
- 03 cas de début de descellement acétabulaire ont été diagnostiqués mais qui reste asymptomatique.
- 03 malades ont eu une persistance de la pseudarthrose ce qui a nécessité des interventions multiples.
- 04 patients ont développé une raideur du genou (2 pseudarthroses de fémur 2 cas pseudarthrose de la jambe).
- 02 récidives tumorales nécessitant une reprise chirurgicales.
- 04 récidives tumorales mais présentant une résorption partiel nécessitant une surveillance clinique et radiologique.
-

## **V. RÉSULTATS :**

### **5.1. La durée d'hospitalisation :**

Le séjour hospitalier été en moyenne de 5 jours avec des extrêmes de 2 jours à 17 jours.

Pour le groupe tumeur la durée d'hospitalisation était de 3 jours en moyenne avec des extrêmes de 2 jours à 6 jours

Pour le groupe pseudarthrose la durée d'hospitalisation était de 5 jours en moyenne avec des extrêmes de 2 jours à 17 jours

Pour le groupe coxarthrose la durée d'hospitalisation était de 6 jours en moyenne avec des extrêmes de 4 jours à 14 jours

### **5.2. Le recul :**

Le recul à la dernière consultation était en moyen de 28,7 mois avec des extrêmes de 18 -46 mois.

### 5.3.LES RÉSULTATS RADIOLOGIQUES :

#### 5.3.1. Les méthodes d'évaluations radiologiques de la consolidation :

##### **Fiche de révision :**

L'interprétation radiologique que nous avons réalisée repose sur la fiche de révision proposé par GESTO [89] (annexe 7) que nous avons simplifié compte tenu des informations disponibles dans nos dossiers cliniques :

L'analyse radiologique repose sur quatre critères essentiels :

1. L'aspect de l'os receveur,
2. L'aspect de la jonction os/allogreffe
3. L'aspect de l'allogreffe.

##### ✓ **Étude d'os receveur :**

L'aspect de l'os receveur est standardisé en fonction du délai de recul. En effet, sur les radiographies postopératoires, l'os est inchangé.

Au recul maximal, l'os receveur peut :

Rester Inchangé

Presenter une ostéo condensation

Avoir des images d'ostéolyse  $<1 \text{ cm}^2$  ou  $>1 \text{ cm}^2$

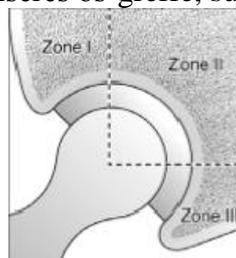
##### ✓ **Étude de la Jonction allogreffe-os receveur :**

En raison de différents siège d'implantation des greffons, la consolidation a été acquise dans des conditions variables

Celle-ci a été analysée par le liseré périphérique à l'allogreffe à la dernière consultation. Mesuré en pourcentage de périphérie sur les deux incidences (face et profil) (de 25% en 25%) et sur son épaisseur moyenne pour les deux groupes tumeur et pseudarthrose.

Pour le groupe coxarthrose L'analyse de l'interface os-greffe a pris comme référence la classification de De Lee et Charnley. [30].

Les liserés acétabulaires ont été étudiés dans les trois zones définies par De Lee et Charnley pour poser le diagnostic de descellement, ces liserés ont été étudiés en fonction de leur localisation, de leur taille et de leur caractère évolutif : les hanches avec descellement cotyloïdien s'accompagne toutes de liserés os-greffe, supérieur à 2 mm. [30].



**Figure 37 : classification de De Lee et Charnley**

Les liserés étaient définis comme suit :

- liseré simple :  $< 1 \text{ mm}$ , non évolutif, recouvrant moins de 50 % de la surface
- liseré complet :  $< 1 \text{ mm}$ , non évolutif et couvrant la totalité de la surface
- liserés compliqués :  $\geq 2 \text{ mm}$ , et/ou évolutif quelle que soit son épaisseur, sa localisation ou son étendue

✓ **L'étude de l'aspect de l'allogreffe ( Ostéointégration des greffons) :**

L'étude de l'évolution de ces greffes, certains termes devront être employés avec précaution. En effet, s'il est facile de qualifier une résorption d'un greffon par sa disparition, il est encore possible de parler de consolidation par l'existence d'un cal unitif entre le greffon et l'os receveur, mais son appréciation n'est pas toujours simple.

Par contre, il faut se méfier des termes d'incorporation ou de réhabilitation dont la vérification directe ne peut se faire que dans une étude expérimentale ou lors d'une réintervention sur une allogreffe mise précédemment.

L'appréciation sur le plan pratique de cette incorporation sera en fait beaucoup plus difficile et il faudra se contenter souvent de la conjonction d'argument cliniques, radiologiques plus indirects que directs afin d'affirmer ou simplement de supposer la réalité de la réhabilitation du greffon.

Pour faire évaluer le devenir évolutif des greffes. Nous avons étudié leur aspect radiologique et notamment les contours, la trame et le remodelage des greffons. Godet *et al.* ont définis un score (décrit ci-dessous) permettant de juger de l'ostéointégration. [30]

Évaluation des contours de la greffe (C0 À C3) :

- 0 : Contours nets
- 1 : Contours flous
- 2 : Contours disparus
- 3 : Contours traversés par la trame

Évaluation de la trame des greffons (T0 À T3) :

- 0 : Trame des greffons
- 1 : Disparition de la trame des greffons plus ou moins orientée
- 2 : Réapparition d'une nouvelle trame
- 3 : Trame indiscernable de l'os environnant

Évaluation du remodelage de la déformation ou de la fracture (R0 À R3) :

- 0 : Déformation inchangée, fracture non consolidée
- 1 : Remodelage partiel de la déformation, fracture en cours de consolidation
- 2 : Remodelage net, fracture consolidée
- 3 : Déformation disparue, fracture invisible

L'addition des différentes valeurs obtenues permet d'obtenir un score entre 0 et 9. La greffe était considérée comme intégrée à partir d'un score de 6/9. Nous avons fixé la lyse osseuse partielle au score  $\leq 3$ . À partir de cette classification, les greffes ont ainsi été classées en 3 catégories : ostéointégration ( $\geq 6$ ), lyse partielle (de 3 à 5 inclus), lyse de la greffe ( $<3$ ).

L'évaluation radiologique a été effectuée sur des clichés de face et de profil de segment concerné à partir des dernières radiographies pratiquées avec un maximum de recul par rapport aux premiers clichés post opératoires.

Les données radiographiques ont été analysées par un observateur indépendant

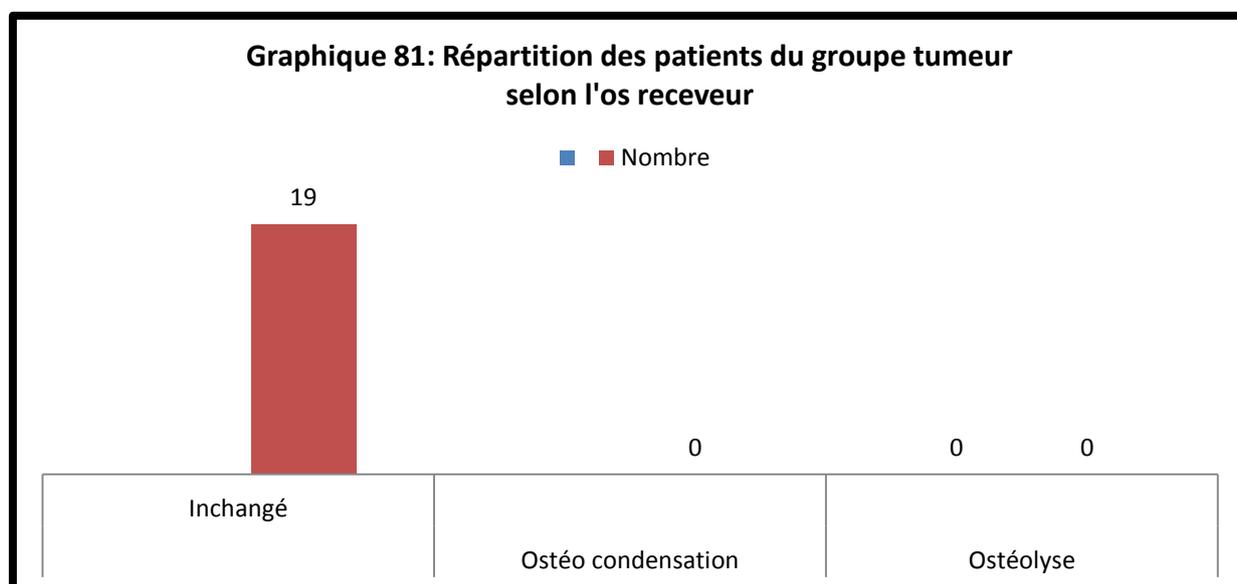
### 5.3.2. Résultats radiologiques :

#### 5.3.2.1. Étude d'os receveur :

➤ **Groupe tumeur**

Os receveur	Ostéo condensation	Ostéolyse		Total
		< 1 cm <sup>2</sup>	>1 cm <sup>2</sup>	
<b>Nombre</b>	<b>34</b>	<b>04</b>	<b>02</b>	<b>40</b>
<b>Taux %</b>	<b>85</b>	<b>10</b>	<b>5</b>	<b>100</b>

**Tableau 87 : Répartition des patients du groupe tumeur selon l'os receveur**



L'étude de l'os receveur présente surtout un intérêt dans les cas où il est le siège d'une fracture initiale ou dans la surveillance de la consolidation d'une fenêtre de corticotomie.

Au recul maximal et ce pour chaque patient, l'os receveur a retrouvé une Ostéo condensation, avec une consolidation des fenêtres corticales chez 34 des patients, 6 cas d'évolution atypique :

- 04 cas ayant récidivé à deux ans d'évolution en moyen, radiologiquement, il existait une plage d'ostéolyse inférieure à 1 cm<sup>2</sup> sur les deux incidences (nécessitant une surveillance)

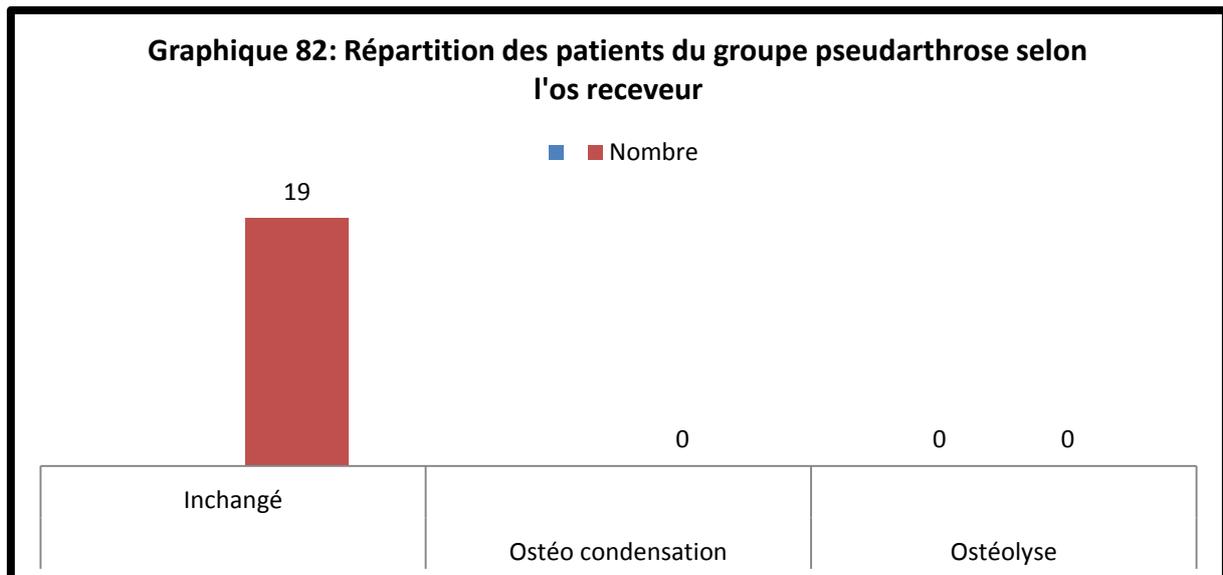
- Un cas de TCG de la main ayant récidivé à 18 mois d'évolution. Radiologiquement, il existait une plage d'ostéolyse supérieure à 1 cm<sup>2</sup> sur les deux incidences (nécessitant une reprise chirurgicale)

- Un cas de chondrome de l'extrémité supérieur de radius récidivé à deux ans d'évolution. Radiologiquement, il existait une plage d'ostéolyse supérieure à 1 cm<sup>2</sup> sur les deux incidences (nécessitant une reprise chirurgicale)

➤ **Groupe pseudarthrose :**

Os receveur	Ostéo condensation	Ostéolyse		Total
		< 1 cm <sup>2</sup>	> 1 cm <sup>2</sup>	
<b>Nombre</b>	<b>18</b>	<b>03</b>	<b>00</b>	<b>21</b>
<b>Taux %</b>	<b>85,71</b>	<b>14,28</b>	<b>00</b>	<b>100</b>

**Tableau 88 : Répartition des patients du groupe pseudarthrose selon l'os receveur**

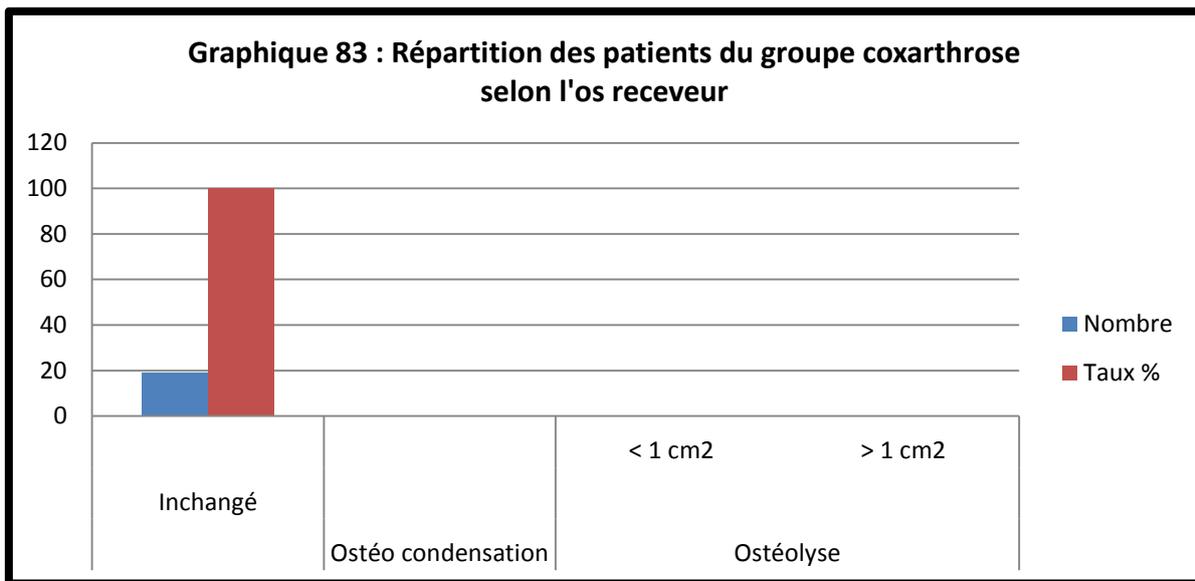


Au recul maximal et ce pour chaque patient, l'os receveur a retrouvé une Ostéo condensation, avec une consolidation des fenêtres corticales chez 18 des patients, 3cas présentant plusieurs plages d'ostéolyse <1 cm<sup>2</sup> (lyse infectieuse)

➤ **Groupe Coxarthrose :**

Os receveur	Inchangé	Ostéo condensation	Ostéolyse		Total
			< 1 cm <sup>2</sup>	> 1 cm <sup>2</sup>	
<b>Nombre</b>	<b>19</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>19</b>
<b>Taux %</b>	<b>100</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>100</b>

**Tableau 89 : Répartition des patients du groupe coxarthrose selon l'os receveur**

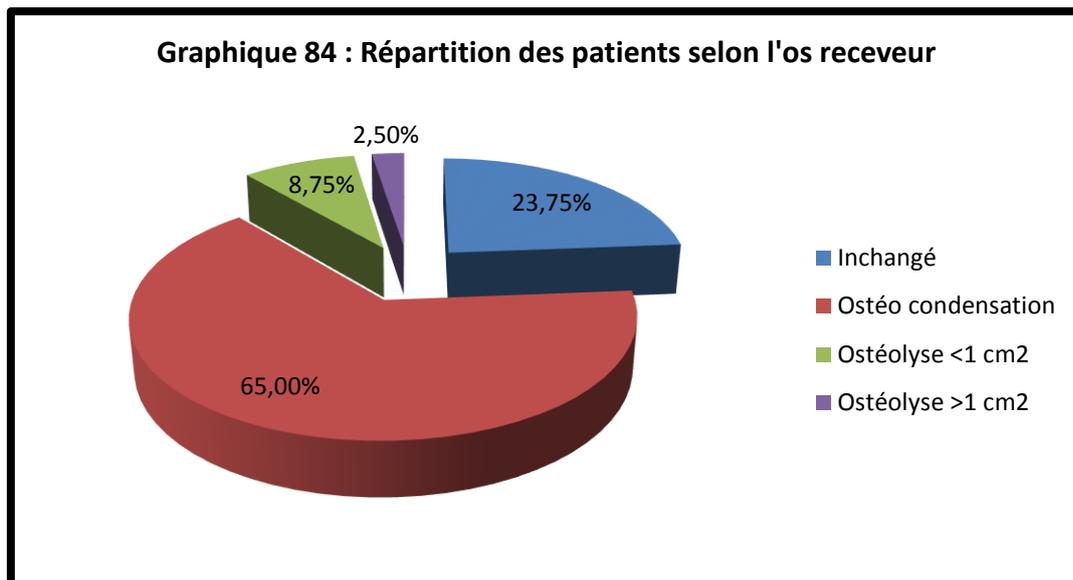


Au recul maximal et ce pour chaque patient, l'os receveur a retrouvé une densité intermédiaire

**AU TOTAL :**

Os receveur	Inchangé	Ostéo condensation	Ostéolyse		Total
			<1 cm <sup>2</sup>	>1 cm <sup>2</sup>	
<b>Nombre</b>	<b>19</b>	<b>52</b>	<b>07</b>	<b>02</b>	<b>80</b>
<b>Taux %</b>	<b>23,75</b>	<b>65</b>	<b>8,75</b>	<b>2,5</b>	<b>100</b>

**Tableau 90 : Répartition des patients selon l'os receveur**



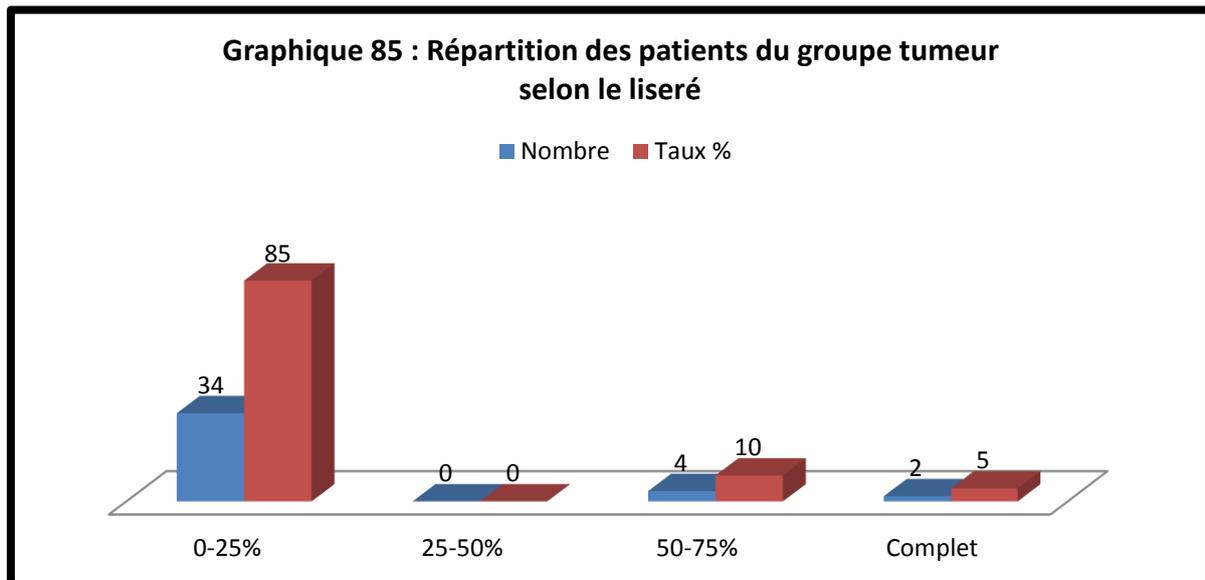
Au recul maximal et l'os receveur était inchangé dans 23.75%, ostéo condensation dans 65%, une ostéolyse <1 cm<sup>2</sup> dans 8.75%, une ostéolyse >1 cm<sup>2</sup> dans 2.5%.

### 5.3.2.2. Étude de la Jonction allogreffe-os receveur :

➤ **TUMEURS :**

Liseré	0-25%	25-50%	50-75%	Complet	Total
Nombre	34	00	04	02	40
Taux %	85	00	10	5	100

**Tableau 91 : Répartition des patients du groupe tumeur selon le liseré**

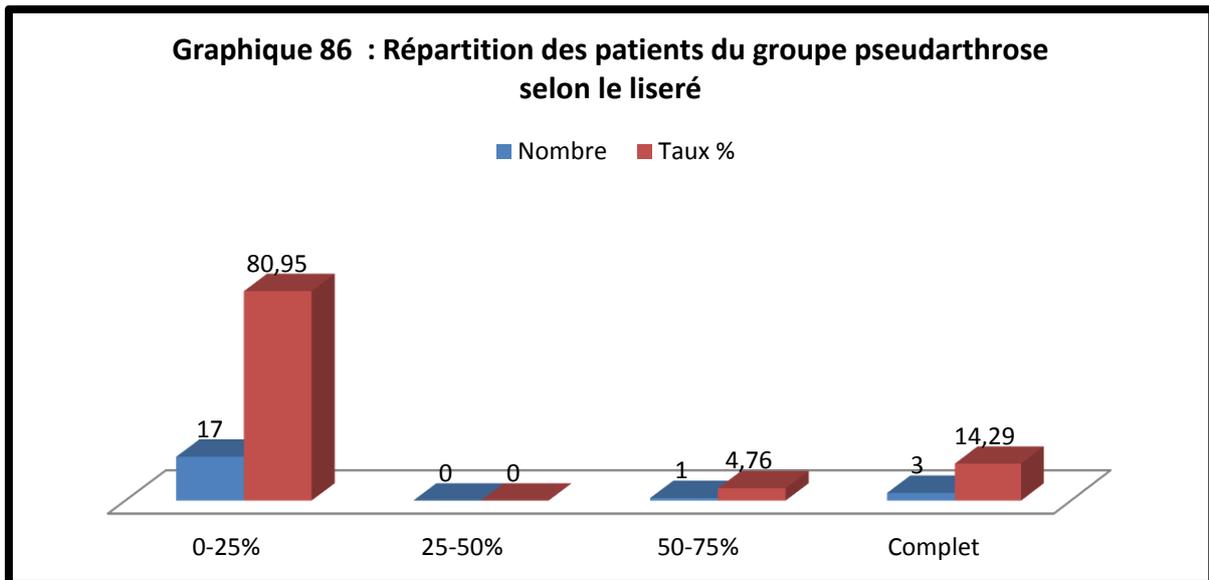


Après le recul maximal, la consolidation de la jonction allogreffe os receveur a été acquise dans plus de 85 %, 04 cas (10%) la consolidation étaient incomplète, 2 cas (5%) le liseré est complet, il y a aucun signe de consolidation.

➤ **PSEUDARTHROSE :**

Liseré	0-25%	25-50%	50-75%	Complet	Total
Nombre	17	00	01	03	21
Taux %	80,95	00	4,76	14,29	100

**Tableau 92 : Répartition des patients du groupe pseudarthrose selon le liseré**



Après le recul maximal, la consolidation de la jonction allogreffe os receveur a été acquise dans 80.95%, 01 cas (4.76%) la consolidation étaient incomplète, 3 cas (14.29%) le liseré est complet, il y a aucun effort de consolidation.

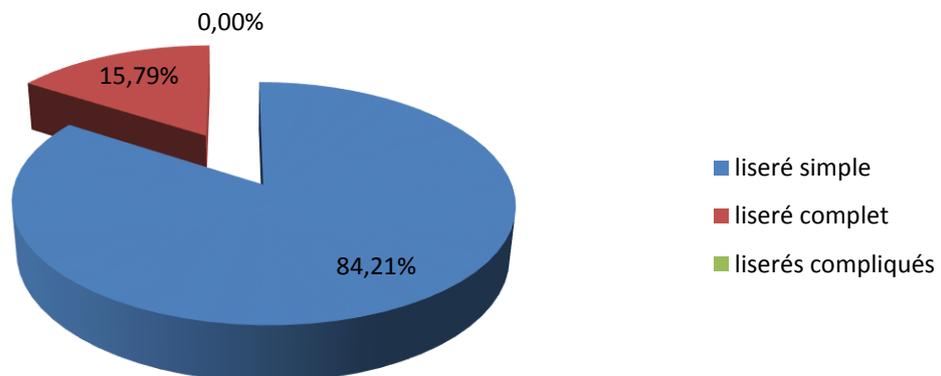
➤ **COXARTHROSE :**

Liseré	liseré simple	liseré complet	liserés compliqués	Total
Nombre	<b>16</b>	<b>03</b>	<b>00</b>	<b>19</b>
Taux %	<b>84,21</b>	<b>15,79</b>	<b>00</b>	<b>100</b>

**Tableau 93 : Répartition des patients du groupe coxarthrose  
Selon la classification de De Lee et Charnley**

Dans notre groupe, 16 patients présentent un liserer simple soit 84.21%, 03 patients présentent un liseré complet non évolutif (nécessitant une surveillance)  
Aucun des liserés retrouvés n'a été progressif pendant la période de l'étude, pas de signe clinique de descellement.

**Graphique 87: Répartition des patients du groupe coxarthrose selon la  
classification de DE LEE et CHARNLEY**



Au total

Pour les 3 groupes, la consolidation de la jonction allogreffe os receveur a été acquise dans 83.39% (67cas) ,08 cas (11.25%) la consolidation étaient incomplète, (nécessitant une surveillance), 5 cas (6.25%) le liseré est complet, il y a aucun effort de consolidation

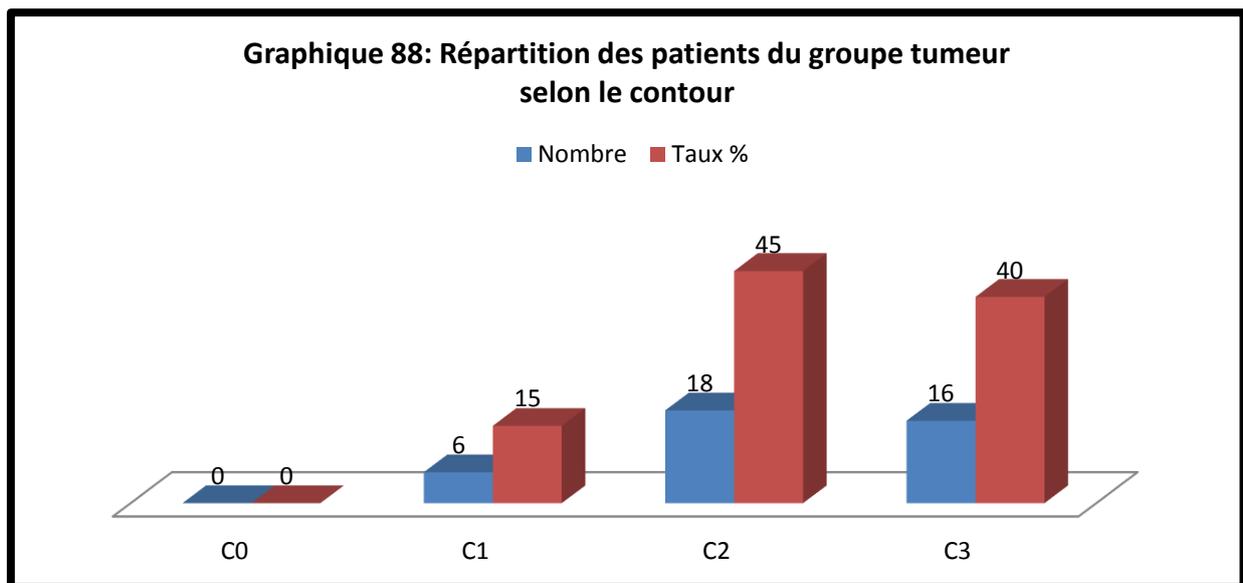
**5.3.2.3.L'étude de l'aspect de l'allogreffe (ostéointégration des greffons) :**

➤ **GROUPE TUMEUR :**

**Le contour :**

Contour	C0	C1	C2	C3	Total
Nombre	00	06	18	16	40
Taux %	00	15	45	40	100

**Tableau 94 : Répartition des patients du groupe tumeur selon le contour**

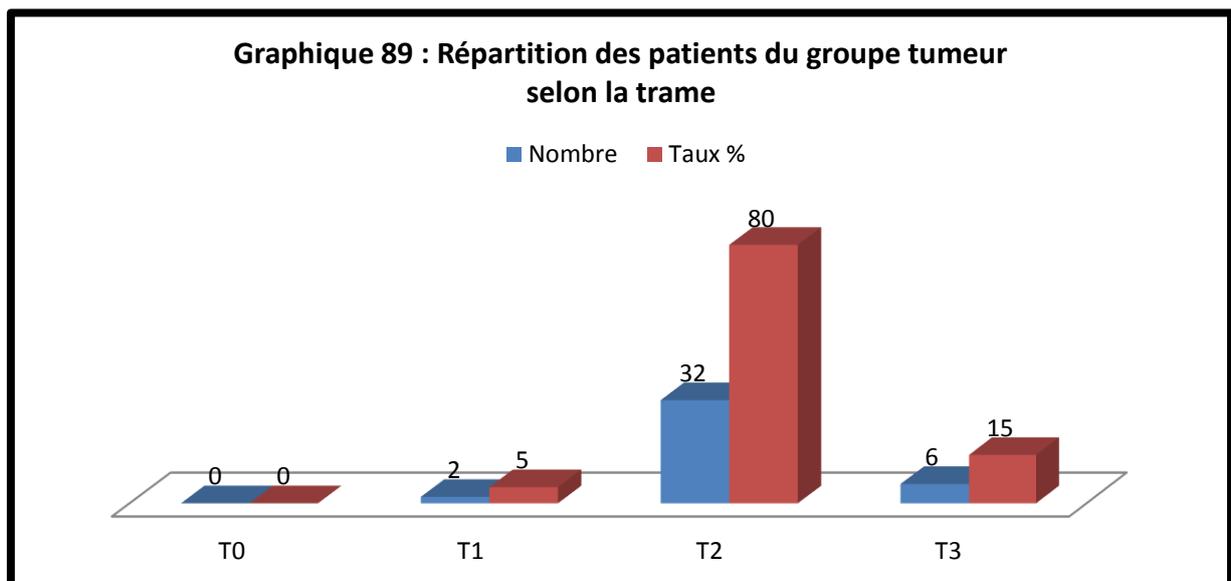


Le contour de l'allogreffe était traversé par la trame dans 16 cas (40%), disparus dans 18 cas (45%) et flou dans 06 cas (15%).

La trame :

La trame	T0	T1	T2	T3	Total
Nombre	00	02	32	06	40
Taux %	00	05	80	15	100

**Tableau 95 : Répartition des patients du groupe tumeur selon la trame**

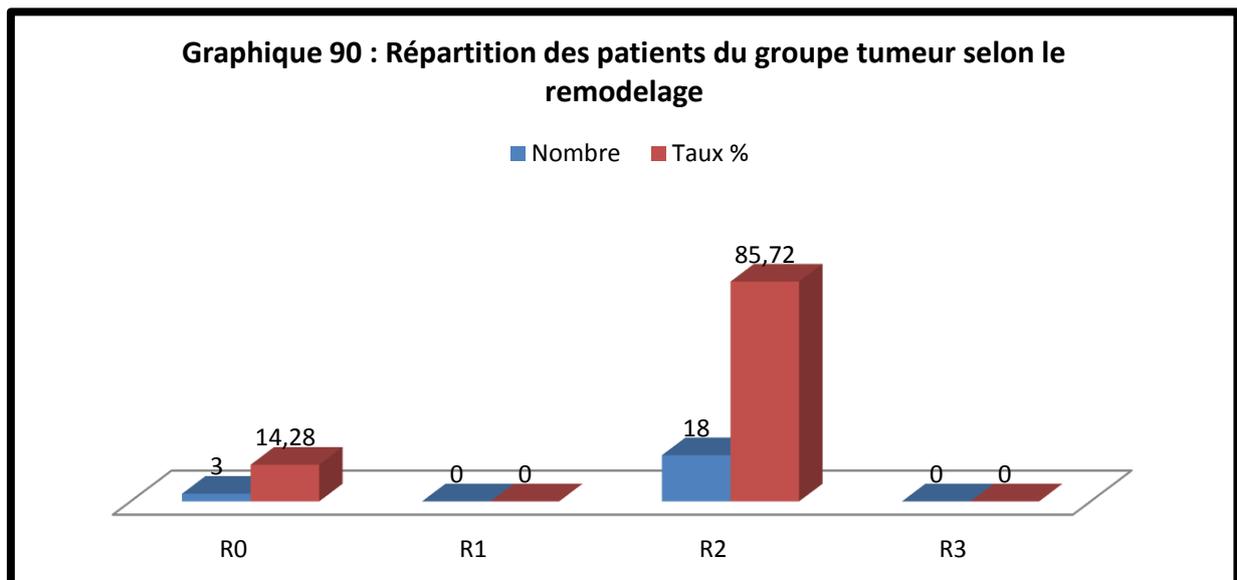


La trame été indiscernable de l'os environnant dans 06 cas (15%), dans 32 cas (32%) il y a une réapparition d'une nouvelle trame, dans 2 cas (5%) on a eu une disparition de la trame des greffons plus au moins orienté.

**Le remodelage :**

Le remodelage	R0	R1	R2	R3	Total
Nombre	02	04	33	01	40
Taux %	05	10	82,5	2,5	100

**Tableau 96 : Répartition des patients du groupe tumeur selon le remodelage**

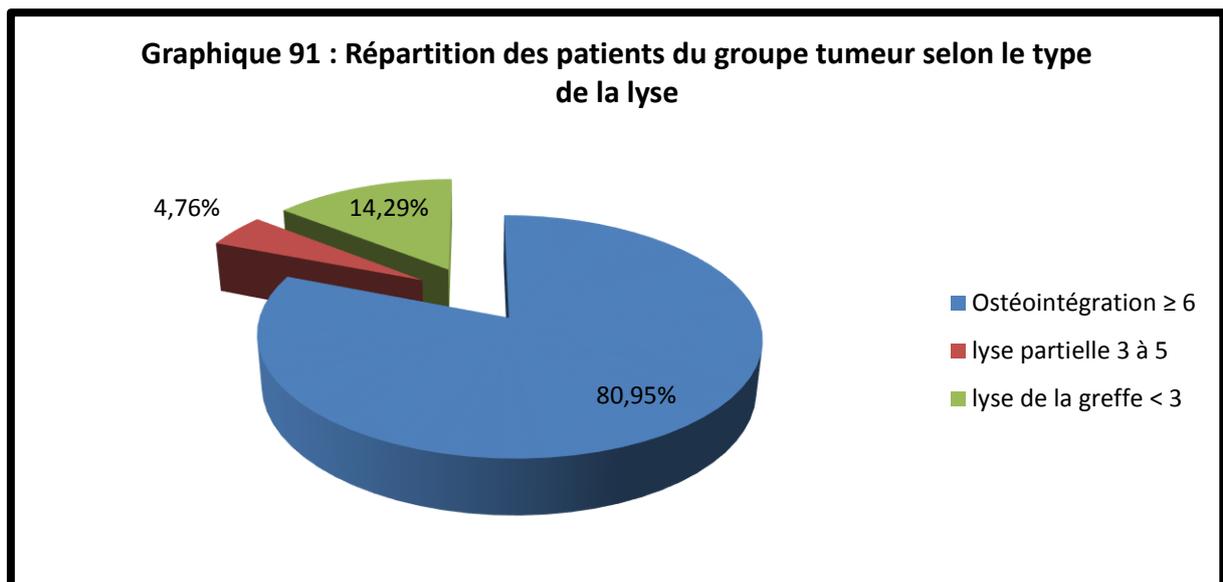


Chez 2.5% des patients la déformation est disparue la fracture est invisible, et chez 82.5% des patients le remodelage net la fracture est consolidée, chez 10% des patients le remodelage partiel de la déformation, fracture en cours de consolidation, chez 5% des patients la déformation inchangée, fracture non consolidée.

**TOTAL :**

Total	Ostéointégration $\geq 6$	lyse partielle 3 à 5	lyse de la greffe < 3	Total
Nombre	34	04	02	40
Taux %	85	10	05	100

**Tableau 97 : Répartition des patients du groupe tumeur selon le type de la lyse**



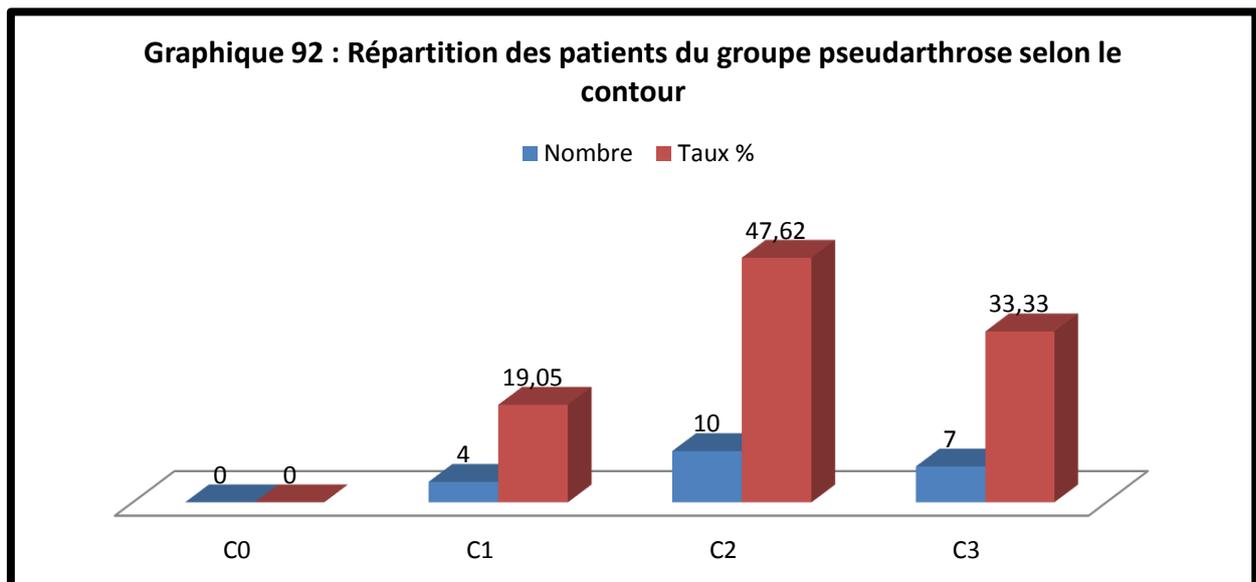
L'ostéointégration a été acquise dans ce groupe dans 85% des cas, il y a eu une lyse partielle dans 10% des cas, une lyse totale dans 5% des cas

➤ **PSEUDARTHROSE :**

Le contour :

Le contour	C0	C1	C2	C3	Total
Nombre	00	04	10	07	21
Taux %	00	19,05	47,62	33,33	100

**Tableau 98 : Répartition des patients du groupe pseudarthrose selon le contour**

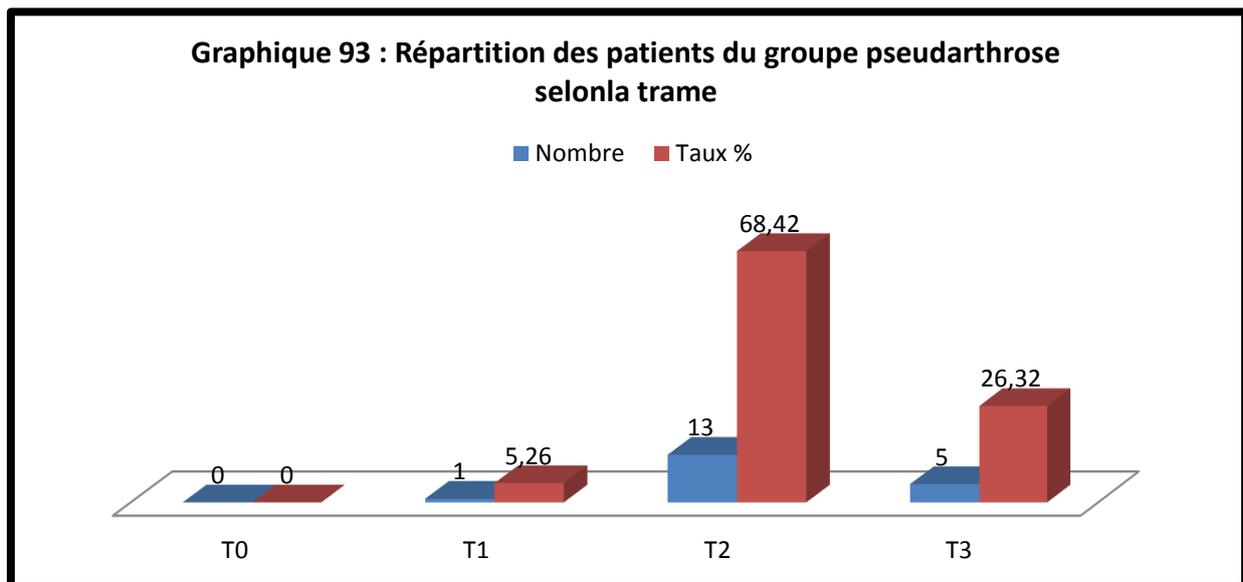


Le contour de l'allogreffé était traversé par la trame dans 07 cas (33.33%), disparus dans 10 cas (47.62%) et flou dans 4 cas (19.05%).

**La trame :**

La trame	T0	T1	T2	T3	Total
Nombre	00	04	14	03	21
Taux %	00	19,05	66,67	14,28	100

**Tableau 99 : Répartition des patients du groupe pseudarthrose selon la trame**

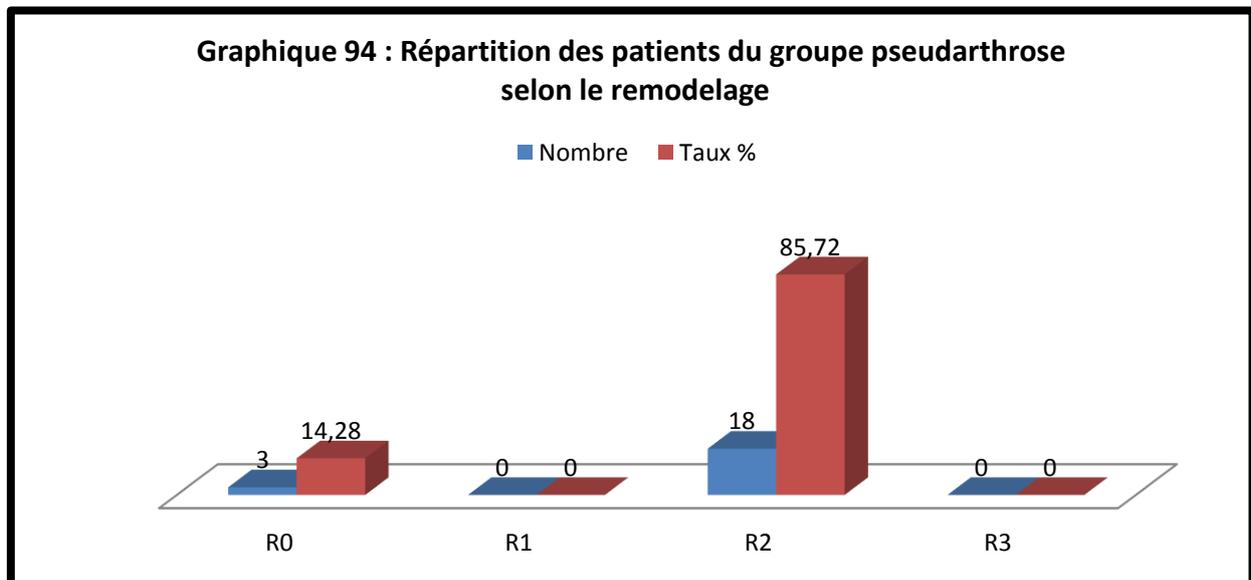


La trame était indiscernable de l'os environnant dans 03 cas (14.28%), dans 14 cas (66.67%) il y a une réapparition d'une nouvelle trame, dans 4 cas (19.05%) on a eu une disparition de la trame des greffons plus au moins orienté.

**Le remodelage :**

Le remodelage	R0	R1	R2	R3	Total
Nombre	03	00	18	00	21
Taux %	14,28	00	85,72	00	100

**Tableau 100 : Répartition des patients du groupe pseudarthrose selon le remodelage**

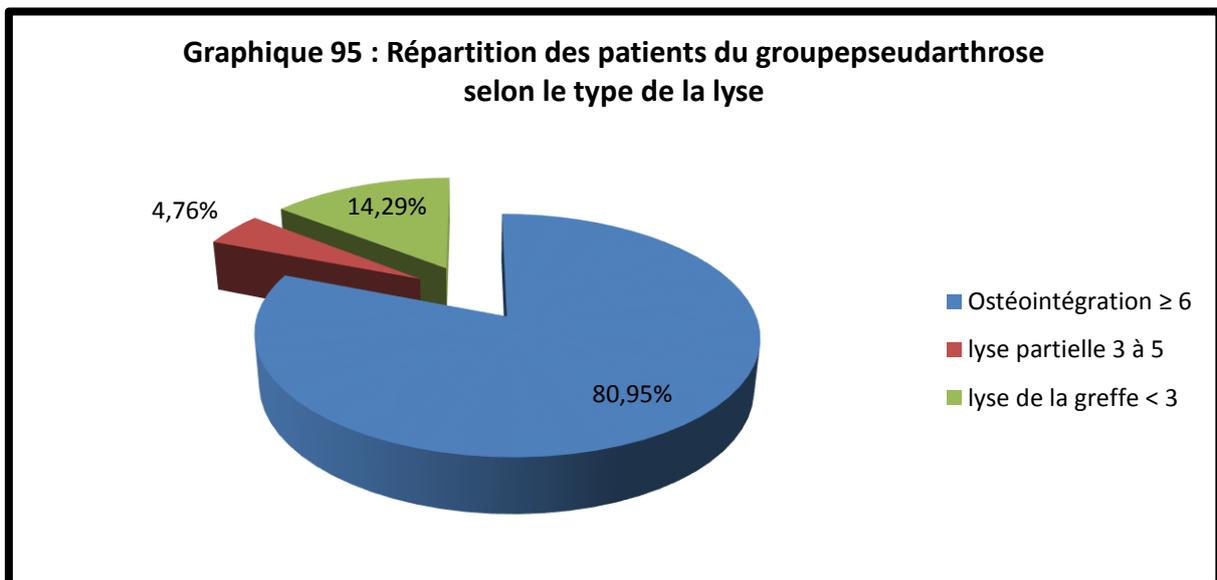


Chez 85.72% des patients le remodelage est net et la fracture est consolidée, chez 14.28% des patients la déformation inchangée, fracture non consolidée

**Total :**

Type de la lyse	Ostéointégration $\geq 6$	lyse partielle 3 à 5	lyse de la greffe $< 3$	Total
Nombre	17	01	03	21
Taux %	80.95	4.76	14.29	100

**Tableau 101 : Répartition des patients du groupe pseudarthrose selon le type de la lyse**



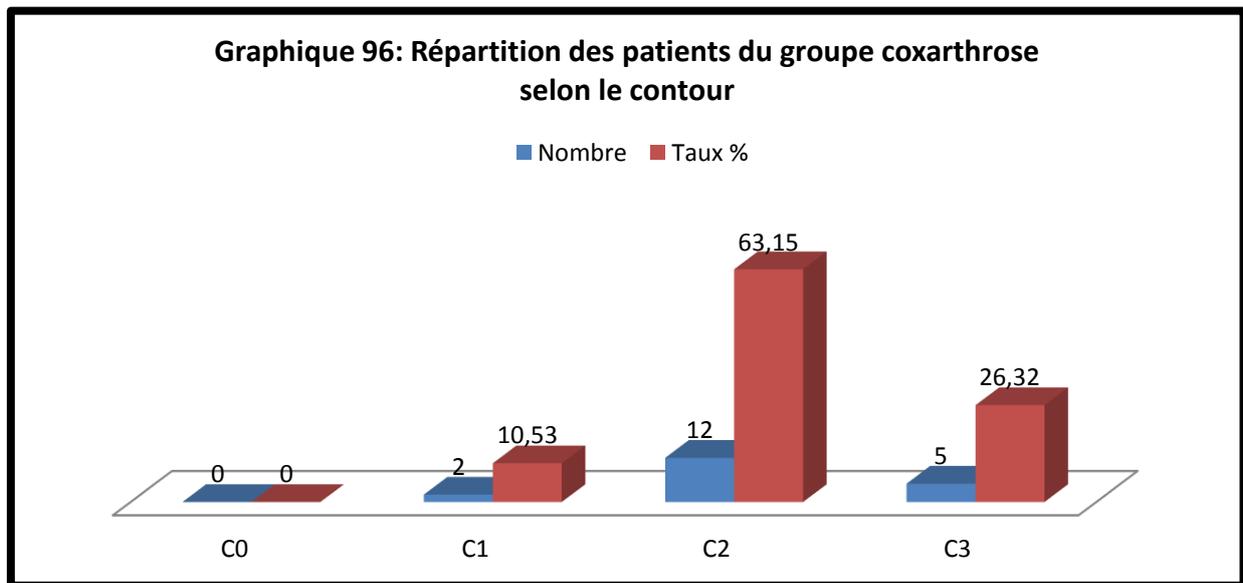
L'ostéointégration a été acquise dans ce groupe dans 85% des cas, il y a eu une lyse partielle dans 10% des cas, une lyse totale dans 5% des cas

➤ **COXARTHROSE :**

**Le contour**

Le contour	C0	C1	C2	C3	Total
Nombre	00	02	12	05	19
Taux %	00	10,53	63,15	26,32	100

**Tableau 102 : Répartition des patients du groupe coxarthrose selon le contour**

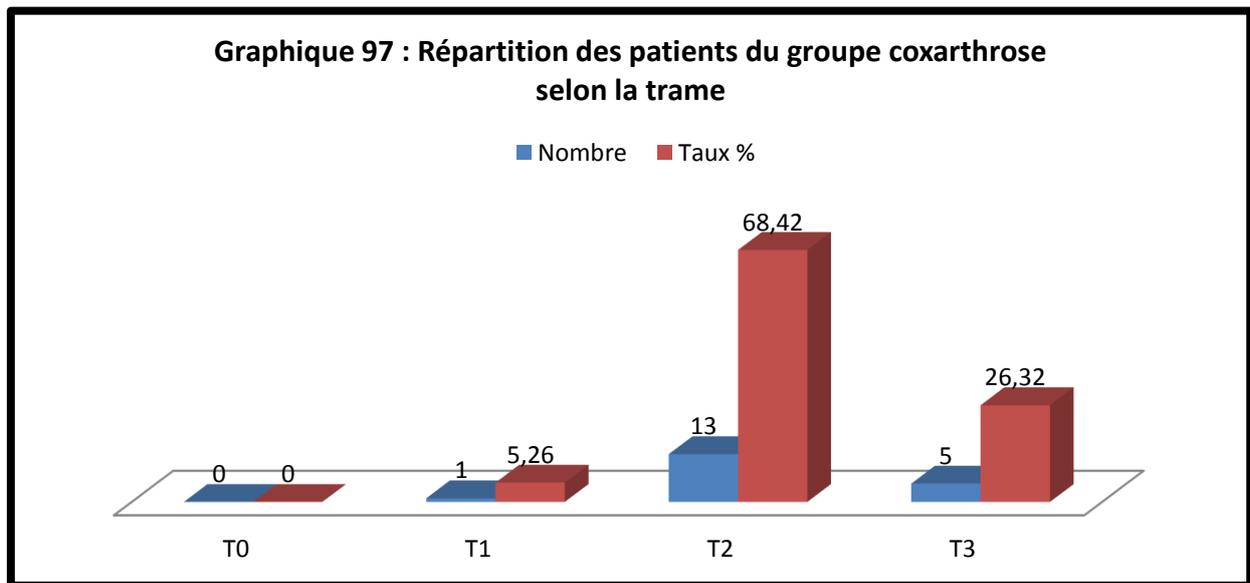


Le contour de l'allogreffe était traversé par la trame dans 05 cas (26.32%), disparus dans 12cas (63.15%) et flou dans 02 cas (10.53%).

La trame :

La trame	T0	T1	T2	T3	Total
Nombre	00	01	13	05	19
Taux %	00	5,26	68,42	26,32	100

**Tableau 103 : Répartition des patients du groupe coxarthrose selon la trame**

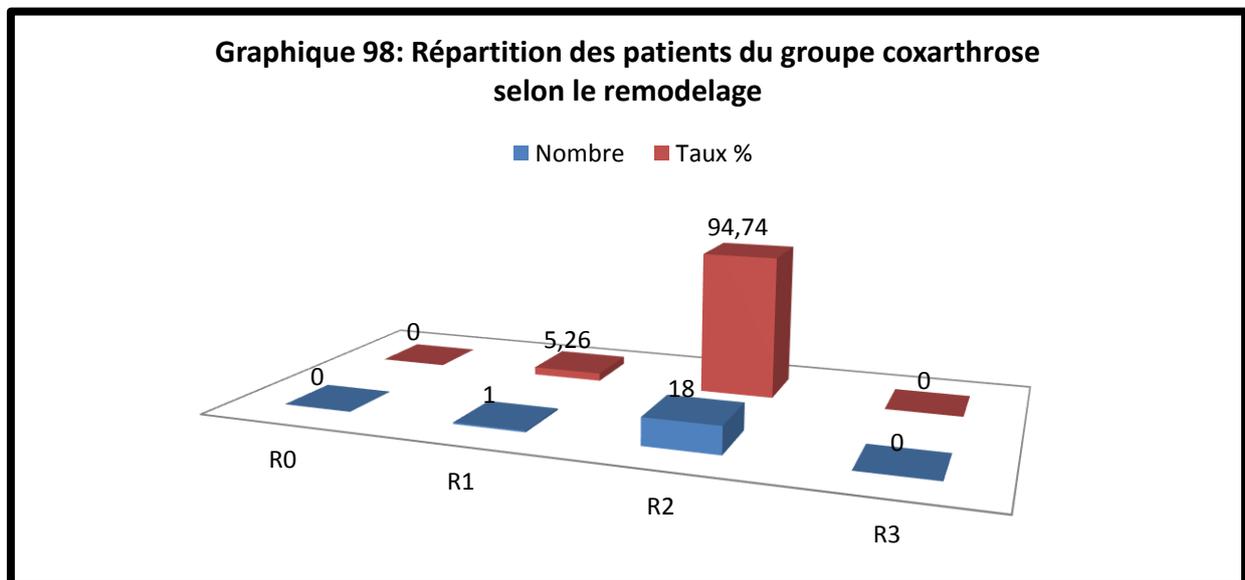


La trame était indiscernable de l'os environnant dans 05 cas (26.32%), dans 13 cas (68.42%) il y a une réapparition d'une nouvelle trame, dans 1 cas (5.26%) on a eu une disparition de la trame des greffons plus au moins orienté.

**Le remodelage :**

Remodelage	R0	R1	R2	R3	Total
Nombre	00	01	18	00	19
Taux %	00	5,26	94,74	00	100

**Tableau 104 : Répartition des patients du groupe coxarthrose selon le remodelage**

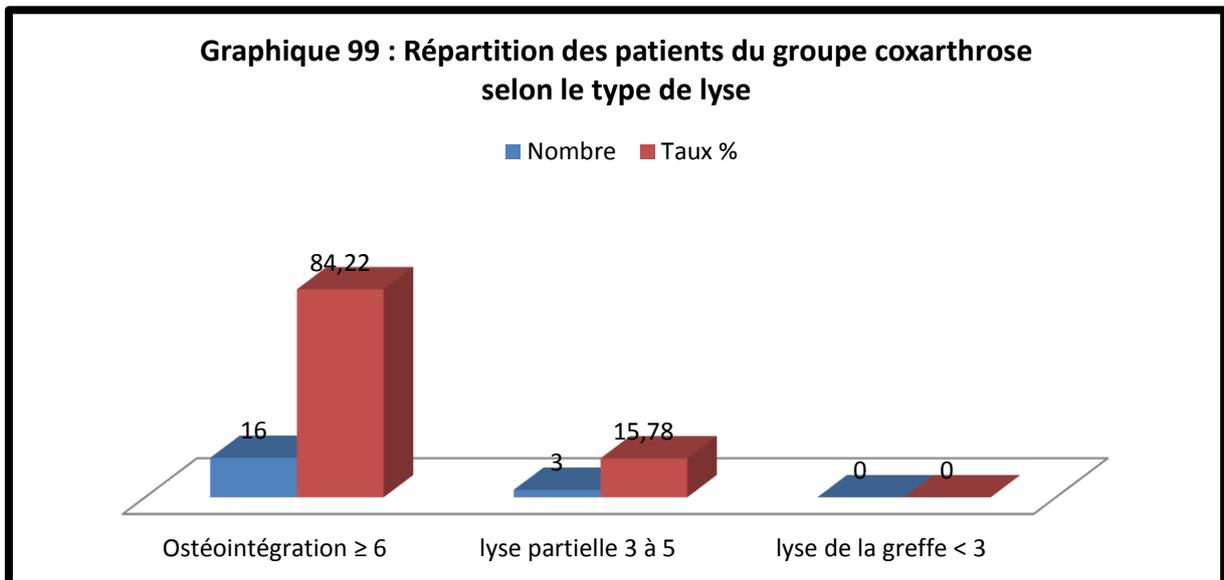


Chez 94.74% des patients le remodelage net la fracture est consolidée, chez 10% des patients le remodelage partiel de la déformation, fracture en cours de consolidation,

**TOTAL :**

Type de lyse	Ostéointégration $\geq 6$	lyse partielle 3 à 5	lyse de la greffe $< 3$	Total
<b>Nombre</b>	<b>16</b>	<b>03</b>	<b>00</b>	<b>19</b>
<b>Taux %</b>	<b>84.22</b>	<b>15.78</b>	<b>00</b>	<b>100</b>

**Tableau 105 : Répartition des patients du groupe coxarthrose selon le type de lyse**

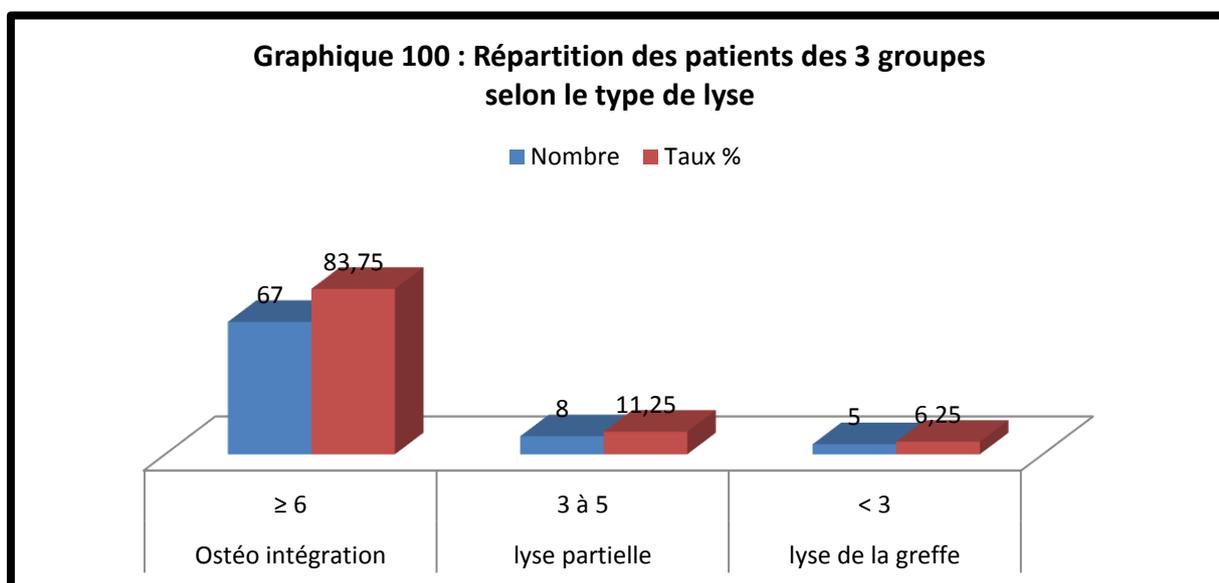


- Nous avons observé 16 cas d'osteointégration de l'allogreffe et 03 cas résorption partielle du greffon

**AU TOTAL, DANS NOTRE SÉRIE (POUR LES TROIS GROUPES) :**

Type de lyse pour les 3 groupes	Ostéo intégration $\geq 6$	lyse partielle 3 à 5	lyse de la greffe $< 3$	Total
<b>Nombre</b>	<b>67</b>	<b>08</b>	<b>05</b>	<b>80</b>
<b>Taux %</b>	<b>83.75</b>	<b>11.25</b>	<b>6.25</b>	<b>100</b>

**Tableau 106 : Répartition des patients des 3 groupes selon le type de lyse**



Dans notre série, pour les trois groupes, Nous avons observé 67 cas d'ostéointégration de l'allogreffe soit 83.75% et 08 cas soit 11.25% de résorption partielle et 5 cas soit 6.25% une résorption totale (lyse totale) du greffon

## **5.4.LES RÉSULTATS FONCTIONNELS :**

### **5.4.1. Méthodes d'évaluation fonctionnelles :**

Différents score d'évaluation du patient ont été enregistrés dans notre étude, compte tenu de l'hétérogénéité de la série :

**Pour le groupe « Tumeur » :** Nous avons évalué les résultats fonctionnels des tumeurs opérées selon le score Fonctionnelle de la MSTS (La Musculo-Skeletal Tumors Society). (Annexe 8)

**Pour le groupe « pseudarthrose » :** Nous avons évalué les résultats fonctionnels des pseudarthroses opérées selon Critères fonctionnels d'ASAMI (association of the study and application of the method of ilizarov international and bone-reconstruction) (annexe 9)

**Pour le groupe « coxarthrose »** Nous avons évalué les résultats fonctionnels des hanches opérées selon la cotation de Postel et Merle d'Aubigné (PMA) qui évalue la douleur, la mobilité de la hanche avec ou sans attitude vicieuse et la marche (cotation sur 18) (annexe 10)

**5.4.2. Résultats fonctionnels :**

➤ **Groupe tumeur :**

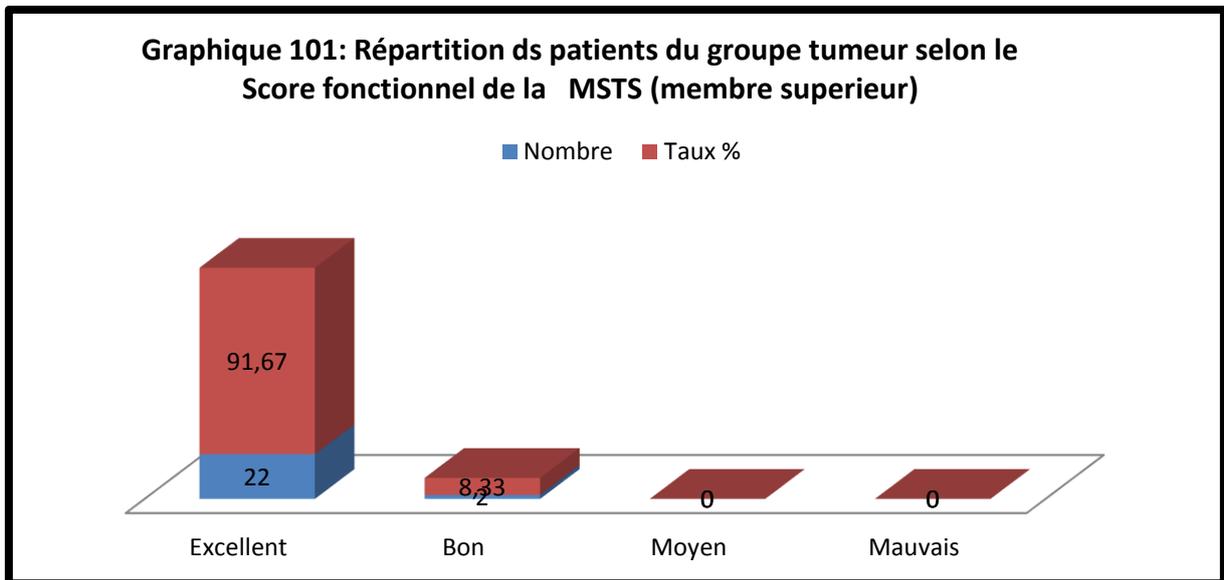
**5.4.3. Résultats fonctionnels : Score fonctionnel de la MSTS (La Musculo-Skeletal Tumors Society) :**

**MEMBRE SUPÉRIEUR**

**Résultats fonctionnels selon Score fonctionnel de la MSTS**

Total score fonctionnel	Excellent	Bon	Moyen	Mauvais	Total
<b>Nombre</b>	<b>22</b>	<b>02</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>24</b>
<b>Taux %</b>	<b>91,67</b>	<b>8,33</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>100</b>

**Tableau107 : Répartition des patients du groupe tumeur selon le score fonctionnel de la MSTS (membre supérieur)**



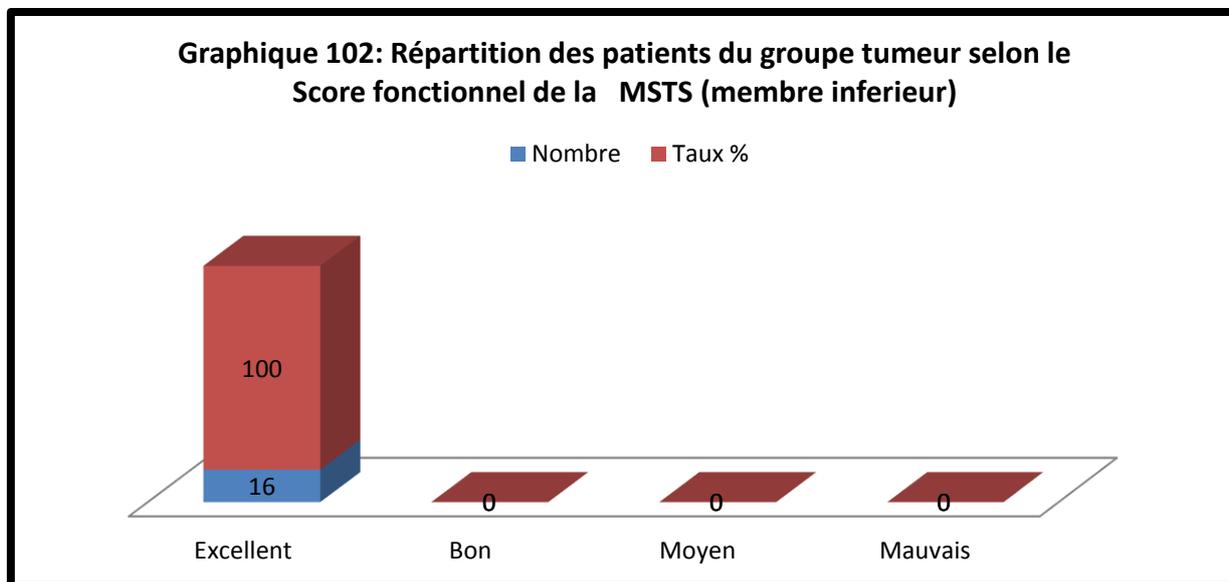
L'analyse port é sur les 40 patients traité par allogreffe après un recul maximum, selon la classification le score fonctionnel de la MSTS, on ne constate aucun patient possédant un moyen ou mauvais résultat.

**MEMBRE INFERIEUR :**

**Résultats fonctionnels selon le Score fonctionnel de la MSTS :**

Score fonctionnel	Excellent	Bon	Moyen	Mauvais	Total
Nombre	16	00	00	00	16
Taux %	100	00	00	00	100

**Tableau 108 : Répartition des patients du groupe tumeur selon le Score fonctionnel de la MSTS (Membre inférieur)**

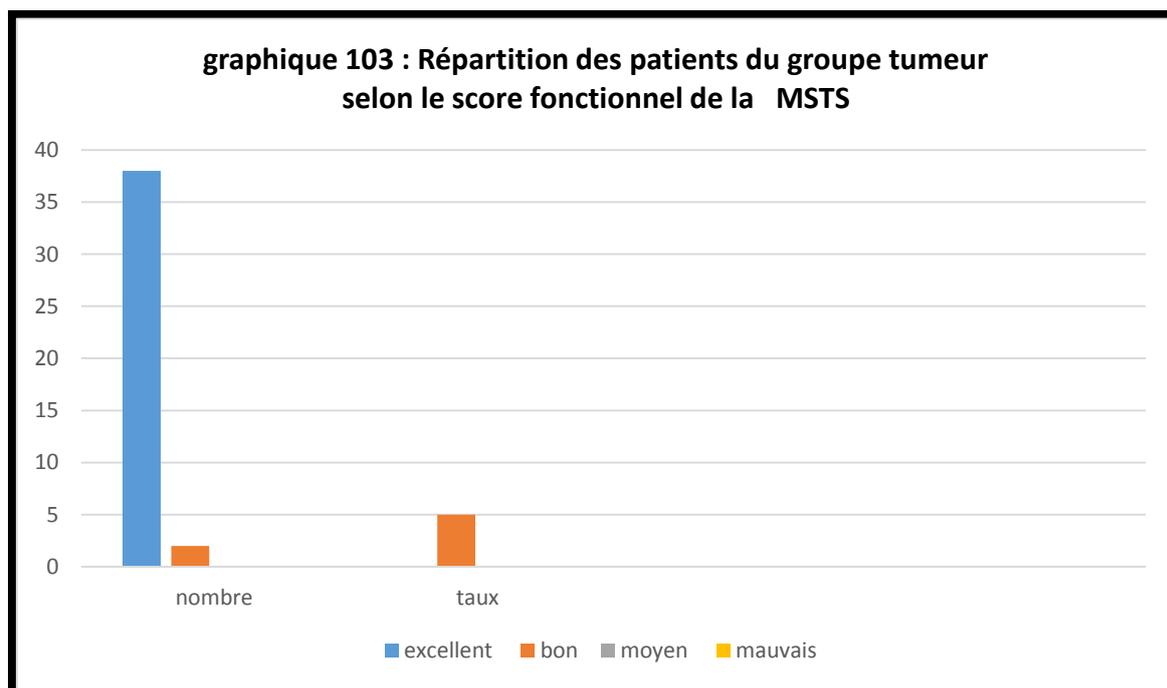


Les résultats fonctionnels du membre inférieur selon le score fonctionnel de la MSTS sont excellent (100%).

**AU TOTAL :**

Total score fonctionnel	Excellent	Bon	Moyen	Mauvais	Total
Nombre	38	02	00	00	40
Taux %	95	05	00	00	100

**Tableau 109 : Répartition des patients du groupe tumeur selon le score fonctionnel de la MSTs**



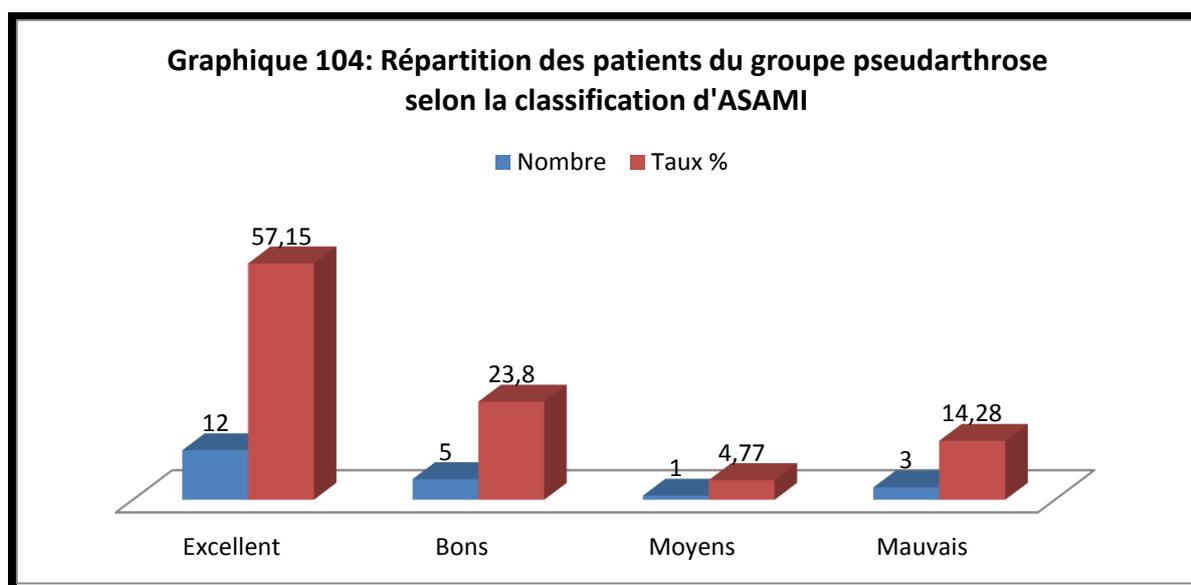
95% des résultats étaient excellent, 05% sont bons.

➤ **GROUPE PSEUDARTHROSE :**

Résultats fonctionnels selon les critères d'ASAMI

Classification ASAMI	Excellent	bons	Moyens	mauvais	Total
Nombre	12	05	01	03	21
Taux %	57,15	23,80	4,77	14,28	100

**Tableau 110 : Répartition des patients du groupe pseudarthrose  
Selon la classification d'ASAMI**



57.15% des résultats étaient excellent, 23.80% sont bons, 4.77% moyens, 14.28% étaient mauvais.

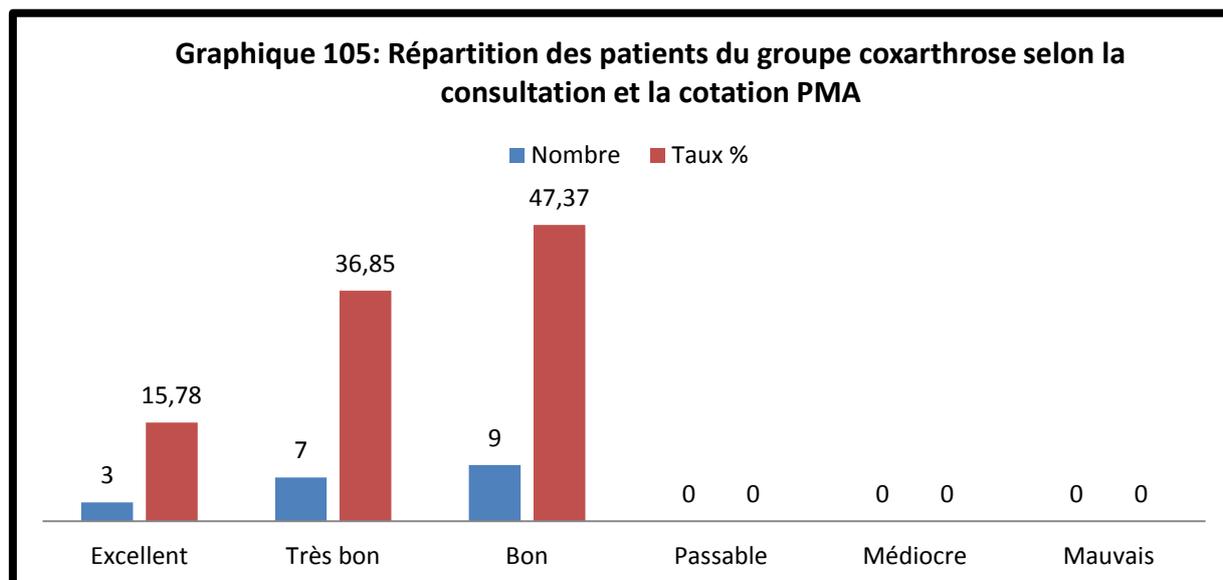
**Groupe coxarthrose :**

**Résultats fonctionnels selon la cotation de Postel et Merle d'Aubigné (PMA)**

**Total : la cotation de Postel et Merle d'Aubigné (PMA):**

Cotation PMA	Excellent	Très bon	Bon	Passable	Médiocre	Mauvais	Total
Nombre	03	07	09	00	00	00	19
Taux %	15,78	36,85	47,37	00	00	00	100

**Tableau 111 : Répartition des patients du groupe coxarthrose  
Selon consultation et selon la cotation de Postel et Merle d'Aubigné (PMA)**



**Au recul maximal, les gains de score fonctionnel étaient positifs, avec un gain moyen de score PMA de 07 (de 09 à 16) :**

- 04 résultats excellent**
- 07 résultats très bons**
- 09 résultats bons**

## **VI. DISCUSSION :**

L'objectif de notre travail est d'apporter une réponse à la question :  
Quels est le bénéfice de l'apport de l'allogreffe osseuse dans les pertes de substances osseuses post traumatique, dysplasique dégénérative ou tumorale.

Différents moyens s'offrent à nous pour réaliser la reconstruction osseuse, ces moyens diffèrent selon leur nature, autogreffe, allogreffe morcelées, structurales ou massives, biomatériaux et substituts osseux. Leurs indications respectives dépendent du type de perte de substance osseuse observée, segmentaire ou cavitaire.

Les résultats sont liés à leur potentiel d'ostéointégration ou au contraire de résorption, eux-mêmes directement corrélés au type d'implant ou l'ostéosynthèse qui leur est associé. [26]

### **a- Allogreffes osseuse :**

Si les autogreffes ont fait depuis longtemps la preuve de leur efficacité, les allogreffes ont été souvent utilisés depuis 1879, date à laquelle Mac Ewen traita une pseudarthrose de l'humérus grâce à un greffon frais prélevé sur un membre amputé. Ces opérations ont cependant souvent été réalisées dans des conditions techniques que nous considérerions actuellement comme scabreuses. [126]

En 1908, Lexer publia la première série importante d'allogreffes ostéo-cartilagineuses, avec 50% de bons résultats à 15 ans. H. Judet en 1905, Carrel en 1912, Phemister en 1914, étudièrent la biologie de la greffe osseuse et soulignèrent le fait que la transplantation d'os mort se comporte approximativement comme celle d'un os vivant.

De nombreux autres auteurs publièrent des séries importantes avec plus de 50% de bons résultats à plusieurs dizaines d'années de distance marquée surtout par les travaux Nord-Américains, et surtout par l'équipe de Boston, dirigée par le Professeur H. Mankin et l'équipe de Toronto du Professeur A. Gross, qui utilisent régulièrement ces techniques depuis une dizaine d'années avec plus de 80% de bons résultats fonctionnels. [126]

Les allogreffes osseuses comportent trois formes disponibles : les allogreffes structurales, les allogreffes morcelées et les allogreffes massives. Elles représentent le matériel le plus utilisé surtout pour les reconstructions acétabulaires. [26]

Elles sont d'origine humaine et peuvent être cryoconservées, irradiées ou lyophilisées. Les allogreffes structurales sont constituées de blocs osseux provenant des têtes fémorales prélevées lors d'arthroplasties primaires de hanche et conservées par les banques de tissus, suivant une réglementation très rigoureuse. [26]

Elles peuvent être taillées et modelées à la demande pour s'adapter aux défauts rencontrés et reconstruire des pertes de substance osseuse segmentaires. Elles peuvent être encastrées ou fixées par des vis ou une plaque d'ostéosynthèse.

Les allogreffes morcelées sont particulièrement adaptées au comblement des défauts osseux cavitaires dont elles permettent de remplir toutes les anfractuosités.

Elles peuvent également être utilisées dans des formes de défauts plus sévères et même segmentaires, en association à des plaques d'ostéosynthèse et des anneaux de soutien. [26]

**b- Autogreffes osseuses :**

L'autogreffe osseuse constitue le Gold Standard des moyens de reconstruction osseuse. Elle peut être utilisée sous forme de greffons spongieux prélevés sur la crête iliaque antérieure ou postérieure, ou sous forme de greffon cortico-spongieux pour reconstruire un défaut segmentaire.

Elle est toutefois limitée par les quantités disponibles, surtout dans les pertes de substance volumineuses. Elle peut toutefois dans ces cas-là être associée à une allogreffe dans le but d'en améliorer l'ostéointégration. [26]

Leurs inconvénients majeurs sont la faible quantité disponible et la morbidité liée au prélèvement. [26]

Ce qui a suscité à rechercher d'autres moyens de reconstruction

**c- Biomatériaux et substituts osseux :**

Les substituts osseux présentent un intérêt indiscutable en termes de disponibilité et de sécurité puisqu'ils ne présentent pas de risque de contamination bactérienne ou virale, contrairement aux allogreffes, même si les réglementations en vigueur confèrent aux allogreffes une sécurité satisfaisante. [26]

Le ciment acrylique ou polyméthylmétacrylate (PMMA) est le biomatériau le plus ancien utilisé surtout dans la reconstruction du cotyle.

Il constitue un moyen simple de comblement mais avec une qualité de fixation relativement aléatoire sur un os de mauvaise qualité souvent scléreuse.

Il ne permet toutefois pas une reconstruction du capital osseux, expose à un descellement ou fracture itératif et doit pratiquement être abandonné en tant que matériau de comblement osseux [26]

Pour notre étude qui s'étale sur une période de 5 ans , nous avons colligé 80 cas présentant une perte de substance osseuse d'origine tumorale, post traumatique, dégénérative ou dysplasique ayant bénéficié d'une reconstruction osseuse par allogreffe osseuse provenant des têtes fémorales cryoconservées.

Notre travail a intéressé 80 reconstructions osseuses dont 45 hommes et 35 femmes avec un âge moyen de 36.5 ans (15-75 ans), repartis en 3 groupes :

Groupe tumeur : 40 cas

Groupe pseudarthrose : 21 cas

Groupe coxarthrose : 19 cas

Avec un recul moyen de 28.7 mois (18-46 mois), la reconstruction a intéressé :

Le membre supérieur dans 29 cas :

Humérus : 6 cas

Avant-bras : 9 cas

Main : 14 cas

Le membre inférieur dans 51 cas

Hanche 19 cas

Fémur 09

Rotule 01

Jambe 20

Calcaneum 02

La perte de substance était :

- Segmentaire dans 6 cas, cavitaire 12 cas et mixte un seul cas pour le groupe coxarthrose

- 4.5 cm en moyen (2-10 cm) pour le groupe pseudarthrose

- pour le groupe tumeur : elle était

-D - : inférieure à 10 mm dans 07 cas

-D+ : supérieure ou égale à 10 mm dans 33 cas

(D c'est la distance qui sépare le point de la perte de substance le plus éloigné de l'os receveur).

Toutes les allogreffes osseuses qu'on a utilisés provenaient de prélèvement des têtes fémorales sur personnes vivants dans le cadre d'une arthroplastie primaire de hanche, toutes ont été conservées par cryoconservation dans une seule banque d'os (service d'orthopédie CHU de Blida).

Des règles de fonctionnement extrêmement strictes ont été établies pour éviter tout risque de contamination du receveur par un agent pathogène transmissible.

On a utilisé :

Allogreffes spongieuse morcelées dans 65 cas

Allogreffe structurales dans 15 cas.

Cette reconstruction été seule dans 31 cas, associée à :

Fixateur externe dans 09 cas

Plaque vissée dans 18 cas

Enclouage Centro médullaire (ECM) dans 3 cas

Anneau de soutien (croix de kerboull) dans 13 cas

Cupule cimentée dans 6 cas

Le but de ce travail est de faire le point sur l'utilisation de l'allogreffe osseuse dans la chirurgie orthopédique.

Dans ce chapitre, nous allons précéder à comparer et à confronter les résultats de notre série à celles des autres séries et aux données de la littérature, et de tirer les conclusions fondées sur l'expérience de notre service et celles des auteurs étrangers

L'analyse de la littérature montre que de nombreux facteurs pronostiques influent sur les résultats des reconstructions osseuses par allogreffes  
Pour cela nous avons, analysé nos facteurs pronostiques, et que nous avons comparé aux données de la littérature

### 1. Influence de l'âge :

L'âge comme élément épidémiologique est important à prendre en considération dans la reconstruction osseuse par allogreffe. C'est un facteur déterminant le résultat fonctionnel, radiologique et la longévité de l'allogreffe

Consolidation	Age						TOTAL
	15-25	25-35	35-45	45-55	55-65	65-75	
<b>BON</b>	<b>26</b>	<b>13</b>	<b>12</b>	<b>07</b>	<b>08</b>	<b>01</b>	<b>67</b>
<b>MOYEN</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>8</b>
<b>MAUVAIS</b>	<b>0</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>00</b>	<b>5</b>
<b>TOTAL</b>	<b>26</b>	<b>18</b>	<b>16</b>	<b>08</b>	<b>10</b>	<b>02</b>	<b>80</b>

DDL (degré de liberté) = 10

Chi carré de Pearson = 20.21

valeur-p = 0.2736

**Tableau 112 : Influence de l'âge**

Auteur	Série	Pathologie	Age moyen
Willem Schreurs[175]	42	reconstructions cotyloïdiennes par greffe osseuse et par une cupule cimentée,	37,2
Lautmann [82]	31	reconstructions acétabulaires par anneau de soutien,	63
Parratte [117]	34	reconstructions acétabulaires au cours de révisions pour descellement acétabulaire aseptique	58
Morand [105]	48	reconstructions cotyloïdiennes par allogreffe osseuse dans les révisions de prothèse totale de hanche,	63
Pierchon [120]	36	reconstructions acétabulaires par autogreffe de tête fémorale au cours des arthroplasties totales de hanche,	52
Melchior 101]	100	Reconstructions du cotyle par croix de Kerboull au cours de révisions pour descellement cotyloïdien aseptique,	67
Rahmi33]	62	62 reconstructions acétabulaires par autogreffe osseuse et anneau de kerboull des descellements acétabulaires aseptiques	52
Pirio [122]	18	pseudarthroses aseptiques tibiales après enclouage.	39
Grimaud [57]	45	pseudarthroses septiques de la jambe et fémur	44
Notre serie	80		36.6

**Tableau 113 : comparaison des résultats avec la littérature**

*Indications et résultats des allogreffes dans les pertes des substances osseuses  
Aménagement de la banque d'os*

---

Dans notre série l'âge n'apparaît pas comme un élément épidémiologique important alors que la revue de la littérature a montré que l'âge est un facteur déterminant le résultat fonctionnel et la longévité de l'allogreffe

Pour le groupe tumeur l'âge moyen était de 31.5 ans avec des extrêmes de 15-63 ans.  
Pour le groupe de coxarthrose l'âge moyen était de 43.5 ans avec des extrêmes de 19-75 ans.  
Pour le groupe de pseudarthrose l'âge moyen était de 34.6 ans avec des extrêmes de 16-64 ans

La moyenne d'âge dans notre série est de 36,6 ans avec des extrêmes de 15-75 ans.  
Nous avons opéré plus de jeune que dans les séries où l'âge été très avancé.

## **2. Les facteurs influents l'incorporation des allogreffes osseuses (consolidation osseuse) :**

### **2.1 Les résorptions osseuses :**

Nous avons pu analyser la trame osseuse de l'allogreffe à partir des dernières radiographies pratiquées avec au minimum 18 mois de recul par rapport aux premiers clichés post-opératoires.

Cette confrontation radiographique a été possible sur 80 greffons avec un recul moyen de 28,7 mois (extrêmes 18 mois et 46 mois) et qui a permis de distinguer 3 groupes :

1. Le groupe caractérisé par un aspect normal de la trame, des images évoquant une consolidation périphériques ont été retrouvées dans 67 fois. (Selon le score de Godet *et al.*)  
Les contours de la greffe s'estompent progressivement pour être remplacés en un à deux ans par une continuité osseuse avec l'os receveur il s'agit dans :

34 fois des tumeurs bénignes

17 fois des pseudarthroses

16 fois des coxarthroses

2. Le groupe révélant un aspect de lyse partielle (trame hétérogène, fragmentation), 08 allogreffes montraient des images de résorption incomplète selon un recul moyen de 28.7 mois (extrêmes de 18 à 46 mois), et concernaient des greffons : (Selon le score de Godet *et al.*)

Des tumeurs dans 4 cas (chondromes)

Des pseudarthroses dans 1 cas (pseudarthrose de fémur)

Des coxarthroses dans 3 cas (3 greffes structurales), cette résorption visible dès la fin de la 1<sup>ère</sup> année, mais la hanches sont toujours stables sans signes de descellement clinique.

3. Le groupe des allogreffes qui ont subi une lyse totale (recul de 26 -36 mois) et concernaient 5 greffons : (Selon le score de Godet *et al.*)

02 fois des tumeurs :

Une TCG de la 1<sup>ère</sup> phalange

Une TCG de l'extrémité supérieur du radius

03 fois des pseudarthroses : 02 Pseudarthrose septique de la jambe, 01 Pseudarthrose septique de fémur.

Si l'on s'intéresse à l'aspect de la trame, on retrouve (Selon le score de Godet *et al.*) :

Pour les tumeurs : 32 trames normales, 04 lysés partielles, 02 lysés totales.

Pour les pseudarthroses : 17 trames normales, 01 lyse partielles, 03 lysés totales.

Pour les coxarthroses : 16 trames normales, 03 lysés partielles, pas de lyse totale.

La tonalité des greffes peut se modifier dans le temps mais est d'appréciation difficile car les clichés très diversement pénétrer, un aspect ostéoporotique précède toujours une résorption partielle à plus long terme, certains greffons paraissent se densifier.

Quand on reprend la littérature, ces phénomènes d'ostéolyse progressive de l'allogreffe posent problèmes.

Plusieurs hypothèses étiopathogéniques (immunitaire, infectieuse, vasculaire, mécanique) ont été émises mais aucune n'a été démontrée de manière formelle.[43]

Pour certains, la résorption serait le témoin d'un phénomène immunitaire de rejet chronique par le receveur [43]. Une séquestration immunologique du greffon se produirait avec son encapsulement fibreux qui réaliserait une véritable barrière isolant l'allogreffe de toute revascularisation et de toute recolonisation par la « creeping substitution ».

Pour d'autres auteurs, la survenue d'une résorption ne serait donc pas le résultat d'un rejet mais pourrait représenter le mode évolutif d'une infection patente ou larvée du greffon, abâtardie par l'usage de l'antibiothérapie post-opératoire systématique [43]

Ensuite, des raisons biomécaniques pourraient expliquer cette évolution. TOMENO [143] a observé également un taux élevé de résorption après reconstruction des 2/3 supérieurs de l'humérus et explique que leur survenue serait due au caractère suspendu du membre supérieur empêchant les sollicitations en compression. [43]

Pour d'autres, cette résorption correspondrait au processus évolutif de fractures de fatigue à répétition d'un os partiellement réhabilité, ostéoconducteur en surface et en périphérie, sans aucun pouvoir ostéogénique. [43]

ANRACT [2] pense aussi que des fractures itératives de fatigue survenant au sein d'un os mal vascularisé seraient responsables au cours du temps d'une fragmentation du greffon, les images de lyse partielle correspondant alors à des cicatrices fracturaires. Sur une série de 21 prothèses composites de hanche utilisées pour une cause non tumorale, il a remarqué qu'au-delà de 5 ans, 10 d'entre elles présentaient radiographiquement des signes de résorption ou de fragmentation parfois très inquiétants sans pour autant que la stabilité de l'implant et le résultat fonctionnel n'en soient altérés. [43]

Auteurs	Pathologie	Série	Résorption
TOMENO	Les résections-reconstructions diaphysaires des grands os des membres en pathologie tumorale.	23	09
ANRACT	Prothèse massive et prothèse manchonnée d'une allogreffe pour la reconstruction de l'extrémité supérieure du fémur	21	10
CAREMIER	Résultats des reconstructions du squelette par allogreffe osseuse massive	49	14
Notre Série		80	13

**Tableau 114 : comparaison des résultats avec la littérature**

En résumé, il apparaît donc qu'au niveau des membres inférieurs, on puisse diviser deux types de résorption selon qu'elles surviennent précocement au cours des premiers mois et qui doivent plutôt faire évoquer un problème septique ou un phénomène de rejet, ou tardivement et qui résulteraient alors plus d'une constatation radiographique que d'une réelle complication, liée à l'évolution « physiologique » d'une trame osseuse quasi-dévitalisée soumise à des contraintes répétées. [43]

Au niveau du membre supérieur, l'absence de contraintes en compression semble accélérer ce processus au long cours de désintégration de cet implant biologiquement mort que constitue l'allogreffe. [43]

## 2.2. La jonction os receveur/allogreffe :

En raison des différents sièges d'implantation des greffes, la consolidation a été acquise dans des conditions variables [56].

La jonction os receveur/allogreffe, illustrée par le liseré, est le critère le plus informatif sur l'état présumé de l'intégration de l'allogreffe. Ce liseré est quasiment toujours présent initialement et, semble-t-il, même si le comblement est de réalisation parfaite. On peut penser que sa visibilité dépend également de l'incidence des rayons radiographiques par rapport à l'orientation des parois de la cavité qui sont plus ou moins régulières. . [56].

Dans notre série, la consolidation de la jonction allogreffe-os receveur a été acquise dans 83.39% des cas, ce qui est comparable à d'autres séries avec des pourcentages variables. [56].

Le liseré était incomplet dans 5 cas, complet non évolutif dans 3 cas (nécessitant une surveillance clinique et radiologique), complet dans 5 cas (nécessitant une reprise chirurgicale).

Les 5 cas de liseré complet sont :  
02 reconstructions de la diaphyse de la jambe, une reconstruction de la diaphyse fémorale  
UNE TCG l'extrémité supérieur de radius et une TCG de la main.

	Série	Pathologie	Consolidation de la jonction %
CAREMIER	49	résultats des reconstructions du squelette par allogreffe osseuse	85
HERNIGOU	263	Évolution des allogreffes massives	79
Notre série	80		83.39

**Tableau 115 : comparaison des résultats avec la littérature**

Dans l'étude de CAREMIER (40).sur 2 pseudarthroses concernent une reconstruction de la diaphyse du fémur par greffon intercalé, preuve in vivo de l'absence de propriétés ostéogéniques et ostéoinductrices de l'os allogène.

Dans la série de HERNIGOU (53) sur les 263 greffes représentent 325 jonctions osseuses, 258 jonctions (79%) sont radiologiquement consolidées, 18 jonctions (5%) n'ont pas consolidé en première intention, et pour les 49 autres (16%) il n'a pas prononcé avec certitude quant à leur consolidation. [56]

L'hétérogénéité de notre étude (pathologies différentes, différentes localisations, montages divers, autogreffe complémentaire ou non,) empêche de vérifier de manière plus précise et rigoureuse ce rôle néfaste sur l'ostéogénèse. [56]

### 3. L'association autogreffe- allogreffe :

L'apposition systématique d'une autogreffe cortico-spongieuse à l'union allogreffe -os receveur est défendue par certaines équipes. WANG et coll. ont observé que le temps de consolidation était fortement augmenté en l'absence d'autogreffe. [46]

L'addition systématique d'une autogreffe apparaît en théorie attractive, mais elle ajoute un nouveau geste chirurgical dont la morbidité ne doit pas être négligée.

Certains évitent de l'utiliser en première intention et préfèrent la limiter aux pseudarthroses avérées.

MAKLEY n'a pas montré de différence significative en faveur d'une autogreffe sur une série de 34 patients porteurs d'un greffon intercalé dont 15 avaient eu cet apport osseux, même si « intuitivement » il suggère qu'il est souhaitable.

Burwell. (8). s'est particulièrement intéressé aux greffes composites. Il a noté que leur potentiel ostéo-inducteur est augmenté sans doute grâce aux cellules provenant de l'autogreffe.

	SÉRIE	Association autogreffe
MAKLEY	34	15
BURWELL	54	16
Notre série	80	05

**Tableau 116 : comparaison des résultats avec la littérature**

Au total, les greffes spongieuses conservées (allogreffes) sont en général bien intégrées mais plus lentement que les autogreffes fraîches. Pour cette raison, certains emploient un mélange d'allogreffes et d'autogreffes (greffes composites) afin d'améliorer la rapidité d'intégration.

Dans notre série, 5 patients sur 80 ont eu une autogreffe d'os cortico-spongieux conjointement à l'implantation d'allogreffe. Ces patients présentaient

- Une TCG de l'extrémité supérieure de tibia avec effraction de la corticale
- Une pseudarthrose du fémur avec une perte de substance de 9 cm
- Trois (3) Pseudarthroses de la jambe avec une perte de substance de 5 et 6 cm

Les résultats cliniques de ces patients ne paraissent pas être modifiés par cet apport. Il n'a pas été retrouvé de complication de cette prise de greffe.

Les résultats des études radiologiques : la reconstruction osseuse paraît de qualité identique et il n'y a pas de différence avec les autres patients. La seule différence notable est la rapidité d'intégration du greffon qui est plus importante avec l'autogreffe (le délai de la consolidation était plus rapide).

#### 4. Siège de la Jonction :

Le siège de la jonction influence aussi la consolidation : ainsi une jonction allogreffe-receveur en zone épiphysaire consolide assez précocement (entre le 3<sup>ème</sup> et le 6<sup>ème</sup> mois), la zone de contact étant important et le greffon étant directement avec le spongieux du receveur ceci explique que l'on observe une seule non consolidation sur ce type de jonction.

Dans notre série pour le groupe tumeur et PSD

En zone épiphysaire : 12 cas

En zone métaphysaire : 24 cas

Pour diaphysaire : 25 cas

Zone de la jonction allogreffe- receveur	épiphysaire	métaphysaire	Diaphysaire	Total
consolidé	12	24	20	56
Non consolidé	00	00	05	05
Total	12	24	25	61

**Tableau 117 : siège de la jonction**

En zone métaphysaire, la consolidation est déjà plus difficile à obtenir bien que le greffon soit encore en contact avec le spongieux du receveur ; ceci en vraisemblablement dû au fait que l'ancrage du matériel d'ostéosynthèse dans l'épiphyse du receveur est parfois insuffisant.

Ce sont les jonctions diaphyse- diaphyse qui apparaissent les plus longues et les plus difficiles à faire consolider (04 non consolidations dans notre série). [56]

Pour ces jonctions diaphysaires, la disparition du trait (fusion cortical est d'autant plus précoce qu'un bon contact est obtenu entre les deux zones diaphysaires. Ceci nécessite, si le trait de jonction est transversal, une parfaite congruence c'est-à-dire une taille identique de la greffe et du receveur

*Indications et résultats des allogreffes dans les pertes des substances osseuses  
Aménagement de la banque d'os*

---

Pour ces jonctions diaphyse-diaphyse, l'utilisation d'une autogreffe spongieuse est certainement un adjuvant non négligeable en raison du cal périphérique précoce qu'elle apporte (il survient habituellement entre 3<sup>ème</sup> et le 6<sup>ème</sup> mois). [56]

Dans la série de HERNIGOU les 10 non consolidation de siège diaphyse-diaphyse n'avait reçu aucun apport spongieux autologue, même pour notre série sur les 4 pseudarthroses diaphysaire et une tumeur. . [56]

Auteurs	Pathologie	Série	Échec de consolidation
HERNIGOU	évolution des allogreffes	263	18
CARMIER	Résultats des reconstructions du squelette par allogreffe osseuse massive	49	05
Notre Série		80	05

**Tableau 118 : comparaison des résultats avec la littérature**

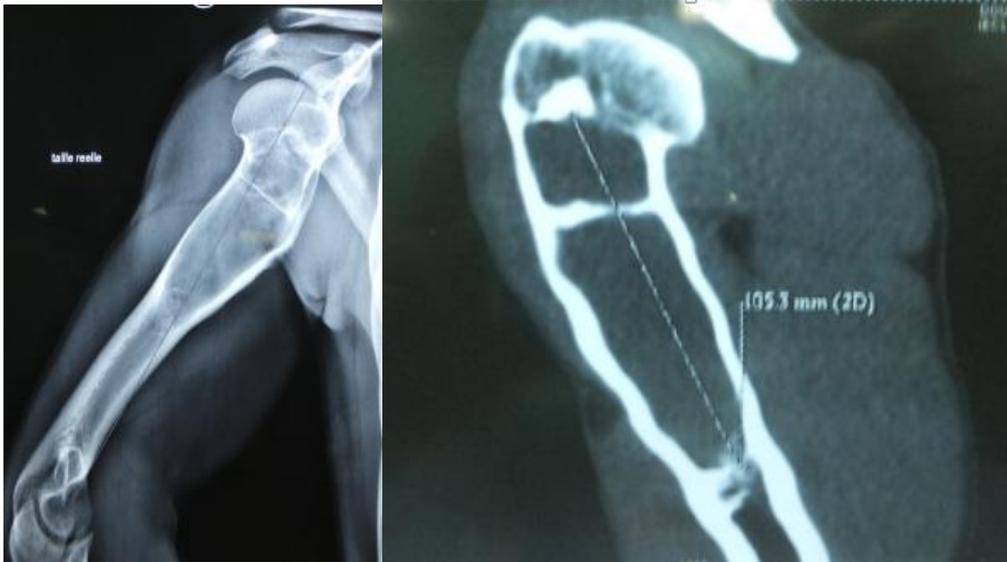
**Cas clinique N° 01 (siège)**

**Patient D.M**

**18 ans**

**kyste essentiel de l'humérus droit (région métaphysaire)**

**16/02/2016**



**Reculé de 30 mois (13/08/2018) ostéointégration de la greffe C3T3R2**

### 5. Influence de l'ostéosynthèse :

	Sans	Fixateur externe	Plaque vissée	ECM	Anneau de Soutien	Cupule cimentée	Total
<b>Bon</b>	26	5	17	3	13	3	67
<b>Moyen</b>	4	1	0	0	0	3	8
<b>Mauvais</b>	1	3	1	0	0	0	5
<b>total</b>	31	9	18	3	13	6	80
<b>%</b>	38.75	11.25	22.50	03.75	16.25	07.50	100

Degré de liberté : 10

Chi carré : 27.365

valeur-p : 0.002

#### Tableau 119 : Influence de la fixité de la greffe et mode de synthèse du greffon

Sur nos 80 greffes, 38.75% greffes n'ont pas bénéficiés d'une stabilisation, avec des résultats moyens dans 04 cas et 01 mauvais résultat, par contre sur les 61.25% restants, on a eu 04 moyens et 04 mauvais résultats.

La précarité de la vascularisation du greffon, en particulier au début de sa recolonisation, doit faire réaliser un montage stable et rechercher un contacte optimal entre les surfaces osseuses [56].

Le mode de synthèse du greffon a aussi une influence certaine sur la consolidation. Une grande résistance dans le matériel d'ostéosynthèse apparait nécessaire pour obtenir la consolidation des allogreffes, ceci apparait évident si on compare l'évolution de la consolidation des greffons qui ont été stabilisé par plaque vissée, enclouage centromédullaire, ou anneaux de soutien (01 non consolidation) et l'évolution de la consolidation des greffons stabilisé par fixateur externe ou vissage (7 non consolidation). [56]

Dans la série de HERNIGOU 53 sur les 263 greffes utilisées, il a comparé en particulier l'évolution de la consolidation des greffons manchonnant une prothèse (2 non consolidations soit 1,5% sur 33 manchons et l'évolution de la consolidation des greffons intercalés (16 non consolidations soit 29% sur 66 greffons intercalés.).[56]

Auteurs	Pathologie	Série	Synthèse
HERNIGOU	évolution des allogreffes	263	18
CARMIER	Résultats des reconstructions du squelette par allogreffe osseuse massive	49	05
Notre Série		49	08

#### Tableau 120 : comparaison des résultats avec la littérature

## 6. Influence de l'infection :

Dans notre série, on a eu 10% infections toutes de groupe pseudarthrose (5 jambes et 3 fémurs) :

- 04 ont bien évoluées après assèchement clinique et radiologique.
- 01 asséchée mais avec une lyse partielle de greffon.
- 03 échecs : absence de consolidation avec persistance de l'infection nécessitant des reprises chirurgicales

Résultats	Infection		
	Sepsis	Non	TOTAL
BON	4	63	67
MOYEN	1	7	8
MAUVAIS	3	2	5
Total	8	72	80
%	10	90	100

DDL = 2

KHI 2 de Pearson = 15.15

P. value = 0.001

**Tableau 121 : Influence de l'infection**

De tout temps, les problèmes septiques ont tenu une place à part dans la chirurgie osseuse reconstructrice en constituant une complication sérieuse et fréquente des allogreffes osseuses.

Les taux d'infection rapportés dans différentes séries varient entre 3 et 25 %.

Dans notre étude, il est de 10% (8 cas sur 80 patients).

Série	Résultats
CAREMIER[40]	15,2%
TOMINO[142]	25%
POITOUT[123]	03%
TOMFOND[152]	13%
NOTRE SÉRIE	10%

**Tableau 122 : comparaison des résultats avec la littérature**

Cette prédisposition des allogreffes aux infections s'expliquerait par le concours de plusieurs éléments physio pathogéniques liés à l'importance de l'exérèse en cas de tumeur mais aussi au temps de reconstruction, avec :

- L'importance des espaces de décollement tissulaire (création de zones de dévascularisation où peuvent se collecter les hématomes) associée à une diminution du drainage lymphatique et veineux, [43]
- La lenteur de revascularisation du greffon qui empêche ainsi l'afflux des macrophages et la diffusion intra-osseuse des antibiotiques,[43]
- Le déficit des moyens locaux de défense car l'allogreffe reste un corps étranger inerte (du moins au début) qui n'offre pas la même résistance immunitaire que des tissus vivants,
- La persistance d'une immunogénicité minimale du greffon responsable d'une réaction immunitaire asymptomatique mais capable d'abaisser les défenses anti-infectieuses locales.
- Tous ces événements font que le site d'implantation d'une allogreffe peut former un milieu de culture propice au développement de germes, notamment lors d'une agression bactérienne nosocomiale ou d'une bactériémie transitoire. [43]

La contamination du receveur par un greffon déjà infecté en préopératoire est devenue extrêmement rare en raison de la sélection des donneurs, des méthodes plus rigoureuses de prélèvement et des modes de préparation plus performants.

La contamination par des germes peut avoir lieu selon deux modes. La dissémination hématogène est possible mais reste rare. Dans la pratique, Il s'agit surtout d'une propagation bactérienne à partir de la plaie opératoire, suite à une infection sur broche détraction, à l'apparition d'un hématome ou à une nécrose cicatricielle.[43]

Cette dernière complication apparaît comme le principal facteur d'infection DICK [36] a retrouvé sur 10 infections la présence d'une souffrance cutanée dans 4 cas LOTY [79] , dans une étude multicentrique de 263 allogreffes osseuses, a rapporté 18 infections avec 12 antécédents d'ennuis cicatriciels, données confirmées par LORD [80] avec 13 nécroses cutanées sur les 33 sepsis répertoriés. [43]

Dans notre série, on retrouve sur les 8 infections la notion de 2 nécroses cutanées cicatricielles.

**Cas clinique N° 02 (infection)**

**Patient k .B, 20 ans, AC 25/01/2015  
fracture ouverte de jambe  
fixateur externe  
Perte de substance 4 cm, classé B2  
Pseudarthrose septique de la jambe droite**

21/04/2016



**Post opératoire immédiat 25/04/2016**



**Reculé de 24 mois (28/04/2018)**

**Lyse totale de la greffe (échec) C1 T1 R0**

**Cas clinique N° 03 (infection) :**

**Patient D. A**

**34 ans,**

**AC 2011**

**Fracture ouverte de la diaphyse fémorale**

**plaque vissée**

**Pseudarthrose septique de la diaphyse fémorale**

**13/03/2016**



**Reculé de 26 mois (18/05/2018) Lyse partielle de la greffe C1 T2 R1**

**7. Influence de la perte de substance :**

Sur les 80 patients ont a eu 13 mauvais résultats :

04 pseudarthroses ou la perte de substance était entre 5 - 10 cm :

3 pseudarthroses septiques de la jambe (résultats mauvais)

1 pseudarthrose de la diaphyse fémorale (résultats moyens)

03 coxarthroses : ont bénéficié d'une allogreffe structurale avec une cupule cimentée (résultats moyens)

05 récidives. : 02 résultats mauvais (reprises), 03 résultats moyens (surveillances)

**Groupe tumeur :**

Perte de substance	D+	D -	Total
BON	4	30	34
MOYEN	1	3	4
MAUVAIS	2	0	2
Total	7	33	40
%	17.5	82.5	100

DDL = 2

Chi carré 10.36

valeur-p 0.005631

**Tableau 123 : Influence de la perte de substance (groupe tumeur)**

**Groupe pseudarthrose (PSD) :**

Perte de substance en cm	2 – 5 cm	5 – 10 cm	total
BON	12	5	17
MOYEN	0	1	1
MAUVAIS	0	3	3
Total	12	9	21
%	57.15	42.85	100

DDL = 2     STUDENT

Chi carré 6.588

valeur-p 0.03710

**Tableau 124 : Influence de la perte de substance (groupe pseudarthrose)**

**Groupe coxarthrose :**

TYPE	Type 1	Type 2	Type 3	Total
Bon	3	12	1	16
Moyen	3	0	0	3
Mauvais	0	0	0	0
Total	06	12	01	19
	31.58	63.16	05.26	100

DDL = 2     STUDENT

Chi carré 7.719

P. valeur = 0.2108

**Tableau 125 : Influence de la perte de substance (groupe coxarthrose)**

**Indications et résultats des allogreffes dans les pertes des substances osseuses**  
**Aménagement de la banque d'os**

L'analyse statistique de données des 03 groupes montre une corrélation significative entre une perte de substance osseuse et la survenue d'une complication. Ces résultats confirment les données de la littérature.

Pour le groupe tumeur, nous avons constaté 02 cas de grande perte de substance ou l'allogreffe n'a pas marché comparativement à la série de POITOUT qui a utilisé 03 cas d'allogreffe utilisé pour 31 reconstruction tumorale

Dans les cas de PSD on a constaté 03 cas d'échec de perte de substance

Auteur	Série	Pathologie	Échec Perte de substance
Poitout 125	31	Devenir à long terme des allogreffes osseuses	03
Parratte [117]	34	Reprise des descellements acétabulaires aseptiques par cupule non cimentée, vissée et allogreffe morcelée impactée.	03
Morand [105]	48	reconstructions cotyloïdiennes par allogreffe osseuse dans les révisions de prothèse totale de hanche,	08
Grimaud [57]	45	pseudarthroses septiques de la jambe et fémur	07
Notre série	80		05

**Tableau 126 : comparaison des résultats avec la littérature**

Pour la hanche, nous n'avons pas constaté une grande influence de perte de substance puisqu' :

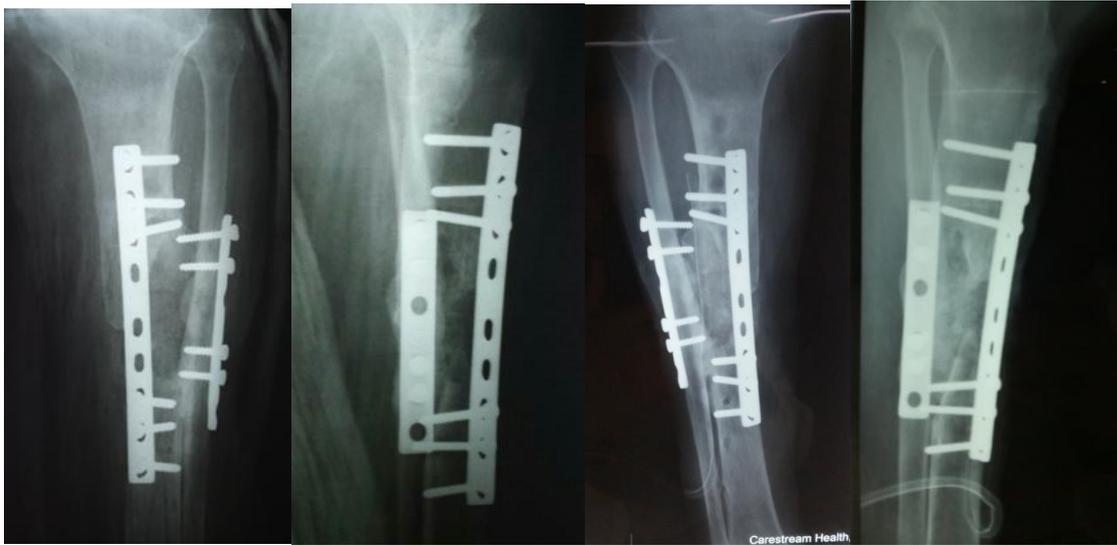
- Il n'y avait pas de grande perte de substance.
- un recul insuffisant : qui est de 28.7 mois moyen, avec des extrêmes allant de 18 à 46 mois ; ce qui rend nos résultats préliminaires, vu que les complications telles que le descellement aseptique et l'usure nécessitent un peu plus de temps pour les évaluer. [26]

La plupart des études observent une consolidation plus constante avec les greffons morcelés qu'avec les greffons structuraux, plus sujets à des phénomènes de résorption. Cette technique de reconstruction par allogreffe morcelée est utilisée dans la série de Parratte et dans la série de Morand.[101] [26]

**Cas clinique N° 04 (perte de substance) :**

**Patient C. A, 35 ans , AC 05/2011  
Fixateur externe  
Fr ouverte de la jambe droite  
perte de substance de 5 cm classé B3  
Pseudarthrose septique de la jambe droite**

**15/05/2016**



**Post op immédiat 15/05/2016**

**Reculé de 37 mois (28/04/2018)**



**Lyse totale de la greffe C1 T1 R0**

### 8. Influence du tabac :

resultats	Tabac +	Tabac-	Total
Bon	8	59	67
Moyen	4	4	08
Mauvais	4	1	05
Total	16	64	80

DDL = 2

KHI 2 de Pearson = 18.47

P. value = 0.00009756

**Tableau 127 : Influence du tabac**

La nocivité du tabac est bien connue depuis de nombreuses années, Son action sur le système ostéo-musculaire a été rapporté depuis de nombreuses années en chirurgie orthopédique : retard de consolidation des fractures et des allongements de membres, pseudarthroses, diminution de densité osseuse.

#### **Physio- pathologie :**

Il est certain que le tabac a une action nocive sur le système ostéo-musculaire : l'os, les tendons, les muscles, le cartilage.

Il agit directement au niveau de cellules précurseur des globules rouges, des macrophages et des fibroblastes. [12]

On constate ainsi une hypercoagulabilité du sang des fumeurs, dépisté par un fibrinogène plasmatique, un hématoците, et un volume globulaire moyen augmentés.

La production de collagène chez les fumeurs est diminuée, or, le collagène est un facteur important du processus de cicatrisation. [12]

Le Monoxyde de carbone circulant dans le sang des fumeurs est responsable d'une diminution de l'oxygénation des tissus et d'une mauvaise microcirculation sanguine au niveau de l'os et des tissus environnants. [12]

Les actions vasoconstrictrices et thrombogène de la nicotine ont été décrites comme des facteurs étiologiques qui aggravent les perturbations sanguines lors de la formation du cal osseux et de la cicatrisation des tissus [12].

Tous ces facteurs aboutissent à une mauvaise circulation sanguine délivrant une moins bonne oxygénation tissulaire, alors que le système vasculaire du membre est atteint d'une part du fait du traumatisme du membre et d'autre part du fait du traumatisme opératoire.[12]

De nombreux chirurgiens ont publié des résultats significatifs démontrant que le tabac est **le facteur principal responsable de complications** post-opératoires après PTH et PTG.

Les patients anciennement ou actuellement fumeurs moyens ont respectivement une augmentation du risque de complications systémiques de 43% et 53% par rapport aux non-fumeurs. En cas de gros fumeurs (> 1 paquet / jour) le risque passe à 121% [12]

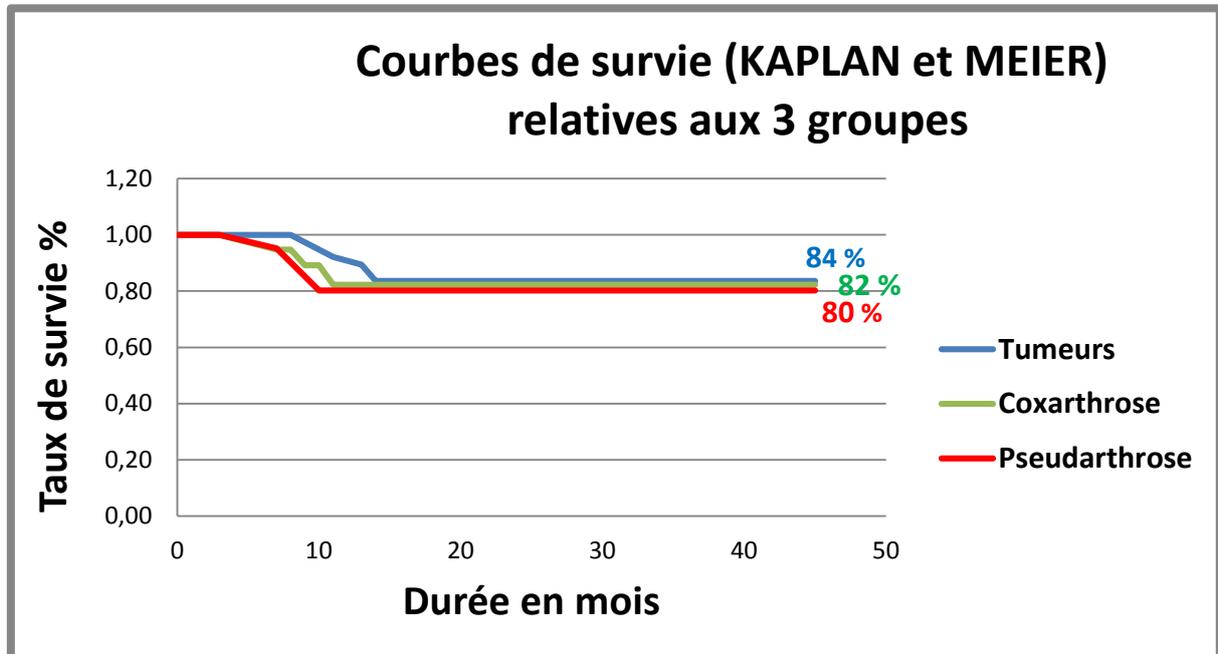
### 9. La longévité des reconstructions par allogreffes osseuses :

Il y a peu de séries homogènes de recul moyen supérieur à 10 ans rapportant l'emploi des allogreffes. La plupart des publications ont des reculs moyens compris entre 5 et 10 ans et concernent soit les allogreffes morcelées impactées, soit les allogreffes structurales. Cependant, notre étude reste critiquable en raison de l'hétérogénéité de la série qui englobe aussi bien allogreffes de hanche (coxarthrose) qu'allogreffes de membres (tumeur et pseudarthrose)

Série	Année	Nombre de patients	Age moyen	Recul Moyen année	pathologie	Type de greffe	Taux de Survie (%)
B.LOTY84	1992	90	65.7	7	Coxarthrose infectée	Allogreffe	85
DELEPINE.G31	1998	79	30.2		Tumeur	Allogreffe Allogreffe Massive	82
KERBOUL et HAMADOUC 72	2000	53	58	16	coxarthrose	Allogreffe Morcelée structurale	92
CAREMIER.12	2001	49	37.5	12	Tumeur	Allogreffe Allogreffe Massive	66
MELCHIOR ET PLC101	2005	62	63	5 ANS	coxarthrose	Structure Morcelée autogreffe	92
KERBOULL ET ALL70	2005	60	57.7	10	coxarthrose	Allogreffe Morcelée structurale	95
PHILIPPE ET AL121	2009	95	69.5	8	coxarthrose	Allogreffe morcelée	77.9
POITOUT 127	2009	313		10- 15	Tumeur coxarthrose traumato	Allogreffe Allogreffe	82
Villatte. G 172	2009	30	71.7	07	coxarthrose	Allogreffe Morcelée	96.2
Notre série	2017	80	36.6	4	Tumeur coxarthrose traumato	Allogreffe Morcelée structurale	82

**Tableau 128 : Comparaison de séries (taux de survie)**

Elle demeure difficile à comparer avec d'autres séries de la littérature.  
Notre taux de survie cumulée retrouve donc des allogreffes encore en place dans 82 % des cas, le critère d'échec est la lyse partielle ou totale de greffon.



**Graphique n° 106 : Courbe de survie relative aux 03 groupes**

**10. ANALYSE DE NOS MAUVAIS RÉSULTATS :**

N°	âge	sexe	diagnostique	siège	Perte de substance	tabac	Ostéosynthèse	Résultats fonctionnelle	Résultats radiologique
1	34	H	PSD septique	diaphyse fémorale	6 cm	+	Fixateur externe	Mauvais (inactif)	Lyse totale
2	35	H	PSD septique	Diaphyse Jambe	6 cm	+	Fixateur externe	Mauvais (inactif)	Lyse totale
3	31	H	PSD septique	Diaphyse Jambe	5 cm	+	Fixateur externe	Mauvais (inactif)	Lyse totale
4	31	H	TCG	P1D3	D+	+	sans	Bon	Lyse totale (récidive)
5	42	F	TCG	Diaphyse Radiale	D+	-	Plaque vissée	moyen	Lyse totale (récidive)
6	32	H	PSD septique	Diaphyse Fémoral	7 cm	+	Fixateur externe	moyen	Lyse partielle
7	39	F	chondrome	P1D3	D+	+	NON	Bon	Lyse partielle
8	42	F	chondrome	P2D3	D+	-	NON	BON	Lyse partielle
9	38	F	chondrome	5 <sup>ème</sup> métacarpe	D+	-	NON	BON	Lyse partielle
10	56	F	chondrome	Radius	D+	-	NON	BON	Lyse partielle
11	49	H	Coxarthrose	Hanche	Type 1	+	Vissage cupule cimentée	BON	Lyse partielle
12	72	F	Coxarthrose	Hanche	Type 1	-	Vissage cupule cimentée	BON	Lyse partielle
13	39	H	Coxarthrose	Hanche	Type 1	+	Vissage cupule cimentée	BON	Lyse partielle

**Tableau 129 : analyse de nos mauvais résultats**

L'analyse de nos mauvais résultats ne fait que confirmer les données de la littérature quant aux facteurs influençant la reconstruction osseuse

- L'Age : L'âge est un facteur déterminant le résultat fonctionnel et la longévité de l'allogreffe
- Le tabac : La nocivité du tabac est bien connue depuis de nombreuses années, Il a une action sur le système ostéo-musculaire, retard de consolidation des fractures, pseudarthroses, diminution de densité osseuse (16 Tabagiques chroniques).
- La perte de substance : L'utilisation d'allogreffe spongieuses peut favoriser la consolidation lorsque la perte de substances est peu volumineuse, mais lorsque cette perte de substance est importante se pose la question de l'utilisation d'allogreffes spongieuse seule.
- Le type de greffon, le siège de la jonction (épiphysaire, métaphysaire, diaphysaire), la localisation de greffon : Ce sont les jonctions diaphyse- diaphyse qui apparaissent les plus longues et les plus difficiles à faire consolider
- La qualité de l'os receveur, la nature et le mode de fixation du greffon ont une influence certaine sur la consolidation.
- L'infection : les taux d'infection rapportés dans différentes séries de la littérature confirment le rôle néfaste de l'infection dans la reconstruction osseuse.

## **Dans Notre Étude Au Service D'orthopédie De Blida.**

Notre série menée au service d'orthopédie de CHU de BLIDA qui s'étalait sur une période de 5 ans, a englobé 80 reconstructions osseuses :

- ✓ 40 tumeurs osseuses bénignes
- ✓ 21 pseudarthroses des os longs
- ✓ 19 coxarthroses

Dont 45 hommes et 35 femmes avec un âge moyen de 36.5 ans (15-75 ans)

Nous avons obtenus comme résultats fonctionnel satisfaisantes avec :

Groupe tumeur : 95% d'excellents résultats, 5% bon résultats

Groupe pseudarthrose : 57.15% des résultats étaient excellent, 23.80% sont bons, 4.77% moyens, 14.28% étaient mauvais.

Groupe coxarthrose : Au recul maximal, les gains de score fonctionnel était positif, avec un gain moyen de score PMA de 07 (de 09 à 16) : 01 résultats excellent, 07 résultats très bons ,09 résultats bons.

Les résultats radiologiques des 03 groupes étaient pour :

**Groupe tumeur** : L'ostéointégration a été acquise dans ce groupe dans 85% des cas, il y a eu une lyse partiel dans 10% des cas, une lyse totale dans 5% des cas.

**Cas clinique N° 05 (récidive)**

**Patient B.F**  
**Tabac +**  
**31 ans**  
**TCG**  
**Main droite P1D3,**  
**D+**

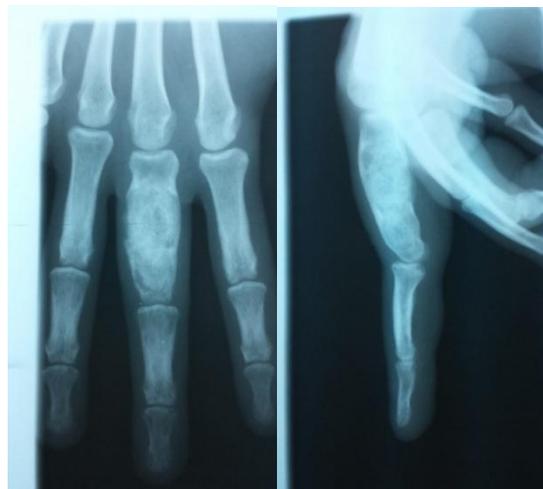
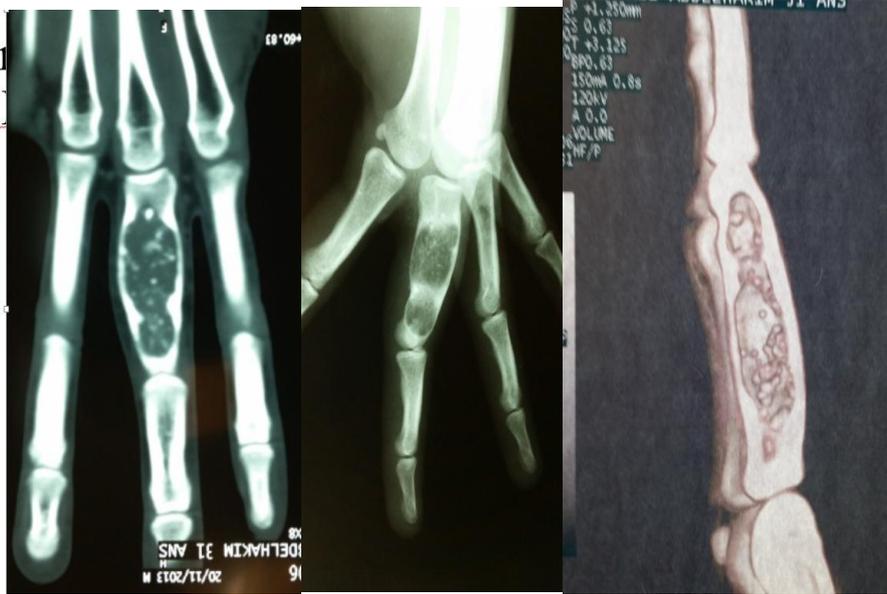
22/06/2014



**Recule de 37 mois 22/07/2017, Lyse totale de la greffe (récidive) C0 T0 R0**

**Cas clinique N° 06 (lyse partielle)**

**Patient D.H , 31 ans  
P1D3 main droite  
chondrome  
D+**



**Reculé de 38 mois (15/05/2014) Lyse partielle de la greffe C1 T2 R1**

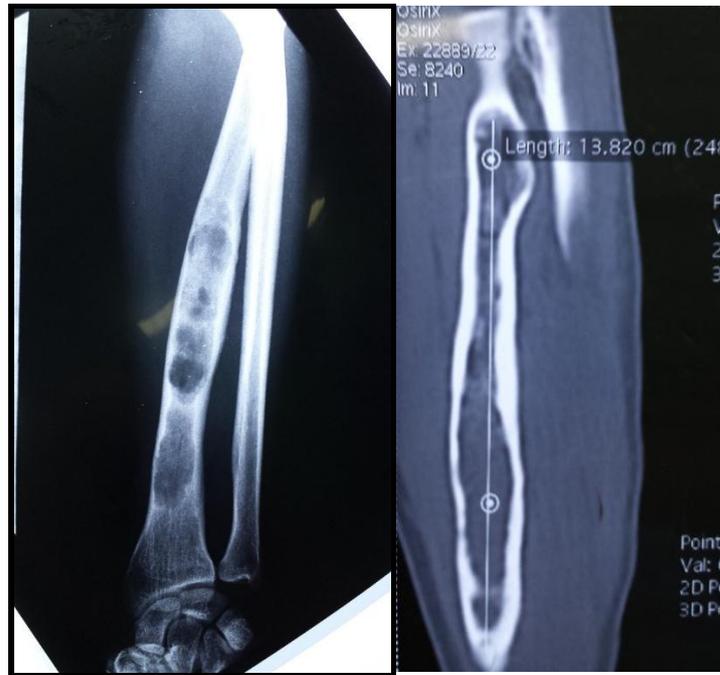
**Cas clinique N° 07 (ostéo intégration)**

**Patient B.F**

**23 ans**

**ostéochondrome du radius gauche**

**14/04/2015**



**Recul de 29 mois (25/09/2017) ostéointégration de la greffe C3T3R3**

**Groupe pseudarthrose** : L'ostéointégration a été acquise dans ce groupe dans 85% des cas, il y a eu une lyse partiel dans 10% des cas, une lyse totale dans 5% des cas.

**Cas clinique N° 08 (ostéo intégration)**

**Patient B.A**

**27 ans**

**Jambe droite**

**AC 25/01/2015**

**fracture ouverte de jambe**

**fixateur externe**

**Perte de substance 4 cm, classé B2**

**Pseudarthrose aseptique de la jambe droite**



**Reculé de 28 mois    ostéointégration de la greffe C2T2R3**

**Groupe coxarthrose :** Nous avons observé 16 cas d'ostéointégration de l'allogreffe et 03 cas de résorption partielle du greffon.

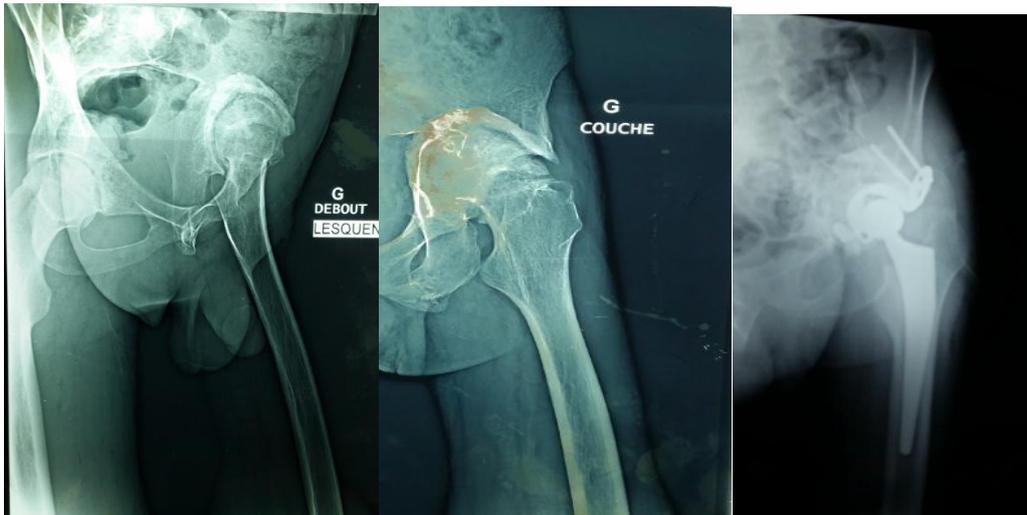
**Cas clinique N° 09 (ostéo intégration)**

**Patient R.I, 22 ans**

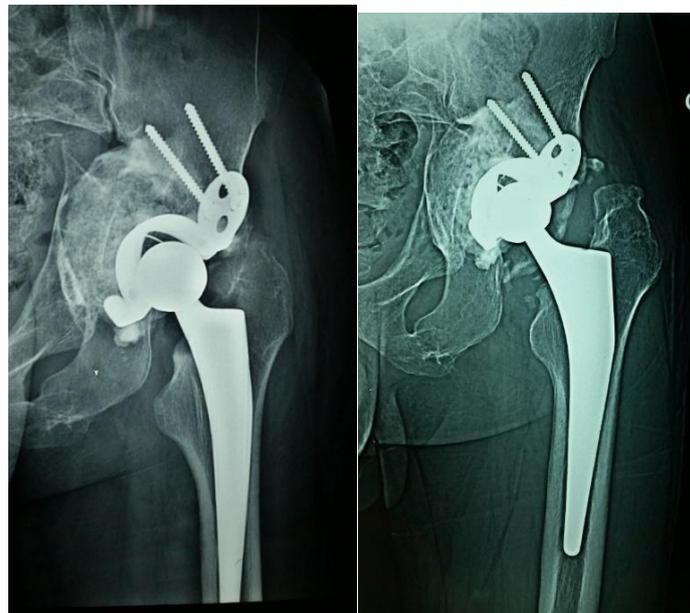
**Hanchent gauche**

**séquelle de fracture de cotyle**

**31/05/2015**



**Post opératoire immédiat 31/05/2015**



**Recul de 25 mois (14/06/2017) ostéointégration de la greffe C2T2R2**

Dans notre série, pour les trois groupes, Nous avons observé 67 cas d'ostéointégration de l'allogreffe soit 83.75% et 08 cas soit 11.25% de résorption partielle et 5 cas soit 6.25% une résorption totale (lyse totale) du greffon

Les meilleurs résultats ont été obtenus chez les sujets jeunes.

Le taux de survie était de 82%

L'âge, les tares associées, la perte de substance, la stabilisation et le mode de fixation, association d'autogreffe sont des facteurs importants

En fin, après analyse des différents facteurs influencent sur l'ostéointégration et l'analyse de nos échecs, nous pensons que les meilleures indications des allogreffes osseuses prévenant des têtes fémorales cryoconservées sont :

- Reconstruction post tumorale : La tête fémorale de banque constitue le meilleur matériel pour combler la cavité résiduelle après curetage tumoral (tumeurs bénignes).
- Reconstruction cotyloïdienne (cavitaire ou segmentaire).
- Les pseudarthroses avec perte de substance osseuse peu volumineuse.

**En prenant ont considération que l'indication est meilleur si :**

- Sujet jeune
- La perte de substance est cavitaire que segmentaire (08 cas d'échecs : perte de substance segmentaire).
- La perte de substance segmentaire est située entre 2 à 05 cm (03 cas d'échecs : perte de substance sup à 5 cm).
- Il y a une association d'une Ostéosynthèse solide (13 cas d'échecs : 05 sans stabilisation, 04 fixateur externe, 03 vissages).

En conclusion, les avantages des allogreffes sont importants, ce qui explique l'intérêt croissant pour leur utilisation en chirurgie orthopédique et traumatique à condition de bien poser l'indication, ils se résument en :

-la diminution du nombre de sites de prélèvements sur l'opéré, avec diminution du nombre de cicatrices.

-La diminution du temps opératoire et des pertes sanguines

- Économiser le capital osseux du patient, avec possibilité d'augmenter le capital osseux par la greffe.

-Possibilité de greffer certains patients, chez qui les autogreffes sont impossibles à savoir les personnes âgées et les enfants.

-Possibilité de décider extemporanément d'une greffe.

-L'absence quasi totale de réaction immunitaire ce qui permet d'avoir un nombre de donneurs potentiels assez important.

## **VI. RECOMMANDATIONS :**

À l'issue de notre étude nous formulons les recommandations suivantes :

➤ **Donneur :**

1. Pratiquer un bilan biologique complet et systématique (la sérologie, CMV) devant toute fracture du col fémoral ou coxarthrose.
2. Mettre à la disposition des hôpitaux un plateau technique adéquat pour des prestations encore plus adéquates dans le domaine des explorations (radiologiques et biologiques) qui restent très onéreuse.
3. Chirurgien : respect des conditions d'asepsie qui doit être rigoureuse lors de prélèvement des têtes fémorales et les modalités de leur stockage.

➤ **La banque d'os :**

**Doit répondre aux standards internationaux tel que :**

1. Avoir une banque qui répond aux normes des conservations des allogreffes osseuses (-96°) et dégager un espace spécial (local bien aéré).
2. Vérifier et assurer une maintenance de la banque d'os de façons périodiques afin d'éviter tout problèmes technique.
3. Assurer la disponibilité du matériel de stockage de façon permanente.
4. Avoir le matériel logistique nécessaire pour assurer une bonne utilisation de la banqu
5. Former un personnel médicale et paramédicale qualifié pour une meilleure l'utilisation de la banque d'os et de la chirurgie de l'allogreffe.

➤ **Receveur :**

1. Informer le patient des risques, des avantages et inconvénient de l'allogreffe (consentement éclairée)
2. Sensibiliser et explique au receveur l'intérêt d'une surveillance rigoureuse (clinique, biologique et radiologique)
3. Mettre à la disposition des services d'orthopédie les moyens nécessaires pour assurer une surveillance adéquate.
4. Assécher l'infection osseuse comme condition préalable à la reconstruction

- **Dans les perspectives à venir :** avoir l'autorisation et les moyens nécessaires pour les prélèvements des greffes massives et des greffes sur cadavre

## VII. CONCLUSION :

Nous pensons que les allogreffes osseuses restent nécessaires dans l'arsenal thérapeutique du chirurgien. En effet, elles peuvent restaurer l'anatomie du patient.

Il est impossible de formuler une conclusion définitive et à long terme concernant la reconstruction des pertes de substances osseuses par allogreffe osseuse. D'une part, comme pour beaucoup d'auteurs, le recul dont nous disposons est insuffisant, d'autre part toute comparaison directe est rendue difficile par la diversité des lésions et des modes de reconstructions employés, ainsi que par le choix des critères d'évaluation. Cependant, l'analyse des données de la littérature et de notre série nous ont permis d'étayer certains faits.

La reconstruction du squelette par allogreffe osseuse apparaît comme une technique fiable mais grevée d'un nombre non négligeable de complications.

La chirurgie orthopédique peut être scindée en deux univers radicalement opposés, celui du «propre» et celui du «septique». Les allogreffes osseuses n'échappent pas à cet axiome, puisque l'infection potentialisée par une nécrose cutanée cicatricielle demeure leur ennemi n° 1. Elle assombrit fortement le résultat fonctionnel final et diminue la longévité du montage, le sepsis nécessitant la dépose du greffon dans la majorité des cas.

Les autres complications sont aussi relativement classiques mais possèdent moins de conséquences sur le devenir temporel et fonctionnel de l'allogreffe.

Les résorptions osseuses progressives restent mal expliquées mais semblent représenter au long cours une évolution fréquente de la trame osseuse greffée, sans que cette détérioration n'altère la stabilité de l'implant et le résultat fonctionnel.

Elles constituent donc la plupart du temps une observation plus qu'une réelle complication, du moins au début.

Le grand intérêt d'une allogreffe osseuse est d'avoir la possibilité d'une reconstruction plus «*biologique*» possible. Son incorporation même partielle au sein du receveur offre de meilleurs résultats sur la fonction et la longévité.

Ce constat implique une lutte implacable contre les complications postopératoires précoces et tardives. Cet engagement exige par conséquent une vigilance continue et des techniques rigoureuses à toutes les étapes de la «*vie*» du greffon dès le prélèvement chez le donneur (sélection, conditions aseptiques, conservations) jusqu'aux modalités d'implantation (choix du montage en fonction de la localisation, aepsie, modes d'ostéosynthèse, fermeture et couverture, suites post-opératoire), sans oublier le rôle central et fondamental de la banque d'os (désinfection, stérilisation, conservation, stockage).

La chirurgie des allogreffes osseuses réclame indiscutablement une prise en charge en centre spécialisé, aux mains d'équipes entraînées et capables d'en assumer tous les aléas. Tous les progrès ne pourront être le fruit que d'une collaboration étroite multidisciplinaire regroupant chirurgiens, médecins et biologistes.

Il y a près de cinquante ans, SICARD formulait ainsi toute sa conviction : « *l'allogreffe apporte le matériel osseux nécessaire à la reconstruction d'un os nouveau, sert de guide aux processus de reconstruction, permet la ré fixation des ligaments, tendons et muscles, donne une stabilité primitive au montage. Les allogreffes conservées sont capables, comme les autogreffes fraîches, de donner une consolidation complète par un processus identique. Leur emploi en chirurgie et l'utilisation de la banque d'os sont donc légitimes* ».

Les perspectives sont dominées par deux pôles : La navigation computerisée permettrait non seulement une découpe précise de la tumeur osseuse mais également de la greffe osseuse qui deviendrait une réplique exacte de la pièce tumorale. La thérapie cellulaire rend possible une amplification de cellules souches autologues et est capable de les différencier vers une lignée ostéoblastique sans ajout de facteurs de croissance.

# **Bibliographie**

**1. Allieu.Y G.Marck M.Chammas P.Desbonnet J.-P.Raynaud**

Allogreffes d'articulation totale du coude dans les pertes de substance ostéo-articulaire post-traumatiques étendues : Résultats à 12 ans de recul

Long term elbow joint allograft for severe posttraumatic bone loss at twelve year mean follow-up. Show more *Revue de Chirurgie Orthopédique et Réparatrice de l'Appareil Moteur*

Volume 90, Issue 4, June 2004, Pages 319-328

**2. Anract Ph., Coste J., Vastel.L, Jeanrot C., Mascard E., Tomenob.**

Prothèse massive et prothèse manchonnée d'une allogreffe pour la reconstruction de l'extrémité supérieure du fémur. *rev chir. orthop.*, 2000, 86, 278-288.

**3. Baillat X. Teot L.**

La circulation sanguine de l'os. *In* : TEOT L., VIDAL J.,DOSSA J. (eds): Le tissu osseux, Sauramps Médical, Montpellier, 1989.

**4. Baptiste Depalle**

Influence de l'hétérogénéité des propriétés mécaniques sur la résistance de l'os trabéculaire humain. L'institut national des sciences appliquées de Lyon année 2011

**5. Bégué Thierry**

Prise en charge en urgence des pertes de substances osseuses des membres associées au damage Control. Emergency management of severe bone losses in limb trauma linked to damage control

e-mémoires de l'Académie Nationale de Chirurgie, 2013, 12 (2) : 050-053

**6. Benali Amina.**

Les pseudarthroses de la jambe : à propos de 40 cas Etude rétrospective Service de Chirurgie Orthopédique et Traumatologique(A). Hospital BenTofail. CHU Mohammed VI. Marrakech PSD84-11 année 2011 thèse N°84

**7. Benko Pierre Etienne**

Intérêt du R.I.A dans la prise en charge des pertes de substance osseuse. Université de limoges faculté de médecine et de pharmacie année 2010 Mémoire 2010 à Limoges

**8. Benko Pierre**

Intérêt d'IR.I.A dans la prise en charge des pertes des substances osseuses *J PHARMCLIN* , VOL 26 N04 décembre ; 26 (4) : 203-7

**9. Burwell R G.**

Studies on the transplantation of bone. Capacity of fresh and treated homografts of bone to evoke transplantation immunity. 45-B, 386-401. *Clin Orthop Relat Res* . 1999 Oct; (367 Suppl): S5-11; discussion S2-4.

**10. Breton Armelle**

Reconstruction osseuse des membres par fibula vascularisée dans les pertes de substance osseuses septiques, ostéites et pseudarthroses septiques : revue rétrospective à propos de 35 cas .Université de lorraine faculté de médecine de Nancy thèse2012

**11. Camara Cheikna**

Etude de tumeurs osseuses dans le service chirurgie orthopédique et traumatologie de l'hôpital Gabriel Toure. Université de Bamako faculté de médecine pharmacie Année universitaire 2005-2006

**12. Caremier .Emmanuel**

Résultats des reconstructions du squelette par allogreffe osseuse massive : à propos de 49 cas. Université Henri Poincaré, Nancy1 2001 Faculté de médecine de Nancy

**13. Cursolle. J**

Substituts osseux de l'appareil locomoteur. Traitement des pertes de substance. DU appareil locomoteur 2016

**14. Cezenave Alain**

Tabac et chirurgie orthopédique [WWW.orthopale.org](http://WWW.orthopale.org) 2016

**15. Chantal Chenu**

Physiologie de l'os. Le traité EMC Appareille locomoteur Appareil locomoteur 14-002-B-10 2013

**16. Chronos.**

Substitut de greffon osseux. Ostéo conducteur, résorbable, synthétique. Mai 2013

**17. Chmellm J, Poss R.**

Avantages et désavantages de la modularité des prothèses totales de hanche. Considérations cliniques sur le dessin et les matériaux. «Cahiers d'enseignement de la SO.F.C.O.T. ». In J. Duparc eds. Paris : Elsevier, 1995 ; 52, 1-10.

**18. Combe. C., C. Bornet , P. Adam, R. Colomb**

Le point sur l'utilisation des protéines ostéogéniques : 24 CHU interrogés. Use of bone morphogenetic proteins: audit in 24 University Hospitals mailed. J Pharm Clin, vol. 26, n° 4, Décembre 2007 203

**19. Chal.F, G Raoul. A, Wiss J. Ferri ,H.F. Hildebrand**

Les biomatériaux de substitution osseuse : classification et intérêt. Biomaterials as bone substitute : Classification and contribution Elsevier MASSON 23 juillet 2011

**20. CHEVASSIEUX PASCALE**

Histologie et cytologie de l'os normal. Appareille locomoteur 14-002-A-10 2003

**21. Chiron Philippe**

Biomatériaux de substitution osseuse : réalités et perspectives. GRIO- groupe de recherche d'information sur l'ostéoporose- XVème journée scientifique du GRIO PARIS 11 2002 CHU Rangueil Toulouse

**22. Chiron Philippe**

Les protéines Inductrices de l'os. Professeur des Université – Praticien Hospitalier. CHY Rangueil Toulouse 2003

**23. Chiron Philippe**

La maladie luxante de la hanche chez l'adulte : Classification, indications chirurgicales, technique de la butée de hanche par voie minimale invasive MISE AU POINT numéro N° 213 - April 2012 31059 Toulouse cedex 9, France -Traitement des pertes de substances osseuses

**24. Chiron.P, J. A. Colombier, J. L. Tricoire , J. PugetG. UthezaY. GlockP. Puel**

Une allogreffe massive vascularisée de diaphyse fémorale chez l'homme International Orthopaedics October 1990, Volume 14, pp 269–272|

**25. Choukri Imane**

Les résultats préliminaires de la reconstruction du cotyle dans les prothèses totales de la hanche (à propos de 18 cas). Faculté de médecine et de pharmacie Fès année 2010 thèse n° 141/10

**26. Claudoth.F.Coudane ,T.George**

Collecte, conservation et utilisation des allogreffes osseuses en orthopédie : aspects juridiques EMC-Technique chirurgicales- orthopédie-traumatologie Volume 7 n°2 juin 2012 9- 44-031

**27. Cola T-Parros.J, Jordana.F**

Les substituts osseux société francophone de biomatériaux dentaires 2009-2010 Université Médicale Virtuelle francophone.

**28. Dao Charles**

Résultats cliniques et radiologiques à long terme de l'implant PPA à propos de 54 cas de descellements aseptiques de prothèse totale de hanche.

Université Paul Sabatier – Toulouse III thèse2007- ANSM Agence Nationale de sécurité du médicament et des produits de santé. Etude des facteurs associés aux révisions sur prothèses totales de hanche (PTH) : rôle du mode d'ancrage (cimentage) et des constituants prothétiques (couple de frottement) dans les révisions chirurgicales Mai 2015.

**29. Dahmani Omar**

Reconstruction du cotyle dans les prothèses totales de la hanche (à propos de 26 cas) thèse 2011

**30. Delépine .G. , N. Delépine**

Résultats préliminaires de 79 allogreffes osseuses massives dans le traitement conservateur des tumeurs malignes de l'adulte et de l'enfant. International Orthopaedics April 1988, Volume 12,pp 21–29

**31. Delphine Dedome**

Etude comparative de deux cupules cimentées dans une croix de Kerboull au cours des reprises de prothèse totale de hanche : cotyle full PE versus double mobilité. A propos de 95 cas. université de lorraine faculté de médecine de nancy these 2013

**32. Delagoutte.J.P**

Les substituts osseux SOFCOT 1993 ; 42 :239-252

**33. Delahaut Olivier**

Allogreffes en orthopédie .Service d'orthopédie. CHU Charlesroi CUBE rasme .consilio 2013/3

**34. Desmarchelier Romain**

Gestion des pertes de substance par greffe : Auto / allo / substitut DIU infections ostéoarticulaires centre hospitalier Lyon sud 2014

**35. Deblais Françoise**

Physiologie du tissu osseux DIE « onco- rhumatologie » 2013-2014- cours N°1-1/1

**36. Delloye C, Cornu O, Druetz V, Barbier O**

Les allogreffes osseuses .Bone allografts : what they can offer and what they cannot. J Bone Joint Surg Br 2007 ; 89 : 574-9.

**37. Delloye. C.**

Bilan et perspectives des allogreffes massives après 25 ans d'utilisation. Assessment and perspectives of massive allografts after 25 years in use.- e-mémoires de l'Académie Nationale de Chirurgie, 2010, 9 (2) : 2010 Académie nationale de chirurgie.

**38. Debome Delphine**

Etude comparative de deux cupules cimentées dans une croix de kerboul au cours des reprises de prothèse totale de hanche : Cotyle full PE versus double mobilité A propos de 95 cas université de lorraine 2013 Faculté de médecine de Nancy.

**39. Dendrinos GK, Kontos S, Katsenis D, Dalas A.**

Treatment of high-energy tibial plateau fractures by the Ilizarov circular fixator. J Bone Joint Surg Br. 1996 Sep;78(5):710-7.

**40. Dendrinos GK<sup>1</sup>, Kontos S, Lyritsis E.**

Use of the Ilizarov technique for treatment of non-union of the tibia associated with infection. J Bone Joint Surg Am. 1995 Jun;77(6):835-46.

**41. Dick H., Strauch R.**

Infection of massive bone allografts. *CLIN ORTHOP.*, 1994,306,46-53.

**42. Dick H., Malinin T., Mnaymneh W.**

Massive allograft implantation following radical resection of high-grade tumors requiring adjuvant chemotherapy treatment.. *CLIN ORTHOP.*, 1985, 197,88-95.

**43. Diara Abdoulay Issa**

Etude des pseudarthroses aseptiques de la diaphyse humérale dans le service d'orthopédie et traumatologie du CHU Gabriel Toure. A propos de 14 cas. Université de Bamako faculté de médecine pharmacie 2008-2009

**44. Docquier P.-L., C. Dellooye**

Techniques et indications des greffes osseuses et ostéo-cartilagineuses EMC-Techniques chirurgicales-Orthopédie- traumatologie 10-44 -030 Volume 8 n°12 juin 2013.

**45. El Idrissi Mohammed**

Arthroplastie totale de la hanche de première intention (à propos de 90 cas) Université sidi Mohammed ben Abdallah faculté de médecine et de pharmacie Fès année 2010 thèse n° 043/10

**46. EL HASNAOUI Sawsane**

Projet d'une banque d'os à MARRAKECH Université CADI AYYAD. Faculté de médecine et de pharmacie MARRAKECH THESE 2008.

**47. Favreul Emmanuel , Alain Dambreville, Gérard Gacon , Pierre Kehr , M. Donon, J.-F. Mattei**

Classifications et scores en chirurgie orthopédique et traumatologique: I. Hanche, Genou, Rachis (Collection GECO) (Volume 1) (French Edition) (French) Paperback – October 29, 2007

**48. Friedlaender G.E.**

Bone allografts : the biological consequences of immunological events. *J BONEJOINTSURG.*, 1991,73 A, 1119-1122.

**49. Ganz R.**

La chirurgie conservatrice dans la coxarthrose. « Cahiers d'enseignement de la SO.F.C.O.T. ». In J. Duparc eds. Paris : Elsevier, 1991 ; 40, 215-222

**50. Greenspan. David C.**

Comparaison de substituts de greffe osseuse synthétique et à l'hydroxyapatite d'origine bovine Copyright 2012 par Zimmer

**51. Gogoua D R, Anoumou M, Kouamé A, Guedebege F, Kouamé M, Varangogg.**

Résultats du traitement de la pseudarthrose aseptique de la diaphyse humérale par plaque vissée et autogreffe osseuse à propos de 20 cas.

The humeral diaphyseal non-infected pseudarthrosis 20 reports treated by plate Osteosynthesis with autologous bone. Tires-a part a : Dr. Raphaël gogoua: Service d'orthopédie –traumatologie, CHU Treichville Abidjan-république de Côte d'Ivoire

**52. Goutallier. D**

Les problèmes médico-légaux posés par les allogreffes : Symposium présenté à la 62<sup>ème</sup> réunion de la SOFCOT , Paris, novembre 1987

**53. Guigala. V., J.-B. Pialat B, N.Vilayphiou C, E. Deshayes D, C.Rizzo A, A.Gazarinae**

La chirurgie de reconstruction par greffe osseuse Évaluation de la qualité de l'os dans les allogreffes de main Bone Quality evaluation in allograft hand transplant Doi: 10.1016/j.main.2010.10.008

**54. Genet François**

Consolidation Osseuse principes généraux et applications en MPR . cours DES 10/01/2011

**55. Gérard. Y.**

Banque d'os (allogreffes). Symposium présenté à la 62<sup>ème</sup> reunion de la SOFCOT , paris, novembre 1987

**56. Gerard V., Dellove C., Goutallier D., Guerin Surville H., Hedde C., Hernigou P., Hutten D., Lotv B., Poitout D., Vital J**

Banques d'os (allogreffes). Symposium SOFCOT 1987. *REV CHIR. ORTHOP.*, 1988,74,109-159.

**57. Grimaud O Baurett. Lortat-Jacob A. Hardy Ph**

Résultat à moyen terme du traitement chirurgical des pseudarthroses septique de la jambe et de tumeur : à propos de 45 cas [www.clubortho.fr](http://www.clubortho.fr) 12/01/2011

**58. Galois.L, D. Mainard, P. Cohen, F. Pfeffer, R. Traversari, J.P. Delagoutte**

Comblement des pertes de substance osseuse par le phosphate Tricalcique $\beta$  en traumatologie .Volume 125, numéro 10 Page 972- 981 (décembre 2000)

**59. Hannouche. D**

Consolidation osseuse Fracture Healing. Conférence d'enseignement 2008 Elsevier Masson

**60. Hedde. C.**

La réparation des lésions cotyloïdiennes par allogreffes de tête fémorale de banque Symposium présenté à la 62<sup>ème</sup> réunion de la SOFCOT , paris, novembre 1987

**61. Hernigou. Ph.**

Évolution des greffes massives .Symposium présenté à la 62<sup>ème</sup> reunion de la SOFCOT, paris, novembre 1987

**62. Hernigou. Ph, D. Marce, A. Julieron, G. Marinello, D. Dormont, (Créteil, Fontenay-aux-Roses)**

Stérilisation osseuse par irradiation et virus VIH RCO-10-1993-79-6-0035-1040-101019-ART63

**63. Houari Fah Hind**

Projet de banque d'os au maroc. universite sidi mohammed ben abdellah faculte de medecine et de pharmacie fes .année 2015 thèse n° 020/15

**64. Hutten.D, J. Duparc**

Réalisation et organisation d'une banque d'os personnelle Symposium présenté à la 62<sup>ème</sup> réunion de la SOFCO , paris, novembre

**65. Honnart F.**

Voie d'abord en chirurgie orthopédique et traumatologie 2<sup>ème</sup> Edition révisée MASSON 1984

**66. Ibnoulkhatib Aissa**

Evolution des indications des implants acétabulaires à double Mobilité. Etude épidémiologique d'un service universitaire. Université Toulouse III – Paul Sabatier Facultés de médecine Année 2013

**67. Iliass El Houari**

La reconstruction acétabulaire dans les prothèses totales de la hanche (a propos de 16 cas)  
Université sidi Mohammed ben Abdallah faculté de médecine et de pharmacie Fès année 2014  
thèse n° 035/14

**68. Jellali Abelkaddouce**

Les descellements aseptiques des prothèses totales de hanches (à propos de 11 cas)  
Université sidi mohammed ben abdellah faculté de médecine FÈS. THÈSES  
N°057/16 2016

**69. J.L. Roux, G. Meyer Zureckendorf, Y. Allieu**

Cals vicieux du radius distal : restauration de la longueur du radius par autogreffe ou allogreffe ?  
Doi: 10.1016/j. main. 2011.10.040

**70. Kerboull.L, Toms Ad, Barker Rl, Jones Rs, Kuiper Jh**

Utilisation des greffes morcelées et compactées dans les reprises d'arthroplastie totale  
Impaction bone-grafting in revision joint replacement surgery. J Bone Joint Surg  
Am 2004;86 : 2050-60.

**71. Kerboull.L**

Reconstruction osseuse par allogreffe et reprise par prothèse cimentée. © 2000 Éditions  
Scientifiques et Médicales Elsevier SAS.

**72. Kerboull M. Hamadouche L. Kerboull**

Reconstruction acétabulaire par allogreffe et armature métallique technique et résultats a long  
terme. [www.imk-forum.com/Confs/2003/matin/M\\_Kerboull.pdf](http://www.imk-forum.com/Confs/2003/matin/M_Kerboull.pdf)

**73. Kerboull M.**

Traitement des descellements fémoraux aseptiques avec perte de substance osseuse majeure  
[www.imk-forum.com/Confs/2004/IMK%202004\\_TableRonde/M\\_Kerboull.pdf](http://www.imk-forum.com/Confs/2004/IMK%202004_TableRonde/M_Kerboull.pdf)

**74. Kerboul.M, L .Kerboull**

Descellements aseptiques cotyloïdiens ; Reconstruction osseuse par allogreffes et armature  
métallique et reprise par prothèse cimentée EMC (Elsevier, Paris), Techniques chirurgicales  
— Orthopédie-Traumatologie, 44-674, 1999,

**75. Kerboull .M**

Traitement des descellements fémoraux aseptiques des prothèses totales de hanche.  
*CAHIERS d'ENSEIGNEMENT DE LA SOFCOT* Conférences d'enseignement, 1996, 1-17.

**76. Kerboull.M., L Kerboull.**

Traitement chirurgical des descellements fémoraux aseptiques. Reconstruction osseuse par  
allogreffe et reprise par prothèse cimentée. *ENCYCL. MED. CHIR.*, techniques chirurgicales  
orthopédie-traumatologie, 44676, 2000, 10 p. 165

**77. Laconte Romain**

Évaluation des substituts osseux phosphocalciques diphasiques dans les comblements des  
tumeurs osseuses bénignes. Université de Nantes faculté de médecine thèse Année 2005 n°137

**78. Lahbabi Said**

Scores, classification, cotations, échelles en orthopédie. Noms propres et Acronymes en orthopédie. BREF MEMENTO

**79. Landreau Philippe., Nicolas Graveleau**

Stratégie devant les défauts osseux dans les reprises de prothèse totale de genou. The management of bone loss in revision total knee replacement. Mise au point . *J Bone Joint Surg Br* 2008 ; 90 : 981-7.

**80. Laktaibi F., F. Galuia**

L'intérêt de la prothèse totale de la hanche dans le Traitement de la coxarthrose évoluée (A propos de 60 cas). Faculté de Médecine et de Pharmacie – Marrakech. Thèse n°95 / 2013\*Service de traumatologie- orthopédie. Hôpital Militaire Avicenne. CHU Mohamed VI. Marrakech

**81. Laroche.M**

Nerfs, vaisseaux et os. Nerves, vessels and bone. La Lettre du Rhumatologue - n° 297 - décembre 2003 37

**82. Lautmann S., Rosset P., Burdin P.**

Reconstruction acétabulaire par anneau de soutien dans les prothèses totales de hanche. Rev. Chir. Orthop., 2008, 76, 245-250.

**83. LE BREDONCHELTH**

Complications mécaniques, pseudarthroses et cals Vicieux 147-153-2

**84. Loty. B. , M. Postel, J. Evrard, Ph. Matron, J. P. Courpied, M. Kerboull , B. Tomeno**

Remplacements en un temps des prothèses totales de hanches infectées et reconstructions osseuses par allogreffes. Étude de 90 reprises dont 46 avec allogreffes osseuses International Orthopaedics Décembre 1992, Volume 16, PP 330–338

**85. LOTY .B**

Guide pour le prélèvement, la sélection et la conservation des allogreffes osseuses en 1993. Monographie .L'association pour l'étude des greffes et substituts tissulaires en orthopédie (GESTO)

**86. LOTY .B.**

Allogreffes osseuses: aspects fondamentaux et techniques de conservations en 1992. *CAHIERS D'ENSEIGNEMENT DE LA SOFCOR*. Conférences d'enseignement 1992, 211-237.

**87. LORD C.F., GEBHARDT M.C., TOMFORD W.W, MANKIN H.J.**

Infection in bone allografts : incidence, nature, treatment. *J BONE. JOINT SURG.*, 1988, 70 A, 3, 369-376.

**88. Masquelet A.-C J.Sales de Gauzy T.Bauer A.Fabre F.Fitoussi D.Hannouche  
J.L.Jouve C.Karger D.Le Nen H.Mathevon P.Merloz L.Obert A.Poichotte S.Rigal  
et la Société française de chirurgie orthopédique et traumatologique (Sofcot)**

Reconstruction des pertes de substance osseuse diaphysaires d'origine traumatique. Strategies, recommandations, perspectives. Revue de Chirurgie Orthopédique et Traumatologique Volume 98, Issue 1, February 2012, Pages 94-103

**89. Masquelet Alain-Charles , Christopher Mac Cullough, Raoul Tubiana**

Voies d'abord chirurgicales du membre inférieur . Paris Milan Barcelone MASSON 1994

**90. MAINARD.D**

Tumeurs osseuses bénignes & substituts osseux service de chirurgie orthopédique, traumatologie & orthoscopique hôpital central CHU Nancy SOTEST table ronde "les substituts de l'os", Colmar, 2008

**91. MAINARD.D**

Substituts osseux .EMC-Appareil locomoteur Volume 8 N°3 juillet 2013 5- 14-015-B-10

**92. MAINARD.D**

Les greffes osseuses Bone grafts. Conférence d'enseignement 2009 Elsevier Masson

**93. MAINARD.D**

Les substituts de l'os du cartilage et du ménisque en 2015 . Monographie éditée par la société française de recherche orthopédique et traumatologique SOFROT SAURAMPS médical

**94. MAINARD.D**

Places des Substituts Osseux dans les Reprises Acétabulaires  
Groupe d'Etude pour la Chirurgie Osseuse (GECO) 17 janvier 2012, Les Arcs

**95. MAKLEY, J.T**

The use of allografts to reconstruct intercalary defects of long bones.clin. orthop. 197, 58-75

**96. MEYRUEIS.J.P,CAZENAVE**

Consolidation des fractures. EMC Appareil locomoteur 14-031-A-20 2003

**97. MERLOZ Philippe**

La coxarthrose (57c) Octobre 2004

**98. MARY. PIERRE ,**

La technique de la membrane induiteDESC de Chirurgie Pédiatrique Session de mars 2009 –  
PARIS Service d'orthopédie et de chirurgie réparatrice de l'enfant Hôpital d'enfants A.  
Trousseau Paris

**99. Mencièrè Maxime-Louis**

L'ostéonécrose aseptique de la tête fémorale (ONTF) Des signes cliniques au traitement –Fiche  
patient juillet 2015

**100. MARHETTI E., O. MAY, J. GIRARD H- F. HILDBRAND, H.MIGAUD, G. PASQUIER**

Biomatériaux en chirurgie orthopédique. Techniques chirurgicales –Orthopédie –traumatologie 2010.

**101. Melchior B, LeCouteur P, Jouan J-P**

Descellements cotyloïdiens aseptiques : reconstruction du cotyle par croix de Kerboull. Analyse à moyen terme. Ann Orhop Ouest - 2008- 36, 25-30. 139

**102. MEDJAHED MOHAMMED ,M.S.KHAZNADAR**

Traitement des pertes de substances osseuses étendues des membres inférieurs selon le procédé séquentiel d'A.C.MASQUELET 17ème congrès national de SACOT Oran 3-4-5 décembre 2010

**103. MOYIKOUA A., PENA-PITRA B.**

La greffe intertibia-péronière dans les pseudarthroses infectées de jambe a propos de 10 cas Médecine d'Afrique Noire : 1991, 38 (8/9)-OPERATING INSTRUCTIONS CRYO 170-0 / 230-0

**104. MOYIKOUA A., PENA-PITRA B.**

Tibialisation de la fibula pour une grande perte de substance osseuse .a propos d'un cas Vol 66-2-2000

**105. Morand F, Clarac JP, Gayet LE, Pries P**

Reconstruction cotyloïdienne par allogreffe osseuse dans les révisions de prothèse totale de hanche. Rev Chir Orthop, 1998, 84, 154-161.

**106. MAEDER BENOIT**

Revue du traitement chirurgical de la pseudarthrose de la diaphyse fémorale. Mémoire de Maîtrise en médecine No 31 Lausanne, 12/2012.

**107. MOYIKOUA. A., B.PENA-PITRA**

La greffe intertibia-péronière dans les pseudarthroses infectées de jambe a propos de 10 cas Médecine d'Afrique Noire : 1991, 38 (8/9)-OPERATING INSTRUCTIONS CRYO 170-0 / 230-0

**108. NOGIER ALEXIS , PHIEFFERLS, GOULET JA**

Retard de consolidation des fractures tibiales. Delayed unions of the tibia. J Bone Joint Surg Am 2006; 88 : 206-16.

**109. NIANEM, GUEYEAB, KINKPECVA, DAFFEM, SANÉAD**

Traitement par la méthode d'Ilizarov des pseudarthroses des os longs journal. Africain de chirurgie orthopédique et traumatologique. African journal of orthopaedics and trauma Jan-Jun 2016 Volume 1 Issue 1. Orthopédie traumatologie du CHU Aristide LE DANTEC - Dakar (Sénégal) Pages 1-94

**110. OBERT.L, A. COUESMES, D.LEPAGE, J.PAUCHOT, P.GARBUIO, Y.TROPET**

Consolidation osseuse et pseudarthrose des os longs : l'apport des BMP. e-mémoire de l'académie nationale de chirurgie 2007, 6 (2) : 24-30

**111. OBERT.L , F.DESCHASEAUX , J.M.CROLLET**

Bioingénierie et reconstruction osseuse Remodelage et régénération. Groupe d'étude os sain et pathologique. Université de franche-comté SAURAMPS médical 2007

**112. OUDRHIR IDRIS**

Les voies d'abord du membre supérieur. Faculté de médecine et de pharmacie Année 2016 Thèse N° 065/16

**113. Oommen Anil Thomas , Vignesh Prasad Krishnamoorthy, Pradeep Mathew Poonnoose, and Ravi Jacob Korula**

Fate of bone grafting for acetabular defects in total hip replacement. Indian Journal of Orthopaedics . 2015 Mar-Apr; 49(2): 181–186

**114. PARANQUE ARMAND**

Allogreffe pour tout comblement osseux en orthopédie. Génie tissulaire. Greffe osseuse à but implantaire.

**115. POURCEL AURELIEN**

Reconstruction du bassin par autogreffe segmentaire du fémur homolatéral : à propos d'une série de 30 cas. Université Toulouse III – Paul Sabatier facultés de médecine année 2009

**116. Paulos. Jaime**

Reconstruction osseuse par prothèse en oncologie orthopédique Endoprothesis bone reconstruction in orthopedic oncology. e-mémoires de l'Académie Nationale de Chirurgie, 2008, 7 (3) : 01-03

**117. Paratte S., Argenson JN, Flecher X, Aubaniac JM**

Reprise des descellements acétabulaires aseptiques par cupule non cimentée, vissée et allogreffe morcelée impactée. Rev. Chir. Orthop., 2007, 93, 255-263.

**118. Payet. Élodie**

La protrusion acétabulaire majeure dans les reprises d'arthroplastie de hanche : conséquences anatomiques et impact sur la stratégie de révision. Étude rétrospective sur 11 années de pratique rouennaise 2012 Université de Rouen Normandie - Faculté de Médecine et Pharmacie <https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-00745336>

**119. Pierrchon. F., H.Migauda. Duquennoy**

Reconstruction du stock osseuse fémoral dans les descellements de prothèse totale des hanches .cta orthopiedica belgica vol 59 3 1993.

**120. Pierrchon F., h.migauda., b.boden, g.pasquier, ch.fontaine, a.duquenno**

Reconstruction de par autogreffe de tête fémorale au cours des arthroplasties totales de hanche Acta orthopaedica Belgica, VOL. 60-30-1994

- 121. Philippe R, Gosselin O, Sedaghatian J, Dezaly C, Roche O, Sirveaux F, Molé D.**  
Acetabular reconstruction using morselized allograft and a reinforcement ring for revision arthroplasty with Paprosky type II and III bone loss: survival analysis of 95 hips after 5 to 13 years. *Orthop Traumatol Surg Res.* 2012 Apr; 98(2):129-37
- 122. Piriou P, J.-N. Martin, C. Garreau de Loubresse, T. Judet**  
Traitement des pseudarthroses de jambe après enclouage centromédullaire : intérêt de la décortication ostéopériostée avec ostéosynthèse par plaque médiale *Revue de Chirurgie Orthopédique et Traumatologique* Vol 91, N° 3 - mai 2005 pp. 222-23
- 123. PLANCHON DELPHINE**  
Prise en charge de la coxarthrose et difficulté rencontrée en médecine général Étude qualitative auprès de médecine généraliste de Haute-Normandie *FACULTÉ mixte de médecines et de pharmacie de Rouen* année 2005 Thèse avril 2015
- 124. POITOUT.D**  
Biologie des allogreffes osseuses Symposium présenté à la 62<sup>ème</sup> réunion de la SOFCOT , paris, novembre 1987.
- 125. POITOUT.D**  
Indications « classique » des allogreffes osseuses Symposium présenté à la 62<sup>ème</sup> réunion de la SOFCOT , paris, novembre 1987.
- 126. POITOUT.D**  
Cryoconservation d'allogreffes osseuses et ostéocartilagineuses .Aspects techniques et administratifs. Symposium présenté à la 62<sup>ème</sup> réunion de la SOFCOT , paris, novembre 1987
- 127. POITOUT.D. NOUAILLE DE GORCE, P.TROPIANO, B.RIPOLL, G.MARK**  
Devenir à long terme des allogreffes osseuses et ostéo-cartilagineuses massives Cryopréservées - mémoire de l'académie nationale de chirurgie, 2003, 2 (1) : 37-45
- 128. POITOUT.D G. Gaujoux M. Lempidakis**  
Reconstructions iliaques totales ou partielles à l'aide d'allogreffes de banque *International Orthopaedics* June 1990, Volume 14, Issue 2, pp 111-119
- 129. POITOUT.D, G. NOVAKOVITCH**  
Utilisation des allogreffes en oncologie et en traumatologie. *International Orthopaedics (SICOT)* (1987) 11: 169-178 *International Orthopaedics* . © Springer-Verlag 1987
- 130. Poumarat .G. , C. Thiery , H. Toumi , M. Abdi , J.-M. Garcier , G. Vanneville**  
Propriétés mécaniques de greffons humains provenant de têtes fémorales et traitées par un procédé d'épuration physico-chimique (OsteopureY) *Mechanical properties of human femoral head allografts after physico-chemical treatment (OsteopureY)*  
*Revue de chirurgie orthopédique* 2004, 90, 442-448. orthopédique © Masson, Paris, 2004

**131. RAZAFIMAHANDRY H. J. C, RANDRIANASOLO D.  
ANDRIAMANANAN W.A., RANDRIARIMANGA R. H. B.**

Deux cas d'utilisation de corail naturel comme substitut osseux Faculté de Médecine d'Antananarivo . Médecine d'Afrique Noire 2001 - 48 (3)

**132. RAHMLM. K. CHAKOURI. K EL HACHEMI. A. M. TRAFEHA.  
LARGABN  
NOURCHAFIN. BENCHEMSI**

Mise au point la banque d'os de Casablanca : intérêts et aspects techniques. Rev Maroc Chir orthop traumatol 2006 ; 27 :59

**133. RAHMLM, M. ARSSI, K. CHAKKOURI, J. HASSOUN, D. COHEN,  
M. RAFAI, A. LARGAB, M. TRAFEH**

Reconstruction par autogreffe osseuse et anneau de kerboul des descellements acétabulaires aseptiques Rev. Maroc. Chir. Orthop.Traumatol. 2005 ; 24 : 31-34

**134. REINA.N,J.M. LAFFOSSE**

Biomécanique de l'os, application au traitement et à la consolidation des fractures EMC-Appareil locomoteur Volume 9 n°2 juin 201411- 14-031-10

**135. ROMAIN TABERNE**

Intérêt du substitut osseux synthétique dans les reprises de prothèses totales de hanches par voie trans fémorale pour descellement Aseptique. Résultats d'une étude prospective, à propos de 13 cas. Université de Poitiers Faculté de Médecine et Pharmacie ANNÉE 2014

**136. ROSSET.Ph, B.HEUDEL, J.LAULAN, P.GARAUD ,L.FAVARD**

Évolution à long terme des butées pour dysplasie de hanche chez l'adulte. Courbe de survie sur 68 cas et étude rétrospective de 44 cas avec un recul minimum de 26 ans.

Acta orthopidica belgica, vol 65-3-1999

**137. ROUX CHRISTIAN**

Arthrose des membres inférieurs : aspects épidémiologiques, cliniques et fondamentaux Université Nice Sophia Antipolis 2014.Français. <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01249544>  
Submitted on 4 Jan 2016

**138. ROSSET. Ph**

Réparation osseuse par thérapie cellulaire. Bonerepair by cellb Therapy. Conférences d'enseignement 2013 Elsevier Masson

**139. STIGLITZ YVES**

Infection sur prothèses articulaires : évaluation du traitement chirurgical en deux temps à plus de cinq ans de recul. UNIVERSITE HENRI POINCARÉ, NANCY THÈSE 2010

**140. SADER, Z.**

ALLOGREFFES OSSEUSES. Revue de la littérature SOTEST 2008 Médecine et droit information éthique et juridique du praticien Elsevier Masson 2011(2004) 138-162 Bio

ingénierie et reconstruction osseuse Groupe d'étude Os sain et pathologique remodelage et régénération Université de Franche Comté

**141. SAVORNIN.C, M.CALTRAN, P.LECOUTEUR, J-J.JOUAN, P.DEROCHÉ-F. VINCENEUX ,L.BARNOUIN**

Reconstruction acétabulaire par allogreffe lors des reprises de prothèse totale de hanche .medecine et armés 21 06 2002. 2002.30.s

**142. SAILHAN.F, A. COURVOISIER, O. LAFFENETRE, L. OBERT**

Ostéo-inducteurs en orthopédie .Techniques chirurgicales-Orthopédie-traumatologie - 44-013 2010 ElsevierMasson

**143. Sedel Laurent**

Consolidation des fractures Service de chirurgie orthopédique et réparatrice, hôpital Saint-Louis, avenue Claude-Vellefaux, 75475 Paris cedex 10 France EMC **1/01/92** [14-031-A-20]

**144. SEDEL LAURENT ALAIN MEUNIER REMI NIZARD**

Biomécanique de l'os, Application au traitement des fractures. Podologie 27-100-A-10 .1993

**145. SADEL LAURENT**

Consolidation des fractures Appareil locomoteur 14-031-A-20

**146. SIMON. A., R. SEIZEUR, E. MAGRO, M.-M. ASSELIN, H. PERSON, P. DAMHIEU, G. BESSON**

Fusion inter somatique par greffe osseuse versus protéine recombinante inductrice. Résultats préliminaires . la 91e réunion annuelle de la SOFCOT 2016

**147. SCHWARTZ. C.**

Bilan de 15 ans d'utilisation des substituts osseux de synthèse en chirurgie orthopédique et en traumatologie. e-mémoire de l'académie nationale de chirurgie, 2010, 9 (2) : 76-86

**148. Stassen JG, Van Dijk BA, Van Horn JR, Kunst VA.**

No irregular erythrocytes observed after bone allografts in 144 patients. *Acta Orthop. Scand* 1993;64:354-6.

**149. TOMENO B., ANRACT P.**

Résections du bassin pour tumeurs. *ENCYCL. MED. CHIR.* (Elsevier, Paris), techniques chirurgicales orthopédietraumatologie, 44-505, 1998, 16 p.

**150. TOMENO B., GERBER C.**

Les résections-reconstructions diaphysaires des grands os des membres en pathologie tumorale. A propos de 23 cas. *REV CHIR. ORTHOP.*, 1987,73,131-136.

- 151. TOMENO B., COURPIED J.P., LOTY B.**  
Techniques et indications des greffes et transplantations osseuses et ostéocartilagineuses.  
*ENCYCL.MED.CHIR.* (Paris, France), Techniques chirurgicales. Orthopédie, 44030, 11-1988,16p.
- 152. TOMENO B., FOREST M.**  
Les tumeurs osseuses de l'appareil locomoteur, 3 tomes,. Paris, UNICET, 1990.
- 153. TESKRAT FEWZI**  
Nouveau paysage réglementaire français dans le domaine des tissus et cellules French régulations on tissue and cell products. Agence française de sécurité sanitaire des produits de santé 143/147, France Elsevier MASSON 2012
- 154. THEIN.E, F. CHEVALLEY, O. BORENS**  
Pseudarthroses aseptiques des os longs Rev Med Suisse 2013 ; 9 : 2390-6
- 155. THOMAZEAU H. ,M. COLMAR**  
Reconstruction acétabulaire dans les révisions de prothèses totales de hanche pour descellement.  
acetabular reconstruction for loosening of hip arthroplastyTable ronde .réf : ann. orthop. ouest - 2005 - 37 - 221 à 262
- 156. THOMASA.T.MARTIN M-H.LAFAGE-PROUST**  
Physiologie du tissu osseux. EMC consult Podologie 17/08/2010 [27-025-A-20] - 10.1016/S0292-062X(11)58350-3 INSERM U890, Service de rhumatologie, Centre hospitalier universitaire de Saint-Étienne, boulevard Pasteur, 42055 Saint-Étienne cedex 2, France
- 157. TIAROY irozounlomiao**  
Chirurgie de reconstruction osseuse en oncologie orthopédique au CHU souro sanou de bobo dioulasso : à propos de 8 cas Université polytechnique de bobo dioulasso (lipb) 2013-2014 Institut supérieur des sciences de la sante Thèse N°13
- 158. TOMFORD W.W., THONGPHASUK J., MANKIN H.J., FERRARO M.J.**  
Frozen musculoskeletal allografts : a study of the clinical incidence and causes of infection associated with their use. *J BONE. JOINTSURG.*, 1990,72 A, 8,1137-1143.
- 159. Tchenio Philippe**  
Pseudarthrose de la palette humérale. The management of nonunion and mal union of the distal humerus : a 30-year experience. *J Orthop Trauma* 2008; 22 : 742-50.
- 160. Tubiana Raoul , Christopher Mac Cullough, Alain-Charles Masquelet.**  
voies d'abord chirurgicales du membre superieur . Paris Milan Barcelone MASSON 1994
- 161. VANLSACKER.T, O. BARBIER, A.TRAORE , O .CORNU<sup>A</sup> ,F.MAZZEO, C.DELLOYEFORARM**  
Reconstruction with bone allograft following tumor excision: a series of 10 patients with a mean follow-up of 10 years orhtopaedics et traumatologie : surgery et research (2011) 93, 793-799

- 162. VASTEL. L. , P. ANRACT, B. TOMENO B JP.COURPIED**  
Utilisation des allogreffes de banque en orthopédie. Aspects réglementaires. Encycl Méd Chir (Elsevier, Paris), Techniques chirurgicales –Orthopédie-Traumatologie, 44-031, 1999, 4 p.JPharm Clin 2007 ; 26 (4) : 203-7 .
- 163. VASTEL.L**  
Reconstruction par allogreffe au cours des RPTH. Expérience de Cochin
- 164. VASTEL.L**  
Allogreffes osseuses et banque de tissus 14-015-A-10 .EMC Appareil locomoteur 13\_14-015-A-1014-Annales de chirurgie Elsevier Masson 2013
- 165. VANNEREAU .H.**  
Prélèvement osseux os massifs et résidus opératoires : Place thérapeutique Revue française des laboratoires, septembre 1996, N°286
- 166. VAN CAUWENBERGE.H ,J.P. HAUZEUR , PH. GILLET**  
Actualités dans le traitement des pseudarthroses aseptiques. Rev Med Liège 2007 ; 62: 5-6:344-351
- 167. VAZPRATICIEN GUALTER**  
Techniques chirurgicales de reconstruction dans les IOAc Prise en Charge des Infections Ostéo-Articulaires Complexes – Avril 2012– Lyon
- 168. VERSIER.G**  
REPRISE DE PTH HIA Bégin Saint-Mandé SOFCOT 2016
- 169. VINCENT . A , CH.DELLOYE, P.DENAYER**  
Les allogreffes massives en chirurgie réparatrice. Conférences d'enseignement 38. Pp. 1-20 1990
- 170. VIGNON.E, T. CONROZIER, M. PIPERNO, S. RICHARD**  
Évolution de l'arthrose de la hanche et du genou. La Lettre du Rhumatologue - n° 250 - mars 1999
- 171. Vielpeau. C. , C. Hulet, H. Elmoataz , A. Texier , B. Geffard**  
Intérêts et limites des greffons morcelés impactés - 15/04/08 . RCO-09-2000-86-S1-0035-1040-101019-ART16
- 172. Villatte.G, R. Erivan, G. Salles, B. Pereira, M. Galvin, S. Descamps, S. Boisgard**  
Utilisation d'une allogreffe osseuse morcelée sécurisée avec un anneau de soutien dans les révisions acétabulaires de PTH aseptiques avec perte de substance osseuse : résultats de 95 cas à 7 ans de recul. revue de Chirurgie Orthopédique et Traumatologique Volume 103, Issue 4, June 2017, Pages 384-389

**173. WEGRZYN. JULIEN , OLIVIER GUYEN, JEAN-MARC DURAND,  
JACQUES BEJUI-HUGUES**

Prothèse totale de hanche sans ciment dans les arthrites inflammatoires (cas de la polyarthrite rhumatoïde). Journées Lyonnaises de Chirurgie de la Hanche 2008

**174. Wang H et al**

An improved reduction technique for depression fractures of lateral tibial plateau. Zhongguo xiu fu chong jian wai ke za zhi 2013

**175. Willem Schreurs. B, Md, Phd, Vincent J.J.F. Busch, Md, Marianne L. Welten, Md, Nico Verdonschot, Phd, Tom J.J.H. Slooff, Md, Phd, And Jean W.M. Gardeniers, Md, Phd**

Acetabular Reconstruction with Impaction Bone-Grafting and a Cemented Cup in Patients Younger Than Fifty Years Old. The Journal Of Bone And Joint Surgery, 2004, 2385-2392.

**176. YANN MACE**

Processus de réparation osseuse : conséquences sur le délai de mise en contrainte co femer module physique et de réadaptation, pathologie et chirurgicales de l'appareil locomoteur (01 2007) Cofemer. Module Médecine Physique et de Réadaptation et pathologies médicales et chirurgicales de l'appareil locomoteur

**177. YVES MICHAUD THIERRY AU COUTURIER**

Ostéonécrose : imagerie et classification. Colmar. [https://www.geco-medical.org/geco2008/.../classification\\_physiopathologie\\_onaf.pdf](https://www.geco-medical.org/geco2008/.../classification_physiopathologie_onaf.pdf) 2013

**178. Zejjari Hassane , JamalLouaste, Taoufik Cherrad, Hicham Bousbae, HousseineKasmaoui, Larbi Amhajji, et KhalidRachid**

Les reconstructions acétabulaires dans les prothèses totales de hanche. Acetabular reconstruction in total hip replacement. Pan Afr Med J. 2015; 22: 225. Publication en ligne 2015 nov.

# Listes

## **Liste des tableaux**

- Tableau 1** : Modules d'élasticité (en giga pascal [GPa]) de différents matériaux utilisés en orthopédie.
- Tableau 2** : Modules d'élasticité selon le type d'os en fonction du type de contrainte
- Tableau 3** : force de rupture pour différentes pièces osseuses en fonction des types de contraintes
- Tableau 4**. Critères d'exclusion au don
- Tableau 5** : Fiche technique de congélateur DAIREIULTF 320
- Tableau 6** : Répartition des patients selon la pathologie
- Tableau 7** : Répartition des patients selon l'âge
- Tableau 8** : Répartition des patients selon le sexe
- Tableau 9** : Répartition des patients selon le coté atteint
- Tableau 10** : Répartition des patients selon les antécédents
- Tableau 11** : Répartition des patients selon le membre atteint
- Tableau 12** : Répartition des patients selon le siège (membre supérieur)
- Tableau 13** : Répartition des patients selon le siège (membre inférieur)
- Tableau 14** : Répartition des patients du groupe tumeur selon l'âge
- Tableau 15** : Répartition des patients du groupe tumeur selon le sexe
- Tableau 16** : Répartition des patients du groupe tumeur selon le coté atteint
- Tableau 17** : Répartition des patients du groupe tumeur selon les antécédents
- Tableau 18** : Répartition des patients du groupe tumeur selon le type de reconstruction
- Tableau 19** : Répartition des patients du groupe tumeur selon la localisation tumorale
- Tableau 20** : Répartition des patients du groupe tumeur selon le siège (Membre supérieur)
- Tableau 21** : Répartition des patients du groupe tumeur selon le siège (Membre inférieur)
- Tableau 22** : Répartition des patients du groupe tumeur selon la topographique (membre supérieur)
- Tableau 23** : Répartition des patients du groupe tumeur selon la topographique (Membre supérieur)
- Tableau 24** : Répartition des patients du groupe tumeur selon les circonstances de découverte
- Tableau 25** Répartition des patients du groupe tumeur selon le bilan radiologique
- Tableau 26** : Répartition des patients du groupe tumeur selon le type de la perte de substance
- Tableau 27** : Répartition des patients du groupe tumeur selon le type d'os
- Tableau 28** : Répartition des patients du groupe tumeur selon la dimension
- Tableau 29** : Répartition des patients du groupe tumeur selon la nature histopathologique
- Tableau 30** : Répartition des patients du groupe pseudarthrose selon l'âge
- Tableau 31** : Répartition des patients du groupe pseudarthrose selon le sexe
- Tableau 32** : Répartition des patients du groupe pseudarthrose selon le coté atteint
- Tableau 33** : Répartition des patients du groupe pseudarthrose selon les antécédents
- Tableau 34** : Répartition des patients du groupe pseudarthrose selon le nombre de reprise
- Tableau 35** : Répartition des patients du groupe pseudarthrose selon l'étiologie du traumatisme initial
- Tableau 36** : Répartition des patients du groupe pseudarthrose selon les lésions cutanées initiales
- Tableau 37** : Répartition des patients du groupe pseudarthrose selon le siège
- Tableau 38** : Répartition des patients du groupe pseudarthrose selon le siège (membre supérieur)
- Tableau 39** : Répartition des patients du groupe pseudarthrose selon le siège (membre inférieur)

*Indications et résultats des allogreffes dans les pertes des substances osseuses*  
*Aménagement de la banque d'os*

---

- Tableau 40** : Répartition des patients du groupe pseudarthrose selon la localisation osseuse
- Tableau 41** : Répartition des patients du groupe pseudarthrose selon traitement initial
- Tableau 42** : Répartition des patients du groupe pseudarthrose selon le délai moyen de consultation
- Tableau 43** : Répartition des patients du groupe pseudarthrose selon le motif de consultation
- Tableau 44** : Répartition des patients du groupe pseudarthrose selon le type de pseudarthrose
- Tableau 45** : Répartition des patients du groupe pseudarthrose selon bilan radiologique
- Tableau 46** : Répartition des patients du groupe pseudarthrose selon la Classification de CATAGNI et PALEY
- Tableau 47** : Répartition des patients du groupe pseudarthrose selon la perte de substance osseuse
- Tableau 48** : Répartition des patients du groupe coxarthrose selon l'âge
- Tableau 49** : Répartition des patients du groupe coxarthrose selon le sexe
- Tableau 50** : Répartition des patients du groupe coxarthrose selon le coté atteint
- Tableau 51** : Répartition des patients du groupe coxarthrose selon l'étiologie
- Tableau 52** : Répartition des patients du groupe coxarthrose selon les antécédents
- Tableau 53** : Répartition des patients du groupe coxarthrose les interventions préalables
- Tableau 54** : score de Postel Merle d'Aubigné
- Tableau 55** : Répartition des patients du groupe coxarthrose selon le score de la douleur
- Tableau 56** : Répartition des patients du groupe coxarthrose selon la mobilité
- Tableau 57** : Répartition des patients du groupe coxarthrose selon la marche
- Tableau 58** : Répartition des patients du groupe coxarthrose selon le score de PMA (Pré opératoire)
- Tableau 59** : Répartition des patients du groupe coxarthrose selon Classification de Kellgren et Lawrence
- Tableau 60** : Répartition des patients du groupe coxarthrose selon la classification AAOS
- Tableau 61** : Répartition des malades selon le type d'anesthésie
- Tableau 62** : Répartition des patients du groupe tumeur selon la voie d'abord Membre inférieur
- Tableau 63** : Répartition des patients du groupe tumeur selon la voie d'abord Membre supérieur
- Tableau 64** : Répartition des patients du groupe pseudarthrose selon la voie d'abord Membre inférieur :
- Tableau 65** : Répartition des patients du groupe pseudarthrose selon la voie d'abord Membre supérieur
- Tableau 66** : Répartition des patients du groupe coxarthrose selon la voie d'abord
- Tableau 67** : Répartition des têtes fémorales selon le sexe de donneur
- Tableau 68** : Répartition des têtes fémorales selon leur origine
- Tableau 69** : Répartition des têtes fémorales selon leur étude sérologique
- Tableau 70** : Répartition des têtes fémorales selon les résultats de CMV
- Tableau 71** : Répartition des têtes fémorales selon l'étude bactériologique
- Tableau 72** : Répartition des patients selon le type de greffe osseuse
- Tableau 73** : Répartition des patients du groupe tumeur selon le type de l'allogreffe
- Tableau 74** : Répartition des patients du groupe tumeur selon le siège
- Tableau 75** : Répartition des patients du groupe pseudarthrose selon le type et le siège de l'allogreffe
- Tableau 76** : Répartition des patients du groupe pseudarthrose selon le type de l'allogreffe
- Tableau 77** : Répartition des patients du groupe pseudarthrose selon le siège
- Tableau 78** : Répartition des patients du groupe pseudarthrose selon le type et le siège de l'allogreffe
- Tableau 79** : Répartition des patients du groupe coxarthrose selon le type de l'allogreffe
- Tableau 80** : Répartition des patients du groupe coxarthrose selon Siège de l'allogreffe

**Tableau 81** : Répartition des patients du groupe coxarthrose selon le type et le Siège de l'allogreffe

**Tableau 82** : Répartition des patients du groupe pseudarthrose selon l'association de l'autogreffe

**Tableau 83** : Répartition des patients du groupe tumeur selon l'ostéosynthèse

**Tableau 84** : Répartition des patients du groupe PSD selon le type d'ostéosynthèse associée

**Tableau 85** : Répartition des patients du groupe coxarthrose selon le type d'implant

**Tableau 86** : Répartition des patients selon le temps fémoral

**Tableau 87** : Répartition des patients du groupe tumeur selon l'os receveur

**Tableau 88** : Répartition des patients du groupe pseudarthrose selon l'os receveur

**Tableau 89** : Répartition des patients du groupe coxarthrose selon l'os receveur

**Tableau 90** : Répartition des patients selon l'os receveur

**Tableau 91** : Répartition des patients du groupe tumeur selon le liseré

**Tableau 92** : Répartition des patients du groupe pseudarthrose selon le liseré

**Tableau 93** : Répartition des patients du groupe coxarthrose selon la classification de De Lee et Charnley

**Tableau 94** : Répartition des patients du groupe tumeur selon le contour

**Tableau 95** : Répartition des patients du groupe tumeur selon la trame

**Tableau 96** : Répartition des patients du groupe tumeur selon le remodelage

**Tableau 97** : Répartition des patients du groupe tumeur selon le type de la lyse

**Tableau 98** : Répartition des patients du groupe pseudarthrose selon le contour

**Tableau 99** : Répartition des patients du groupe pseudarthrose selon la trame

**Tableau 100** : Répartition des patients du groupe pseudarthrose selon le remodelage

**Tableau 101** : Répartition des patients du groupe pseudarthrose selon le type de la lyse

**Tableau 102** : Répartition des patients du groupe coxarthrose selon le contour

**Tableau 103** : Répartition des patients du groupe coxarthrose selon la trame

**Tableau 104** : Répartition des patients du groupe coxarthrose selon le remodelage

**Tableau 105** : Répartition des patients du groupe coxarthrose selon le type de lyse

**Tableau 106** : Répartition des patients des 3 groupes selon le type de lyse

**Tableau 107** : Répartition des patients du groupe tumeur selon le score fonctionnel de la MSTS (membre supérieur)

**Tableau 108** : Répartition des patients du groupe tumeur selon le score fonctionnel de la MSTS (membre inférieur)

**Tableau 109** : Répartition des patients du groupe tumeur selon le score fonctionnel de la MSTS

**Tableau 110** : Répartition des patients du groupe pseudarthrose selon la classification d'ASAMI

**Tableau 111** : Répartition des patients du groupe coxarthrose selon consultation et selon la cotation de Postel et Merle d'Aubigné (PMA)

**Tableau 112** : Influence de l'âge

**Tableau 113** : comparaison des résultats avec la littérature

**Tableau 114** : comparaison des résultats avec la littérature (résorption osseuse)

**Tableau 115** : comparaison des résultats avec la littérature (la jonction os receveur/ allogreffe)

**Tableau 116** : comparaison des résultats avec la littérature (l'association autogreffe allogreffe)

**Tableau 117** : siège de la jonction

**Tableau 118** : comparaison des résultats avec la littérature (siège de la jonction)

**Tableau 119** : Influence de l'ostéosynthèse

**Tableau 120** : comparaison des résultats avec la littérature (Influence de l'ostéosynthèse)

**Tableau 121** : Influence de l'infection

**Tableau 122** : comparaison des résultats avec la littérature (Influence de l'infection)

*Indications et résultats des allogreffes dans les pertes des substances osseuses*  
*Aménagement de la banque d'os*

---

**Tableau 123** : Influence de la perte de substance (groupe tumeur)

**Tableau 124** : Influence de la perte de substance (groupe pseudarthrose)

**Tableau 125** : Influence de la perte de substance (groupe coxarthrose)

**Tableau 126** : comparaison des résultats avec la littérature (Influence de la perte de substance)

**Tableau 127** : Influence du tabac

**Tableau 128** : Comparaison de séries (taux de survie)

**Tableau 129** : analyse de nos mauvais résultats

## Liste des figures

**Figure 1 :** le tissu osseux.

**Figure 2 :** Aspect en microscopie électronique à balayage de la structure d'une corticale de fémur sectionnée transversalement à la diaphyse.

**Figure 3 :** Le réseau trabéculaire osseux vertébral

**Figure 4 :** Représentation schématique des couches cartilagineuse et osseuses constituant la tête fémorale

**Figure 5 :** Architecture de l'extrémité supérieure du fémur

**Figure 6 :** les travées spongieuses.

**Figure 7 :** Différenciation des cellules de la lignée ostéoclasie.

**Figure 8 :** Ostéoclaste mature.

**Figure 9 :** séquence de remodelage trabéculaire

**Figure 10 :** Réseau artériel de l'os

**Figure 11 :** Réseau veineux de l'os

**Figure 12 :** les artères circonflexes

**Figure 13 :** les artères de la hanche

**Figure 14 :** courbe de déformation en fonction de la contrainte appliquée à un matériau

**Figure 15 :** modification du module d'élasticité (E) au-delà de la limite élastique, d'après Nyman et al.

**Figure 16 :** les 4 stades de la consolidation naturelle

**Figure 17 :** cal mou (incision du cal périosté).

**Figure 18 :** cal dur

**Figure 19 :** Étapes de la consolidation

**Figure 20 :** Histologie d'une unité de remodelage osseux

**Figure 21 :** sites de prélèvement

**Figure 22 :** prélèvement de l'os spongieux

**Figure 23 :** tête fémorale

**Figure. 24.** Aspect à 6 mois d'un greffon cryoconservé implanté dans la métaphyse fémorale inférieure de chien.

**Figure. 25.** Aspect radiographique après implantation d'un greffon armé cryoconservé sur la moitié de la métaphyse inférieure fémorale de chien.

**Figure 26 :** Coupe histologique du spécimen dont la radiographie est montrée dans la fig. 23 La zone greffée est occupée par un amas de tissu fibreux dense, au contact étroit avec les travées osseuses néoformées

**Figure 27 :** comblement de l'extrémité supérieure de tibia (TCG)

**Figure 28 :** reconstruction cotyloïdienne

**Figure 29 :** congélateur vertical (armoie), Congélateur horizontal (bahut) et

**Figure 30 :** Congélateur horizontal

**Figure 31 :** Allogreffe non morcelée

**Figure 32 :** Allogreffe morcelée

**Figure 33 :** tête fémorale

**Figure 34 :** tête fémorale congelée

**Figure 35 :** Allogreffe structurales

**Figure 36 :** Allogreffe morcelée

**Figure 37 :** classification de De Lee et Charnley

## **Liste des graphiques**

- Graphique 01** : Répartition des patients selon la pathologie  
**Graphique 02** : Répartition des patients selon l'âge  
**Graphique 03** : Répartition des patients selon le sexe  
**Graphique 04** : Répartition des patients selon le coté atteint  
**Graphique 05** : Répartition des patients selon les antécédents  
**Graphique 06** : Répartition des patients selon le membre atteint  
**Graphique 07** : Répartition des patients selon le siège (membre supérieur)  
**Graphique 08** : Répartition des patients selon le siège (membre inférieur)  
**Graphique 09** : Répartition des patients du groupe tumeur selon l'âge  
**Graphique 10** : Répartition des patients du groupe tumeur selon le sexe  
**Graphique 11** : Répartition des patients du groupe tumeur selon le coté atteint  
**Graphique 12** : Répartition des patients du groupe tumeur selon les antécédents  
**Graphique 13** : Répartition des patients du groupe tumeur selon le type de reconstruction  
**Graphique 14** : Répartition des patients du groupe tumeur selon la localisation tumorale  
**Graphique 15** : Répartition des patients du groupe tumeur selon le siège (Membre supérieur)  
**Graphique 16** : Répartition des patients du groupe tumeur selon le siège (Membre inférieur)  
**Graphique 17** : Répartition des patients du groupe tumeur selon la topographique (membre supérieur)  
**Graphique 18** : Répartition des patients du groupe tumeur selon la topographique (Membre supérieur)  
**Graphique 19** : Répartition des patients du groupe tumeur selon les circonstances de découverte  
**Graphique 20** : Répartition des patients du groupe tumeur selon le bilan radiologique  
**Graphique 21** : Répartition des patients du groupe tumeur selon le type de la perte de substance  
**Graphique 22** : Répartition des patients du groupe tumeur selon le type d'os  
**Graphique 23** : Répartition des patients du groupe tumeur selon la dimension  
**Graphique 24** : Répartition des patients du groupe tumeur selon la nature histopathologique  
**Graphique 25** : Répartition des patients du groupe pseudarthrose selon l'âge  
**Graphique 26** : Répartition des patients du groupe pseudarthrose selon le sexe  
**Graphique 27** : Répartition des patients du groupe pseudarthrose selon le coté atteint  
**Graphique 28** : Répartition des patients du groupe pseudarthrose selon les antécédents  
**Graphique 29** : Répartition des patients du groupe pseudarthrose selon le nombre de reprise  
**Graphique 30** : Répartition des patients du groupe pseudarthrose selon l'étiologie du traumatisme initial  
**Graphique 31** : Répartition des patients du groupe pseudarthrose selon les lésions cutanées initiales  
**Graphique 32** : Répartition des patients du groupe pseudarthrose selon le siège  
**Graphique 33** : Répartition des patients du groupe pseudarthrose selon le siège (membre supérieur)  
**Graphique 34** : Répartition des patients du groupe pseudarthrose selon le siège (membre inférieur)  
**Graphique 35** : Répartition des patients du groupe pseudarthrose selon la localisation osseuse  
**Graphique 36** : Répartition des patients du groupe pseudarthrose selon traitement initial  
**Graphique 37** : Répartition des patients du groupe pseudarthrose selon le délai moyen de consultation  
**Graphique 38** : Répartition des patients du groupe pseudarthrose selon le motif de consultation

- Graphique 39** : Répartition des patients du groupe pseudarthrose selon le type de pseudarthrose
- Graphique 40** : Répartition des patients du groupe pseudarthrose selon bilan radiologique
- Graphique 41** : Répartition des patients du groupe pseudarthrose selon la Classification de CATAGNI et PALEY
- Graphique 42** : Répartition des patients du groupe pseudarthrose selon la perte de substance osseuse
- Graphique 43** : Répartition des patients du groupe coxarthrose selon l'âge
- Graphique 44** : Répartition des patients du groupe coxarthrose selon le sexe
- Graphique 45** : Répartition des patients du groupe coxarthrose selon le coté atteint
- Graphique 46** : Répartition des patients du groupe coxarthrose selon l'étiologie
- Graphique 47** : Répartition des patients du groupe coxarthrose selon les antécédents
- Graphique 48** : Répartition des patients du groupe coxarthrose les interventions préalables
- Graphique 49** : Répartition des patients du groupe coxarthrose selon le score de la douleur
- Graphique 50** : Répartition des patients du groupe coxarthrose selon la mobilité
- Graphique 51** : Répartition des patients du groupe coxarthrose selon la marche
- Graphique 52** : Répartition des patients du groupe coxarthrose selon le score de PMA (Pré opératoire)
- Graphique 53** : Répartition des patients du groupe coxarthrose selon Classification de Kellgren et Lawrence
- Graphique 54** : Répartition des patients du groupe coxarthrose selon la classification AAOS
- Graphique 55** : Répartition des malades selon le type d'anesthésie
- Graphique 56** : Répartition des patients du groupe tumeur selon la voie d'abord Membre inférieur
- Graphique 57** : Répartition des patients du groupe tumeur selon la voie d'abord Membre supérieur
- Graphique 58** : Répartition des patients du groupe pseudarthrose selon la voie d'abord Membre inférieur :
- Graphique 59** : Répartition des patients du groupe pseudarthrose selon la voie d'abord Membre supérieur
- Graphique 60** : Répartition des patients du groupe coxarthrose selon la voie d'abord
- Graphique 61** : Répartition des têtes fémorales selon le sexe de donneur
- Graphique 62** : Répartition des têtes fémorales selon leur origine
- Graphique 63** : Répartition des têtes fémorales selon leur étude sérologique
- Graphique 64** : Répartition des têtes fémorales selon les résultats de CMV
- Graphique 65** : Répartition des têtes fémorales selon l'étude bactériologique
- Graphique 66** : Répartition des patients selon le type de greffe osseuse
- Graphique 67** : Répartition des patients du groupe tumeur selon le type de l'allogreffe
- Graphique 68** : Répartition des patients du groupe tumeur selon le siège
- Graphique 69** : Répartition des patients du groupe tumeur selon le type et le siège
- Graphique 70** : Répartition des patients du groupe pseudarthrose selon le type de l'allogreffe
- Graphique 71** : Répartition des patients du groupe pseudarthrose selon le siège
- Graphique 72** : Répartition des patients du groupe pseudarthrose selon le type et le siège
- Graphique 73** : Répartition des patients du groupe coxarthrose selon le type de l'allogreffe
- Graphique 74** : Répartition des patients du groupe coxarthrose selon Siège de l'allogreffe
- Graphique 75** : Répartition des patients du groupe coxarthrose selon Siège de l'allogreffe
- Graphique 76** : Répartition des patients du groupe pseudarthrose selon l'association de l'autogreffe
- Graphique 77** : Répartition des patients du groupe tumeur selon l'ostéosynthèse
- Graphique 78** : Répartition des patients du groupe pseudarthrose selon le type d'ostéosynthèse associée

- Graphique 79** : Répartition des patients du groupe coxarthrose selon le type d'implant
- Graphique 80** : Répartition des patients selon le temps fémoral
- Graphique 81** : Répartition des patients du groupe tumeur selon l'os receveur
- Graphique 82** : Répartition des patients du groupe pseudarthrose selon l'os receveur
- Graphique 83** : Répartition des patients du groupe coxarthrose selon l'os receveur
- Graphique 84** : Répartition des patients selon l'os receveur
- Graphique 85** : Répartition des patients du groupe tumeur selon le liseré
- Graphique 86** : Répartition des patients du groupe pseudarthrose selon le liseré
- Graphique 87** : Répartition des patients du groupe coxarthrose selon la classification de De Lee et Charnley
- Graphique 88** : Répartition des patients du groupe tumeur selon le contour
- Graphique 89** : Répartition des patients du groupe tumeur selon la trame
- Graphique 90** : Répartition des patients du groupe tumeur selon le remodelage
- Graphique 91** : Répartition des patients du groupe tumeur selon le type de la lyse
- Graphique 92** : Répartition des patients du groupe pseudarthrose selon le contour
- Graphique 93** : Répartition des patients du groupe pseudarthrose selon la trame
- Graphique 94** : Répartition des patients du groupe pseudarthrose selon le remodelage
- Graphique 95** : Répartition des patients du groupe pseudarthrose selon le type de la lyse
- Graphique 96** : Répartition des patients du groupe coxarthrose selon le contour
- Graphique 97** : Répartition des patients du groupe coxarthrose selon la trame
- Graphique 98** : Répartition des patients du groupe coxarthrose selon le remodelage
- Graphique 99** : Répartition des patients du groupe coxarthrose selon le type de lyse
- Graphique 100** : Répartition des patients des 3 groupes selon le type de lyse
- Graphique 101** : Résultats fonctionnels selon Score fonctionnel de la MSTS (membre supérieur)
- Graphique 102** : Résultats fonctionnels selon Score fonctionnel de la MSTS (Membre inférieur)
- Graphique 103** : Résultats fonctionnels selon Score fonctionnel de la MSTS
- Graphique 104** : Répartition des patients du groupe pseudarthrose selon la classification d'ASAMI
- Graphique 105** : Répartition des patients du groupe coxarthrose selon consultation et selon la cotation de Postel et Merle d'Aubigné (PMA)
- Graphique 106** : Courbe de survie relative aux 03 groupes

## **Liste des abréviations**

AATB: L'American Association of Tissue Banking  
AAOS: American Academy of Orthopedic Surgeons  
ACTH : Adrénocorticotrope Hormone  
AINS : Anti-Inflammatoires Non Stéroïdiens  
AG : Anesthésie Générale  
ALR : anesthésie locorégionale  
AVP : accident de la voie publique  
CHU : centre hospitalier universitaire  
CRP : protéine c réactive  
DM : Double mobilité  
DOM : décortication ostéo-musculaire  
ECM : enclouage centromédullaire  
FE : fixateur externe  
IL : Interleukine  
IRM : imagerie par résonance magnétique  
GCS : greffe cortico-spongieux  
GESTO : Groupe d'étude pour les substituts tissulaires en orthopédie  
GITP : greffe inter-tibiopéronière  
GO : greffe osseux  
GTC : greffe tri-corticale  
NFS : numération formule sanguine  
OMS. : Organisation mondiale de la santé  
PE : Polyéthylène  
PMA : Perle Merle d'Aubigné  
PR : Polyarthrite Rhumatoïde  
PTH : Prothèse Totale de la Hanche  
PSA: pseudarthrose  
PV: plaque vissée  
RANK-L: Receptor Activator of NFκB Ligand  
Rot. Int. : Rotation Interne  
Rx : radio  
SOFCOT: Société Française de Chirurgie Orthopédique et Traumatologique  
SPA: Spandylarthrite ankylosante  
TNF: Tumor Necrosis Factor  
TTA : tubérosité tibiale antérieure  
VS : vitesse de sédimentation

# Annexes

**Indications et résultats des allogreffes dans les pertes des substances osseuses  
Aménagement de la banque d'os**

**Annexe N° 01 :**

**CRITÈRES D'EXCLUSION**

**N° de GREFFON :** (à coller au bloc opératoire)

**IDENTITÉ DE DONNEUR :**

**Antécédents reconnus vis à vis des pathologies suivantes :**

		OUI	NON
01	Infection ou suspicion d'infection par le VIH ou le HTLV		
02	Les hépatites virales b ou c		
03	Partenaires sexuels multiples homo ou hétérosexuels, concernant le donneur ou son partenaire régulier		
04	Toxicomanie par voie intraveineuse concernant le donneur ou son partenaire régulier		
05	Accident d'exposition à du sang ou dérivés suspects d'être contaminés		
06	Séjour en milieu carcéral		
07	Traitement par hormones hypophysaires (notamment de croissance) extractives		
08	Grefe de dure-mère d'origine humaine		
09	Grefe d'organes, tissus ou cellules d'origine humaine ou animale		
10	Antécédents chirurgicaux intéressant le système nerveux central		
11	Démence ou maladie neurologique pouvant évoquer une encéphalopathie subaiguë spongiforme		
12	Antécédents familiaux entrant dans le cadre des encéphalopathies subaiguës spongiformes		
13	Hémopathie maligne		
14	Cancer (précisez nature et extension)		
15	Maladie de système		
16	Maladies virales avérées ou probables : notamment hépatites virales, VIH, HTLV, rage		
17	Tuberculose active, lèpre		
18	Maladie parasitaire, mycoses systémiques		
19	Stéroïdes au long cours (> 90 jours)		
20	Irradiations, chimiothérapie		
21	Autres, en particulier traitement habituel (précisez) :		
22	Transfusion sanguine (si non autologue) Si oui : date : lieu : quantité :		
23	Infection bactérienne pouvant contaminer le tissu à prélever		

***Si l'une des réponses ci-dessus est positive, il est inutile de prélever.***

**Signature du médecin :**

*Indications et résultats des allogreffes dans les pertes des substances osseuses  
Aménagement de la banque d'os*

---

Annexe N° 02

**Fiche D'identité D'une Tête Fémorale De Banque (Fiche Etablie Par Le GESTO)**

**DONNEUR :**

Non : Date De Prélèvement :  
 Prénom : Nom De L'opérateur :  
 Date De Naissance : Salle D'opération :  
 N° Dossier :

Diamètre : Longueur de col :

Groupe sanguin : ABO : Rhésus :  
 Respecter la comptabilité rhésus pour femme receveuse en âge d'être enceinte .

**SEROLOGIE :**

**HIV :**

	Pré op	Contrôle Bloc	contrôle
Date			
Anticorps			
Antigène P 24			

**Hépatite virale :**

	Hbs		Hbc	Hcv	Transa
	Ag	Ac	Ac	Ac	
Date					
Résultat					

HTLV : Date : Résultat:  
 Syphilis : Date : Résultat :  
 CMV : Date : Résultat :

Ne sera pris en considération que si le receveur est immuno- déprimé.

Greffon	Utilisable Éliminé

2ème SEROLOGIE : après 90J

HIV :

**RECEVEUR :**

Non : Date de Prélèvement :  
 Prénom : Nom de L'opérateur :  
 Date de Naissance : Salle d'opération :  
 N° Dossier : Type d'intervention :  
 Groupe sanguins /RH :

Observation éventuelle :

Annexe N° 03

ANNEXE I

LOI SANITAIRE 85 05

Chapitre III

Prélèvement et transplantation  
D'organes humains

Art. 161. - Le prélèvement d'organes humains et la transplantation de tissus ou d'organes humaines ne peuvent être effectuées qu'à des fins thérapeutiques ou diagnostic, dans les conditions prévues par la présente loi.

Le prélèvement et la transplantation d'organes et de tissus humains ne peuvent faire l'objet d'aucune transaction financière.

Art. 162. - Le prélèvement des tissus ou d'organes ne peut être pratiqué sur des personnes vivantes que s'il ne met pas en danger la vie du donneur. Le consentement écrit du donneur d'organe est exigé, après avoir été établi en présence de deux témoins et déposé auprès du directeur d'établissement et du médecin chef de service.

Le donneur ne peut exprimer son consentement qu'après avoir été informé, par le médecin, des risques médicaux éventuels qu'entraîne le prélèvement. Le donneur peut, en tout temps, retirer le consentement qu'il a déjà donné.

Art. 163. - Il est interdit de procéder au prélèvement d'organes chez des mineurs ou des personnes privées de discernement. Il est également interdit de procéder au prélèvement d'organes ou de tissus chez des personnes atteintes de maladies de nature à affecter la santé du donneur ou du receveur. Les modalités d'application du présent article sont fixées par voie réglementaire.

Art. 164. - Le prélèvement de tissus et d'organes sur des personnes décédées ne peut se faire qu'après constatation médicale et légale du décès, selon des critères scientifiques définis par le ministre chargé de la santé. Dans ce cas, le prélèvement peut se faire avec le consentement écrit de la personne de son vivant, ou de l'un des membres adultes de la famille, dans l'ordre de priorité suivant: père, mère, conjoint, enfant, frère ou sœur.

Dans le cas où le défunt est sans famille, l'autorisation est demandée au tuteur légal.

Art. 165. - Il est interdit de procéder au prélèvement de tissus ou d'organes en vue d'une transplantation, si la personne, de son vivant, a exprimé par écrit une volonté contraire ou si le prélèvement entrave l'autopsie médico-légal.

Art. 166. - La transplantation de tissus ou d'organes humains n'est pratiquée que si elle représente le seul moyen de préserver la vie ou l'intégrité physique du receveur, et qu'après que ce dernier ait exprimé son consentement, en présence du médecin, chef du service sanitaire dans lequel il a été admis, et de deux témoins.

Lorsque le receveur n'est pas en état d'exprimer son consentement, l'un des membres de sa famille peut donner le consentement par écrit, dans l'ordre de priorité indiqué à l'article 164 ci-dessus.

Dans le cas des personnes frappées d'incapacité légale, le consentement peut être donné par le père, la mère ou le tuteur légal, selon le cas.

Dans le cas des mineurs, le consentement est donné par le père ou, à défaut, par le tuteur légal.

Le consentement ne peut être exprimé qu'après que le receveur, ou les personnes énoncées au paragraphe précédent, aient été informés, par le médecin traitant, des risques médicaux encourus.

La transplantation de tissus ou d'organes humains peut être pratiquée sans le consentement visé aux premier et deuxième alinéas, lorsque, en raison de circonstances exceptionnelles, il n'est pas possible de prendre contact, à temps, avec la famille ou les représentants légaux d'un receveur qui n'est pas en état d'exprimer son consentement et que tout délai entraînerait son décès, cet état de fait étant confirmé par le médecin chef de service et deux témoins.

**Art. 167. - Le prélèvement et la transplantation de tissus ou d'organes humains sont effectués par des médecins et seulement dans des hôpitaux autorisés, à cette fin, par le ministre chargé de la santé.**

Une commission médicale, créée spécialement au sein de la structure hospitalière, décide de la nécessité du prélèvement ou de la transplantation et autorise l'intervention.

En cas de prélèvement de tissus ou d'organes sur des personnes décédées, le décès doit avoir été confirmé par, au moins, deux médecins membres de la commission et par un médecin légiste; leurs conclusions sont consignées dans un registre spécial.

## **Annexe N° 04**

### **Section 1 : Dispositions relatives aux prélèvements et transplantation d'organes, tissus et cellules humains**

**Art 373 :** Le prélèvement, la transplantation d'organes humains et la greffe de tissus et cellules humains ne peuvent être effectués qu'à des fins thérapeutiques ou de diagnostics et dans les conditions, prévues par la présente loi.

**Art 374 :** Le prélèvement d'organes, de tissus ou de cellules ne peut être pratiqué sur des personnes vivantes que s'il ne met pas en danger la vie du donneur. Le consentement éclairé et écrit du donneur d'organe est exigé, après avoir été établi par le donneur ou son représentant légal en présence de deux témoins et déposé auprès du directeur d'établissement.

Le donneur ne peut exprimer son consentement qu'après avoir été informé, par le médecin, des risques médicaux éventuels qu'entraîne le prélèvement.

Le donneur peut, à tout moment, retirer le consentement qu'il a déjà donné sans aucune formalité.

**Art 375 :** Le prélèvement et la transplantation d'organes, de tissus et cellules humains ne peuvent faire l'objet d'aucune transaction financière.

**Art 376 :** La transplantation d'organes et la greffe de tissus et de cellules humains peut s'effectuer à partir de donneurs vivants apparentés compatibles avec le receveur.

**Art 377 :** Il est interdit de procéder au prélèvement d'organes, de tissus et de cellules humains sur les personnes mineures ou incapables. Il est également interdit de procéder au prélèvement d'organes ou de tissus sur les personnes atteintes de maladie de nature à affecter la santé du donneur ou du receveur.

**Art 378 :** Le prélèvement d'organes ou de tissus humains sur les personnes décédées aux fins de transplantation, ne peut se faire qu'après constatation médicale et légale du décès selon des critères scientifiques définis par le ministre chargé de la santé. Dans ce cas, le prélèvement peut être effectué si, de son vivant, le défunt a exprimé son consentement express par écrit.

Si de son vivant, le défunt n'a pas exprimé sa volonté, le prélèvement ne peut être effectué qu'après l'accord de l'un des membres de sa famille, dans l'ordre de priorité suivant: père, mère, conjoint, enfant, frère ou soeur, ou le représentant légal, si le défunt est sans famille.

**Art 379 :** Il est interdit de procéder au prélèvement d'organes ou de tissus en vue d'une transplantation, si la personne de son vivant a exprimé par écrit une volonté contraire, ou si le prélèvement entrave l'autopsie médico-légale.

Il est interdit de révéler l'identité du donneur au receveur et celle du receveur à la famille du donneur.

**Art 380 :** Le médecin ayant constaté et certifié la mort du donneur ne doit pas faire partie de l'équipe qui effectue la transplantation.

**Art 381 :** La transplantation d'organes ou la greffe de tissus ou de cellules humains n'est pratiquée que si elle représente le seul moyen de préserver la vie ou l'intégrité physique du receveur et qu'après que ce dernier ait exprimé son consentement, en présence du médecin, chef du service dans lequel il a été admis, et de deux (2) témoins.

Lorsque le receveur n'est pas en état d'exprimer son consentement, l'un des membres de sa famille peut donner le consentement par écrit, dans l'ordre de priorité indiqué à l'article 378 ci-dessus.

Dans le cas des personnes frappées d'incapacité légale, le consentement peut être donné par le père, la mère, ou le représentant légal, selon le cas.

Dans le cas des personnes mineures, le consentement est donné par le père, la mère ou, à défaut, par le représentant légal.

Le consentement ne peut être exprimé qu'après que le receveur, ou les personnes prévues aux alinéas 3 et 4 ci-dessus, aient été informés, par le médecin traitant, des risques médicaux encourus.

La transplantation d'organes ou la greffe de tissus ou cellules humains peut être pratiquée sans le consentement prévu aux alinéas 1 et 2 ci-dessus, lorsque, en raison de circonstances exceptionnelles, il n'est pas possible de prendre contact, à temps avec la famille ou les représentants légaux d'un receveur qui n'est pas en état d'exprimer son consentement et que tout délai entraînerait son décès. Cet état de fait étant confirmé par le médecin chef de service et deux (2) témoins.

**Art 382 :** Le prélèvement et la transplantation ou la greffe d'organes ou de tissus ou de cellules humains sont effectués par des médecins habilités et uniquement dans les établissements hospitaliers autorisés à cette fin par le ministre chargé de la santé, après décision de la commission médicale, créée spécialement au sein de ces structures hospitalières qui se prononce sur la nécessité du prélèvement ou de la transplantation et autorise l'intervention.

En cas de prélèvement d'organes ou de tissus humains sur des personnes décédées, le décès doit avoir été confirmé par, au moins, deux (2) médecins membres de la commission médicale et par un médecin légiste ; leurs conclusions sont consignées dans un registre spécial.

La création, l'organisation et le fonctionnement de la commission médicale prévue à l'alinéa 1er ci-dessus sont fixés par voie réglementaire.

**Art 383 :** Il est créé une agence nationale des greffes chargée de coordonner et de développer les activités de prélèvement, de transplantation ou de greffes d'organes, de tissus ou de cellules humains et d'en assurer la régularité et la sécurité.

Les missions, l'organisation et le fonctionnement de cette agence sont fixés par voie réglementaire.

**Annexe N° 05**

**Centre hospitalo-universitaire de Blida  
Service de chirurgie orthopédique et traumatologique**

**Consentement éclairé au traitement par allogreffe osseuse**

Je soussigné(e) : Nom : ..... Prénom:.....

Déclare avoir reçu des informations claires et complètes sur le traitement proposé par allogreffe osseuse, que J'ai pu poser toutes les questions concernant les procédures impliquées. J'ai été préalablement informé(e) par le médecin des effets secondaires possibles, des risques encourus et des conséquences éventuelles.

J'accepte de recevoir le traitement par allogreffe osseuse.

Fait à ..... Le .....

**Nom, Prénom du patient**

**Annexe N° 06**

**CLASSIFICATION DES PERTES DE SUBSTANCE OSSEUSE**

La classification TOD (Type, Os, Dimension) a pour objectif d'ordonner les situations pathologiques nécessitant le recours à un substitut de l'os, quel qu'il soit, afin de valoriser leur évaluation en fonction des indications. Cette classification repose sur 3 données, le Type de la perte de substance (0, I, II et III), l'Os qui borde la cavité et sera au contact du substitut, la Dimension de la perte de substance. Sont exclues de cette classification les pertes de substances péri-prothétiques qui ont leurs classifications propres.

**TYPE** : caractérise la situation pathologique pour laquelle est indiquée le substitut.

**TYPE 0 (T 0)** : apposition para-squelettique du substitut, considérée, comme extra-anatomique. Exemples : butée de hanche, arthrodèse inter-transversaire.

**Type I (T I)** : perte de substance osseuse où persiste une continuité osseuse.  
*Exemple* : cavité de curetage d'une tumeur bénigne

**Type II (T II)** : perte de la continuité osseuse mais persistance d'un contact osseux ou médullaire, donc d'une continuité biologique.  
*Exemple* : ostéotomie tibiale d'ouverture, la plupart des fractures

**Type III (T III)** : perte de la continuité osseuse et de tout contact osseux ou médullaire.  
*Exemple* : résection diaphysaire pour tumeur.

**OS** : caractérise le type d'os qui borde la cavité et sera en contact avec le substitut.

- C : lorsque l'os qui borde n'est que de l'os cortical
- S : lorsque l'os qui borde n'est que de l'os spongieux
- CS : lorsque l'os qui borde associe os spongieux et cortical

**DIMENSION** : caractérise le plus grand éloignement entre un point du comblement et l'os receveur environnant ; c'est la distance qui sépare le point de la perte de substance le plus éloigné de l'os receveur.

- D - : si la distance est inférieure à 10 mm.
- D + : si la distance est supérieure ou égale à 10 mm.

Ainsi :

- 1. une ostéotomie tibiale d'ouverture de 15 mm. sera classée T II, S, D-
- une ostéotomie tibiale d'ouverture de 21 mm. sera classée T II, S, D+
- une fracture séparation-tassement d'un plateau tibial sera classé TII, S, D-
- une cavité de curetage d'un chondrome phalangien sera classé TI, C, D-



**Annexe N° 07**

**FICHE D'ÉVALUATION SOFROT**

Données Administratives

- Etablissement : ..... • Chirurgien : .....
- N° anonymisation : .....
- Nom : ..... • Prénom : ..... • Date de naissance     Sexe : H  F
- Côté : droit  - gauche  • Taille     cm • Poids    kg

**Pré-opératoire**

- Indication : - Fracture fraîche  - Ostéotomie   
 si ouverture stade :- Pseudarthrose   
 (Cauchoix-Duparc)  
 - Perte substance traumatique  - Arthrodèse   
 - Tumeur bénigne  - Descellement prothétique   
 - Tumeur maligne  - localisation : .....  
 - Autre (à préciser).....
- Site non articulaire  MI  MS  Axial (rachis)   
 articulaire   
 communication articulaire
- Antécédents sur le site opératoire : Déjà opéré  Infecté  Irradié

**Données Opératoires**

- Date de l'intervention :
- Nom commercial du biomatériau utilisé : .....
- Type/Famille de substitut : .....
- Association (moëlle, autogreffe, allogreffe...) : .....
- Forme : ..... Quantité : .....
- Ostéosynthèse associée - Non  - Oui   
 laquelle : .....
- Type de prothèse : .....
- Appréciation du montage :  
 - Stable (pas de mobilité macroscopique)   
 - Instable
- 1. Localisation en clair : .....
- 20. Type de perte de substance (classification TOD)  
 Type : 0  1  2  3  Os : C  S  CS  Distance : < 1 cm  > 1 cm
- Qualité des parties molles : vascularisées  dévascularisées  intermédiaires
- Qualité os receveur : vascularisé  dévascularisé  intermédiaire   
 ostéoporotique  infecté
- Pourcentage du volume comblé : ..... %

**Indications et résultats des allogreffes dans les pertes des substances osseuses  
Aménagement de la banque d'os**

**Post-opératoire** • Date de la sortie

- Complication post-opératoire (pendant l'hospitalisation) :
- pas de complication
  - sepsis superficiel
  - sepsis profond
  - démontage
  - autre
  - en clair .....

21. Complication générale (en clair) : .....

- Appui MI : Aucun  Partiel  Total ( sans cannes)  • Appui MS : contention  libre

**Suivi** • Date  ou délai :

- Événement depuis la dernière consultation :
- RAS
  - Complication mécanique
  - Inflammation aseptique

• Complication infectieuse

• Autre complication

en clair :

- Traitement :
- aucun
  - chirurgical
  - médical
  - retrait du substitut  Date

• Appui MI : aucun  partiel  total (sans cannes)

• Appui MS : contention  libre

- Evolution radiologique :
- Consolidation  pseudarthrose
  - Os receveur  inchangé
  - ostéocondensation
  - ostéolyse < 1 cm<sup>2</sup>
  - ostéolyse > 1 cm<sup>2</sup>

• Jonction substitut-os receveur

Liseré périphérique :

- aucun
- < 25 %
- 25-50 %  Epaisseur moyenne du liseré :
- 50-75 %
- > 75 %
- complet

- Substitut : condensation  Résorption aucune
- fragmentation
  - migration
  - < 25 %
  - 25-50 %
  - 50-75 %
  - > 75 %
  - complète

• Biopsie

Satisfaction du patient (EVA) : / 100

Appréciation clinique du chirurgien : Très bien  Bien  Moyen  Passable  Echec

Commentaires / Remarques : .....

**Annexe 08 :**

**L'ÉVALUATION FONCTIONNELLE DES RECONSTRUCTIONS DES MEMBRES DU GROUPE « TUMEUR » :**

Nous avons opté pour la classification publiée par ENNEKING en 1993, et reconnue par la Musculo-Skeletal Tumors Society (MSTS), qui correspond à un score fonctionnel sans interférence du problème carcinologique.

Elle différencie membres supérieur et inférieur et n'évalue que l'aspect purement fonctionnel sans isoler le devenir de la maladie cancéreuse ou les complications locales de l'allogreffe.

Chaque critère au nombre de 6 est noté sur 5 points.

Au niveau du membre inférieur, elle s'intéresse à la douleur, l'activité du patient, sa satisfaction, au port d'une attelle ou la nécessité de cannes, au périmètre de marche et à la boiterie.

Au niveau des membres supérieurs, elle reprend les données suivantes : la douleur, l'activité du patient, sa satisfaction, l'élévation latérale active et la prono-supination, la dextérité c'est-à-dire la possibilité de réaliser des mouvements complexes avec la main, enfin l'utilisation du membre testé par la capacité à prendre des objets et à les poser sans aide.

Le dossier médical était suffisamment complet pour prendre en compte tous les items pour chaque membre, excepté le critère « satisfaction », très subjectif et variable d'une visite à une autre (répercussion psychique du processus cancéreux) comme souligné par d'autres auteurs.

Nous avons donc jugé la fonction du patient sur 25 points, chaque score étant ensuite exprimé en pourcentages. Ainsi, nous avons pu différencier quatre groupes :

Résultat excellent au-dessus de 75%,

Résultat bon entre 50 et 75%,

Résultat moyen entre 25 et 49%,

Résultat mauvais en dessous de 25%.

Par cette méthode, nous avons pu apprécier le résultat fonctionnel de 40 patients opérés d'une reconstruction post-tumorale d'un membre par allogreffe et porteurs du greffon actuellement. Cette évaluation a concerné 16 allogreffes des membres inférieurs et 24 allogreffe d'un membre supérieur. [12]

**RÉSULTAT EN % = TOTAL DU PATIENT / TOTAL MAXIMAL**

**FICHE D'ÉVALUATION FONCTIONNELLE SELON ENNEKING (MSTS) .  
DONNÉES CONCERNANT LE MEMBRE INFÉRIEUR**

**DOULEUR :**

5 = aucune (pas de médicaments)

4 = intermédiaire

3 = modeste (antalgique non morphinique)

2 = intermédiaire

1 = modérée (antalgique morphinique intermittent)

0 = sévère (antalgique morphinique en continu)

**FONCTION :**

5 = aucune restriction

4 = intermédiaire

3 = invalidité mineure (restriction dans les loisirs)

2 = intermédiaire

1 = invalidité majeure

0 = invalidité complète

**SATISFACTION**

- 5 = enthousiaste (recommandé aux autres)
- 4 = intermédiaire
- 3 = satisfait (le referait)
- 2 = intermédiaire
- 1 = acceptable (le referait à contre-cœur)
- 0= déçu (ne le referait pas)

**APPAREILLAGE**

- 5 = aucun
- 4 = intermédiaire (attelle occasionnelle)
- 3 = attelle
- 2 = intermédiaire (cane occasionnelle)
- 1 = une canne (cane souvent)
- 0= deux cannes (cannes permanentes)

**ASPECT QUANTITATIF DE LA MARCHÉ = PÉRIMÈTRE DE MARCHÉ**

- 5 = sans limite (comme en pré-opératoire)
- 4 = intermédiaire
- 3 = limitée
- 2 = intermédiaire
- 1 = ne sort pas du domicile
- 0= non autonome

**ASPECT QUALITATIF DE LA MARCHÉ = BOITERIE**

- 5 = démarche normale
- 4 = intermédiaire
- 3 = conséquence esthétique mineure
- 2 = intermédiaire
- 1 = conséquence esthétique majeure (déficit fonctionnel mineur)
- 0= handicap majeur (déficit fonctionnel majeur)

**DONNÉES CONCERNANT LE MEMBRE SUPÉRIEUR**

**DOULEUR ! :**

- 5 = aucune (pas de médicaments)
- 4 = intermédiaire
- 3 = modeste (antalgique non morphinique)
- 2 = intermédiaire
- 1 = modérée (antalgique morphinique intermittent)
- 0= sévère (antalgique morphinique en continu)

**FONCTION :**

- 5 = aucune restriction
- 4 = intermédiaire
- 3 = invalidité mineure (restriction dans les loisirs)
- 2 = intermédiaire
- 1 = invalidité majeure
- 0= invalidité complète

**SATISFACTION**

- 5 = enthousiaste (recommandé aux autres)
- 4 = intermédiaire
- 3 = satisfait (le referait)
- 2 = intermédiaire
- 1 = acceptable (le referait à contre-cœur)
- 0= déçu (ne le referait pas)

**ÉLEVATION LATÉRALE ACTIVE ET PRONO-SUPINATIONI**

- 5 = sans limitation (ELA = 180°)
- 4 = intermédiaire
- 3 = ELA: 90° ou absence de prono-supination
- 2 = intermédiaire
- 1 = en dessous de la ceinture (ELA; 30°)
- a= limitation complète (ELA = 0°)

**L'HABILETÉ MANUELLE**

- 5 = sans limitation (dextérité normale)
- 4 = intermédiaire
- 3 = perte des mouvements fins (par exemple, impossibilité de mettre un bouton, ou déficit sensitif mineur)
- 2 = intermédiaire
- 1 = impossibilité de pincer (déficit sensitif majeur)
- 0= impossibilité de serrer la main (main paralytique)

**L'UTILISATION DU MEMBRE SUPÉRIEUR**

- 5 = normale (identique au membre supérieur controlatéral)
- 4 = intermédiaire
- 3 = limitée mais membre supérieur autonome
- 2 = intermédiaire (grâce à l'apesanteur)
- 1 = en s'aidant du membre supérieur controlatéral
- 0= aucun mouvement

**ANNEXE N° 09 :**

**Résultats fonctionnels :**

La classification d'ASAMI, basée sur cinq paramètres :

Activité

Douleur

Boiterie

Raideur articulaire

Dystrophie

<b>Excellent</b>	1 activité normale 2. absence boiterie 3. absence raideur 4. absence d'algodystrophie 5. pas de douleurs
<b>Bon</b>	retour à l'activité normale + un ou deux autres critères
<b>Moyen</b>	retour de l'activité normale + 3 ou 4 autres critères
<b>Mauvais</b>	Inactifs ; incapable d'accomplir les activités quotidiennes, amputation.

**la classification d'ASAMI**

**ANNEXE N° 10 :**

Évaluation clinique à la dernière consultation selon la cotation de Postel et Merle d'Aubigné (PMA) :

Score	Douleur	Capacité de marche	Mobilité
0	Permanente et intense	Aucune	Ankylose et attitude vicieuse
1	Sévère, même nocturne	Avec 2 béquilles	<input type="checkbox"/> Faible et douloureuse
2	Sévère à la marche, <input type="checkbox"/> restreint les activités	Avec 2 cannes	Moins de 40° de flexion
3	Douleur supportable avec <input type="checkbox"/> activité limitée	Instabilité, une canne en permanence, boiterie <input type="checkbox"/>	Flexion entre 40 et 60°
4	Modérée, disparaît au <input type="checkbox"/> repos	Une canne lors de longue marche	Flexion entre 60 et 80°, peut toucher son pied
5	Légère et inconstante, activité normale	Sans canne, mais légère boiterie	Flexion entre 80 et 90° et abduction de 15°
6	Aucune	Normale	Flexion > 90° et abduction supérieure à 30°

**La cotation de Postel et Merle d'Aubigné**

Total Appréciation  
 18 excellent  
 17 Très bon  
 16, 15 Bon  
 14, 13 Passable  
 12, 11, 10 Médiocre  
 < 9 Mauvais

## **Indications et résultats des allogreffes dans les pertes des substances osseuses Aménagement de la banque d'os**

### **Résumé**

Durant les 20 dernières années, la greffe osseuse est devenue une pratique courante à l'échelle mondiale et les banques d'os ont pris une importance sans cesse croissante.

Cette pratique nécessite la conservation des tissus osseux dans un établissement spécifique qu'on appelle banque d'os.

Dans notre pays, les progrès réalisés dans le domaine médical et particulièrement, le développement de la chirurgie orthopédique, ont été le principal motif de la création de la banque d'os.

Notre objectif est d'étudier les différentes étapes et les moyens nécessaires à la réalisation d'une banque d'os en Algérie et de répondre à la demande accrue des grandes pertes de substances, large qui ne peuvent pas être traitée par l'autogreffe.

Il s'agit d'une étude prospective homogène, mono centrique, portait sur une série de 80 patients, effectuée au sein de service d'orthopédie (CHU de Blida), durant une période de 05 ans présentant une perte de substance osseuse segmentaire ou cavitaires d'origine traumatique, dégénérative, tumorale ou dysplasique, ayant bénéficié d'une reconstruction osseuse par allogreffe osseuse provenant des têtes fémorales cryoconservées.

Au totale la série regroupe 80 reconstructions osseuses : 40 tumeurs osseuses bénignes, 21 pseudarthroses des os longs, 19 coxarthroses, dont 45 hommes et 35 femmes avec un âge moyen de 36.5 ans (15-75 ans). Tous les malades ont été évalués cliniquement et radiologiquement.

Les résultats s'intéressent aux techniques de la chirurgie de l'allogreffe, aux complications précoces et tardives avec les problèmes septiques, les pseudarthroses de la jonction allogreffe-os receveur et les résorptions osseuses.

Nous avons obtenus des résultats fonctionnels satisfaisants, radiologiquement pour les trois groupes, nous avons obtenus : 67 cas d'ostéointégration de l'allogreffe soit 83.75%, 08 cas de résorption partielle soit 11.25%, 05 cas de résorption totale (lyse totale) du greffon soit 6.25%. Les meilleurs résultats ont été obtenus chez les sujets jeunes.

Le taux de survie était de 82%.

L'analyse de nos mauvais résultats ne fait que confirmer les données de la littérature quant aux facteurs influençant la reconstruction osseuse, l'âge, le tabac, la perte de substance, le type de greffon, le siège de la jonction, la localisation de greffon, la greffe autologue, l'infection, la stabilisation et le mode de fixation et enfin l'association d'autogreffe.

### **Abstract**

*Over the past 20 years, bone grafting has become a common practice around the world and bone banks have grown in importance. This practice requires the preservation of bone tissue in a specific facility called a bone bank.*

*In our country, the progress made in the medical field and in particular, the development of orthopedic surgery, was the main reason for the creation of the bone bank.*

*Our objective is to study the different stages and the means necessary for the creation of a bone bank in Algeria and to respond to the increased demand for large losses of substances, large which cannot be treated by autografting.*

*This is a homogeneous, single-center, prospective study, involving a series of 80 patients, carried out in the orthopedic department (CHU de Blida), during a period of 05 years with loss of segmental bone substance or cavity of traumatic, degenerative, tumoral or dysplastic origin, having benefited from bone reconstruction by allograft bone from cryopreserved femoral heads.*

*In total, the series includes 80 bone reconstructions: 40 benign bone tumors, 21 pseudarthroses of the long bones, 19 hip arthritis, including 45 men and 35 women with an average age of 36.5 years (15-75 years). All the patients were evaluated clinically and radiologically.*

*The results focus on the techniques of allograft surgery, early and late complications with septic problems, non-union of the allograft-recipient bone junction and bone resorptions.*

*We obtained satisfactory functional results, radiologically for the three groups, we obtained: 67 cases of osseointegration of the allograft or 83.75%, 08 cases of partial resorption or 11.25%, 05 cases of total resorption (total lysis) of the graft is 6.25%. The best results were obtained in young subjects.*

*The survival rate was 82%.*

*The analysis of our poor results only confirms the data in the literature on the factors influencing bone reconstruction, age, smoking, loss of substance, type of graft, location of the junction, location of graft, autologous graft, infection, stabilization and mode of fixation and finally the autograft association.*

### **Les mots clés**

Allogreffe osseuse, Autogreffe osseuse, Substituts osseux, greffe osseuse, Coxarthrose, Pseudarthrose, Tumeurs bénignes, perte de substance, classification de GESTO, Banque d'os, têtes fémorales, cryoconservation.

### **La discipline**

Chirurgie orthopédique et traumatologie

### **Directeur de thèse**

Professeur HAMIDANI Mourad

Service de chirurgie orthopédique et traumatologie

Centre hospitalo- universitaire FRANTZ FANON Blida Algérie

### **Auteur**

Dr AIT SAADI Meriem

Service de chirurgie orthopédique et traumatologie

