

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

جامعة ابن خلدون تيارت

UNIVERSITE IBN KHALDOUN – TIARET

معهد علوم البيطرة

INSTITUT DES SCIENCES VETERINAIRES

قسم الصحة الحيوانية

DEPARTEMENT DE SANTE ANIMALE



Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme de docteur vétérinaire

Présenté par :

- BRAHIM Fatima Zahra
- BENRABEH Sara

Thème

**L'ostéosynthèse et traitement orthopédique
d'une fracture du fémur chez un chien**

Soutenu publiquement le : 30-06-2024

Jury :

Président : BENALLOU Bouabdelah.

Professeur

Encadreur : KHIATI Baghdad.

Professeur

Co-encadreur : SLIMANI Khaled Mabrouk

M.C.B

Examineur I : HAMDY Mohamed

M.C.B

○ Année universitaire : 2023 – 2024

Remerciement

Premièrement et avant tout, louange à Dieu qui nous a guidés et facilité le chemin que nous avons emprunté, et grâce à Lui, nous avons atteint ce succès dans notre parcours scolaire et en particulier dans ce travail.

Deuxièmement, tous nos remerciements et salutations à notre honorable nos encadreur professeur KHIATI Baghdad, qui a rendu cette année agréable et fructueuse. Il nous a fourni toutes les facilités nécessaires pour ce travail, déployant tous ses efforts, voire plus, pour nous offrir une multitude d'informations pour une bonne base dans le terrain. Tout le monde témoigne de ses sacrifices pour notre éducation. Peu importe combien nous le remercions pour son dévouement et son engagement, nous ne pourrons jamais le remercier suffisamment. Il a été le meilleur et a laissé une empreinte en nous.

Merci également à nos honorables docteur HAMDY Mohamed et professeur AMARA karim, qui ont participé à la réalisation de ce projet.

Merci à notre professeur BENALLOU Bouabdelah qui a donné un autre sens à l'enseignement et a changé notre perspective sur notre avenir dans cette voie que nous avons choisie

Et merci à notre professeur, incomparable dans son domaine, docteur Slimani Khaled

Merci à l'équipe de la bergerie : Docteur DJILALI Aouarie, doctoresse SCHAHRAZED Djihane Khalil tous les membres de l'équipe du service de chirurgie et la doctoresse BESGHEURE Fatiha dans service pathologies des carnivores de l'institut des sciences vétérinaires de Tiaret

Dédicace

Enfin, je suis diplômée et je voudrais dédier ce succès aux meilleurs parents. Je vous aime et je suis fière de vous. Le soutien des parents est inégalable dans le monde, car ils sont l'énergie et le refuge. Il n'y a pas d'âge où l'on peut se passer de son père et de sa mère. Les mots ne suffisent pas pour les remercier de m'avoir soutenue. Quand on dit maman et papa, les mots manquent. Au-delà de la réussite scolaire, la première réussite est votre confiance en moi. Merci beaucoup, maman, pour tes prières, tes veilles, tes inquiétudes, tes efforts pour moi et tes encouragements à persévérer et réussir.

Un grand merci à toi, papa Brahim Mohamed, pour tes efforts et tes sacrifices. Tu as consacré ta vie à notre réussite. Je t'aime, papa, et merci, tu es mon soutien et mon modèle dans cette vie. Dieu merci pour votre présence, vous êtes la lumière de ma vie et je vous souhaite longue vie, santé et bien-être.

Je dédie mes salutations à mes frères Azzedine, Abdeljalil, Ahmed et Moussaab. La place du frère est incomparable en termes d'amour, de taquinerie et de tendresse

Et n'oublions pas les compagnons de cette route, Maroua, Sara, Wissal et Rihab. Nous avons passé les plus beaux jours de notre vie ensemble. Ils apportent de la joie, tendent la main vers la blessure pour la guérir, et sont une source d'encouragement. Ils donnent un sens plus beau et plus merveilleux à la vie.

Fatima

Dédicace

Au non du dieu le clément et le miséricordieux a Allah le tout puissant qui m'a permis de voir ce jour tant attendu.

Je dédie ce modeste travail a ceux qui, quels que soient les termes embrassés, je n'arrivais jamais a leur exprimer mon amour sincère.

A mes grands-parents papi rabby yiramhmou et Mami que dieu la garde qui ont été toujours présent à m'encourage et me soutenir.

A l'homme mon précieux offre du dieu, a qui je dois ma vie, ma réussite, et tout mon respect, mon chère père BENRABEH El Hadj que dieu le guérisse et le protège

A la femme a qui je dois ma vie, ma joie et mon bonheur ma chère mère Nacera Gahlouz, les mots ne suffisent pas a exprimé mon amour

A mes chers oncles et tantes qui sont toujours présent pour moi et qui peuvent faire l'impossible pour me rendre heureuse

A mes chers frères et sœurs Abderrahmane Hadjer Inès Dalila Hanin Léa et Farid que dieu les protègent

Et sans oublier les gens qui m'ont accompagné dans cette route Fatima Rihab Maroua Wissal qui ont été une grande source d'encouragement dans ce parcours et tous les gens que j'ai passé de beaux moments avec je vous remercie que dieu vous bénisse et vous protègent.

Sara

LA LISTE DES FIGURES

LISTE DES FIGURES de partie bibliographie

- **Figure N°01** : Schéma d'un os long (Cochran ; 2011)
- **Figure N°02** : Organisation générale de l'os (Gartner et Heat ; 1997).
- **Figure N°03** : Tissu osseux primaire (Chancrin ; 1992).
- **Figure N°04** : Tissu osseux secondaire (Chancrin ; 1992).
- **Figure N°05** : Vascularisation d'un os long chez l'adulte et le jeune (Fossum et al ; 2007).
- **Figure N° 6** : Les différents muscles sur le membre thoracique et leurs fonctions.
- **Figure N°07** : Les différents muscles sur le membre thoracique et leurs fonctions
- **Figure N°08** : Les différents muscles de membre pelvien. (Barone ; 1972).
- **Figure N°09** : Mode de fracture (Denny et Butter Worth ; 2000)
- **Figure N°10** : Situation de l'os et localisation de la fracture sur le fût osseux (Unger et al ; 1990).
- **Figure N°11** : Direction et localisation du trait de fracture (Brinker et al ; 1994).
- **Figure N°12** : Classification de Salter et Harris (Fossum et al ; 2007).
- **Figure N°13** : Succession des différentes phases de la cicatrisation osseuse (Griffon ; 2005).
- **Figure N°14** : Evolution de la cicatrisation osseuse (Keita et al ; 2007).
- **Figure N°15** : Représentation schématique d'un cône de forage (Brinker et al ; 1984).
- **Figure N°16** : Réduction par une extension, une contre extension et une translation (Piermettei et al ; 2006).
- **Figure N°17** : Angulation de Bohler (Genevois ; 1995).
- **Figure N°18** : Utilisation du poids de l'animal (Fossum et al ; 2007).

- **Figure N°19** : Application d'un effet de levier (Fossum et al ; 2007).
- **Figure N°20** : Application d'une force directe au moyen de leviers osseux sur un des Fragments osseux ou plus (Piermettei et al ; 2006).
- **Figure N°21** : Application directe d'une force sur les deux bouts (Fossum et al ; 2007).
- **Figure N°22** : Utilisation des distracteurs de fracture (Piermettei et al ; 2006).
- **Figure N°23** : Préparation du membre atteint pour la pose du pansement (Garnier ; 2002)
- **Figure N°24** : Mise en place d'une première bande élastique (A) puis d'une couche de Coton (B) (Garnier ; 2002).
- **Figure N°25** : Mise en place d'une deuxième bande élastique non collante (A) et D'une dernière bande de serrage (B) (Garnier ; 2002).
- **Figure N°26** : Principaux types de fixateurs utilisés en chirurgie vétérinaire (Meynard ; 1993).
- **Figure N°27** : Technique d'application de l'enclouage centromédullaire simple. (A) technique normo grade ; (B) technique rétrograde (Fossum et al ; 2007).
- **Figure N°28** : Enclouage fasciculé (Chaffee ; 1983).
- **Figure N°29** : Enclouage de Rush (Deyoung et Probst ; 1993).
- **Figure N°30** : Enclouage en croix (Fossum et al ; 2007).
- **Figure N°31** : Enclouage verrouillé (Fossum et al ; 2007).
- **Figure N°32** : Plaque utilisée en compression (Koch ; 2005).
- **Figure N°33** : Plaque utilisée en neutralisation (Koch ; 2005).
- **Figure N°34** : Fracture comminutive stabilisée par une plaque en soutien (Koch ; 2005).
- **Figure N°35** : Sections des trous de la plaque (Fossum et al ; 2007).
DCP, (B). LC-DCP et (C) LCP
- **Figure N°36** : Plaques et vis à os (Piermettei et al ; 2006)

LA LISTE DES PHOTOS

La Liste des photos de partie expérimentale

- **Photo 1** : absence de l'appui sur le membre membre postérieur droit
- **Photo 2** : examen du membre postérieur droit
- **Photo 3** : Aspect radiologique de la fracture. Incidence médio-latérale.
- **Photo 4** : Matos après stérilisation
- **Photo 5** : Aspirateur
- **Photo 6** : Produits de sédation.
- **Photo 7** : Préparation des produits anesthésiants.
- **Photo 8** : Tonte et action mécanique du lavage
- **Photo 9** : Action antiseptique (Bétadine).
- **Photo 10** : Anesthésie épidurale.
- **Photo 11** : Mise en place d'un cathéter.
- **Photo 12** : Mise en place d'un champ opératoire.
- **Photo 13** : Incision longitudinale sur la peau. L'abord chirurgical évite le foyer de fracture ; seules sont abordées la métaphyse proximale et la métaphyse distale du fémur.
- **Photo 14** : Repère latéral du feuillet superficiel du fascia LATA qui se prolonge distalement par le fascia jambier et le feuillet superficiel s'insère crânialement sur le bord crânial du muscle vaste latéral qu'il recouvre et caudalement sur le bord crânial du muscle biceps fémoral.
- **Photo 15** : Feuillet profond visible une fois que le feuillet superficiel du fascia LATA est incisé, plonge entre le corps charnu du muscle vaste latéral et le biceps fémoral vers la diaphyse fémoral.
- **Photo 16** : Repérage des deux abouts fracturaires afin de procéder à la mise en place de l'alignement par enclouage centromédullaire.
- **Photo 17** : Enclouage normograde centromédullaire par l'utilisation de clou de Steinmann ce dernier et inséré à travers la peau dans le tissu sous-jacents au sommet du grand

trochanter et travers la cavité médullaire une fois dans l'axe de l'os le fragment osseux est maintenu avec un davier pour éviter une rotation au cours de l'insertion du clou.

- **Photo 18** : Cerclage par un fil métallique
- **Photo 19** : Suture du fascia LATA sur le bord crânial du muscle biceps fémoral
- **Photo 20** : Surjet avec point d'arrêt sur la peau.
- **Photo 21** : Mise en place d'une attelle avec un pansement de Robert Johns.
- **Photo 22** : Fixation par un plâtre de résine.
- **Photo 23** : Cliché Radio 3 jours après l'intervention
- **Photo 24** : le chien dans une terrasse pour de la faire marcher pendant 45 à 60 minutes par jour.
- **Photo 25** : Cliché Radio 3 mois après l'intervention

LISTE DES TABLEAUX

LISTE DES TABLEAUX de partie bibliographie :

- **Tableau N° 1** : Les différents muscles de l'épaule et leurs points d'insertions
- **Tableau N°2** : Différents types de cal (Macé ; 2007).
- **Tableau N°3** : Vitesse de réparation osseuse (Brinker et al ; 1994).

LISTE DES ABREVIATIONS

IV : Intraveineuse

IM : Intramusculaire

Mg : milligramme

Kg : Kilogramme

ml : Millilitre

N° : Numéro

b: battement

min : minute

TGV: Train de grande vitesse

m: muscle

TGF- β : transforming growth factor β

BMP: bone morphogenic proteins

PDGF: Platelet-Derived Growth Factor

IGF: Insulin-like Growth Factor.

FGF: Fibroblast Growth Factor

VEGF: Vascular Endothelial Growth Factor

Sommaire

- REMERCIEMENT
- DEDICACE
- LISTE DES FIGURES
- LISTE DES PHOTOS
- LISTE DES TABLEAUX
- ABREVIATIONS

Introduction.....	01
-------------------	----

I. PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE.

Chapitre I : RAPPELS ANATOMOPHYSIOLOGIQUE

1. Structure osseuse.....	05
2. Anatomie macroscopique des os longs	05
2.1. La diaphyse.....	05
2.1.1. Le périoste.....	05
2.1.2. L'endoste.....	06
2.2. Métaphyses.....	06
2.3. Les épiphyses.....	06
3. Anatomie microscopique des os longs	07
3.1. Cellules du tissu osseux	07
3.2. Matrice osseuse	07
3.3. Vascularisation osseuses	08
3.4. Formation du tissu osseux	09

3.5. Fonction de l'os	09
3.5.1. Fonction de soutien	09
3.5.2. Fonction de métabolique	09
3.5.3. Fonction hématopoïétique	10
3.6. Régulation de la résorption et de la formation de la substance osseuse....	10
3.7. Anatomie	10
3.7.1. Anatomie du bras	10
3.7.1.1. Les os du bras	10
3.7.1.2. Les muscle du bras	13
3.7.2. Anatomie de la cuisse	14
3.7.2.1. Les os de la cuisse	14
3.7.2.2. Les muscles de la cuisse	16
3.7.3. Anatomie de la jambe	17
3.7.3.1. Les os de la jambe.....	17

Chapitre II : LES FRACTURES.

1. Définition	20
2. Mode de fractures	20
2.1. La tension.....	20
2.2. La compression	20
2.3. La flexion	20

2.4. La torsion	20
3. Classification des fractures	21
3.1. Classification d'Unger	21
3.2. Classification de Brinker et al	21
3.2.1. Les cause	22
3.2.2. Présence d'une plaie externe communiquant avec le foyer....	22
de Fracture	
3.2.3. Etendue des lésions	22
3.2.4. Direction et la localisation du trait de fracture	23
3.2.5. Stabilité après réduction	24
3.3. Autres classifications	25
3.3.1. Classification de Salter et Harris	25
3.3.2. Classification des fractures ouvertes	25
4. Complications des fractures	25
4.1. Retard de consolidation	25
4.2. Non-union	26
4.3. Cal vicieux	26
4.4. Ostéomyélite	26
4.5. Lâchages et ruptures d'implants	27
5. Diagnostic des fractures	27
5.1 Les commémoratifs	27
5.2. Les signes cliniques	27
5.3. L'examen radiologique	28

Chapitre III : CONSOLIDATION OSSEUSE

1.	Consolidation osseuse.....	30
1.1.	La cicatrisation par seconde intention	30
1.1.1.	Les étapes de la cicatrisation par seconde intention	31
a.	Phase inflammatoire.....	31
b.	Phase de réparation.....	32
c.	Phase de remodelage.....	33
2.	La cicatrisation par première intention.....	35
2.1.	Les étapes de la cicatrisation par première intention.....	35
3.	Les facteurs influençant la cicatrisation osseuse.....	36
3.1.	Le rôle de moelle osseuse.....	36
3.2.	Le rôle du périoste.....	36
3.3.	Le rôle de l'hématome.....	36
3.4.	Les facteurs de croissance.....	36
3.5.	L'âge.....	37
3.6.	La vascularisation.....	37
3.7.	Le déplacement et les mouvements inter- fragmentaires.....	38
3.8.	L'infection.....	39
3.9.	La comminution.....	39
3.10.	L'application d'un champ magnétique.....	39
3.11.	Autres facteurs.....	40

Chapitre IV : TRAITEMENT DES FRACTURES.

1. Traitement des fractures.....	42
1.1. Réduction.....	42
1.1.1. Réduction à foyer fermé.....	42
a. Technique.....	43
1.1.2. Réduction sanglante.....	44
a. Technique.....	44
1.2. Immobilisation.....	46
1.2.1. Contention du membre.....	46
a. Plâtre et attelles.....	47
b. Pansement de Robert Jones.....	48
1.2.2. Contention de l'os.....	48
1.2.2.1. Les fixateurs externes.....	48
1.2.2.2. L'enclouage centromédullaire.....	49
A. Technique chirurgicale.....	50
a. enclouage unique.....	50
b. enclouage de Kuentscher.....	51
c. enclouage fascicule.....	51
d. enclouage de Rush.....	52
e. enclouage en croix.....	52
f. enclouage verrouillé.....	53

1.2.2.3. Les plaques vissées.....	54
1.2.2.4. Les haubans.....	58
1.2.2.5. Les vis osseuses.....	58

II. PARTIE EXPERIMENTALE:

1. Présentation du Cas Clinique	60
2. Evaluation et préparation pré-anesthésique	61
2.1. Recueil de commémoratif.....	61
2.2. Examen général	62
2.3. Examen clinique rapproché.....	62
2.4. Diagnostic clinique.....	62
2.5. Examen complémentaire	62
3. Préparation pour l'intervention chirurgicale	63
3.1. Préparation du matos	63
3.2. Décontamination de la zone opératoire	64
3.3. Anesthésie	65
4. Phase Opératoire	66
5. Suivi postopératoire	71
6. Discussion	74
6.1. Analyse De La Fracture Et Stratégie Thérapeutique.....	74
6.2. Choix Des Implants Et Du Montage	75
III. CONCLUSION.....	77
IV. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUE.....	78

RESUME :

L'étude d'un cas de fracture du fémur chez un berger Malinois de 32 kg est présentée au service de pathologie des carnivores de l'institut vétérinaire de TIARET et qui après consultation est orienté au service de chirurgie de l'institut. Ce cas nous a fourni l'opportunité de proposer une stratégie thérapeutique chirurgicale raisonnée et adaptée à la situation. Les différentes étapes de ce traitement sont décrites et commentées.

Une ostéosynthèse dite enclouage centromédullaire "d'alignement" a été réalisée. Le suivi clinique et radiologique a montré tout le bien-fondé de ce type d'ostéosynthèse.

En effet, en privilégiant la protection du foyer de fracture, nous avons pu constater que la récupération fonctionnelle était rapide et que l'image radiologique obtenue permettait de libérer le chien de toute contrainte de confinement dès le sixième jour après l'intervention.

ABSTRACT:

The study of a case of femoral fracture in a Malinois shepherd weighing 32 kg is presented to the pathology department of carnivores of the Tiaret veterinary institute and which, after consultation and referral to the surgery department of the institute, this case provided us with the opportunity to propose a reasoned surgical therapeutic strategy adapted to the situation, the different stages of this treatment are described and commented

An osteosynthesis called "alignment" Centro medullary interlocking was performed. The clinical and radiological follow-up have shown all the merits of this type of osteosynthesis.

Indeed, by favoring the protection of the fracture focus, we were able to observe that the functional recovery was rapid and that the radiological image obtained made it possible to free the dog from any constraint on the sixtieth day after the intervention.

ملخص:

يتم تقديم دراسة حالة كسر الفخذ لراعي مالينوي يزن 32 كلغ إلى قسم أمراض الحيوانات آكلة اللحوم في معهدتيارت البيطري ، والتي ، بعد التشاور والإحالة إلى قسم الجراحة في المعهد ، أتاحت لنا هذه الحالة الفرصة لاقتراح استراتيجية علاجية جراحية منطقية تتكيف مع الموقف ، يتم وصف المراحل المختلفة لهذا العلاج والتعليق عليها من قبل قسم الجراحة في المعهد

تم إجراء عملية تخليق عظمي تسمى "المحاذاة" المتشابكة المركزية ، كما أظهرت المتابعة السريرية والإشعاعية جميع مزايا هذا النوع من تخليق العظام.

في الواقع ، تفضيل حماية تركيز الكسر مكننا من ملاحظة أن الانتعاش الوظيفي كان سريعاً وأن الصورة الإشعاعية التي تم الحصول عليها جعلت من الممكن تحرير الكلب من أي قيود في اليوم الستين بعد التدخل.

Introduction

INTRODUCTION

La chirurgie orthopédique vétérinaire est une activité en plein essor depuis quelques années. Les avancées techniques de cette spécialité proviennent pour la plupart d'une extrapolation des données de la chirurgie humaine.

Les fractures du fémur occupent une place particulièrement importante en traumatologie vétérinaire (Adams Baum et al ;2010), et représentent 20 à 25% des fractures chez les animaux de compagnie (Brinker et al ;2008). Ces fractures sont fixées par différents systèmes d'implants qui incluent l'enclouage centromédullaire, les plaques vissées, les fixateurs externes et les clous verrouillés (André et al ; 2013).

L'objectif de la réparation des fractures est d'obtenir une consolidation osseuse par une ostéosynthèse biologique, mini-invasive et avec respect total des tissus mous avoisinants et de leur vascularisation. Donc il est pertinent de choisir un système d'implant capable de neutraliser les forces perturbatrices au niveau du site de fracture et de permettre une consolidation rapide (Perren ;2002).

Actuellement, la priorité dans le traitement des fractures osseuses est accordée aux conditions biologiques locales, afin de favoriser le processus de consolidation et une reprise fonctionnelle rapide ; ce mode de réparation permet une cicatrisation de seconde intention et n'accorde pas trop d'importance à la rigidité de la fixation, toute fois, la formation d'un cal est nécessaire pour assurer une stabilité et un bon alignement des éléments fracturaires (André et al ; 2013).

En outre, l'ostéosynthèse place le segment osseux dans des conditions mécaniques qui évoluent tout au long des périodes de consolidation, au cours desquelles, des complications de nature diverse peuvent être observées. Ainsi, si le segment s'échappe à la redoutable infection, le foyer d'ostéosynthèse ne sera pas à l'abri des complications non infectieuses (Mace et al ; 2007).

En plus de ces complications précoces ou tardives, le déplacement important des muscles et les différentes contraintes qui s'accompagnent avec les fractures

fémorales font de leur traitement un déficit thérapeutique, ce qui donne presque toujours des résultats décevants.

De nombreuses techniques d'ostéosynthèses ont été appliquées à cet os et sous réserve, un certain nombre d'entre elles peuvent être mises en œuvre, cependant, des contradictions du choix de l'implant d'ostéosynthèse idéal, ont été rapportées par la littérature, pour réparer ce type de fracture. Pour cette raison, nous avons voulu à travers cette étude concevoir un protocole expérimental, permettant d'évaluer le moyen d'ostéosynthèse le plus efficace, il s'agit de l'enclouage centromédullaire simple.

Nous allons pouvoir illustrer cette approche particulière au travers d'un cas clinique de fracture du fémur chez un chien.

PARTIE
BIBLIOGRAPHIE

CHAPITRE I
RAPPELS ANATOMOPHYSIOLOGIQUE

I. Rappel anatomophysiologique :

1. Structure osseuse :

Le tissu osseux est un tissu mésenchymateux dont la matrice extracellulaire est imprégnée des éléments minéraux cristallisés qui la rendent rigide et imperméable. Malgré son apparence pierreuse, le tissu osseux est parfaitement vivant et en perpétuel remaniement.

Le tissu osseux a des fonctions mécaniques : il constitue la charpente du corps et protège certains organes fragiles, comme le système nerveux central. Il intervient dans le métabolisme du calcium et déphosphates (Dadoune et *al* ;1990).

2. Anatomie macroscopique des os longs :

Les os longs sont constitués par une portion moyenne cylindrique : la diaphyse, et des deux extrémités : les épiphyses qui sont séparées de la diaphyse par les métaphyses (Maillet et Chiarasini ;1979).

2.1. La diaphyse :

Une cavité centrale remplie d'un tissu jaunâtre, très riche en graisse et de la moelle osseuse jaune. La paroi diaphysaire ou corticale est formé d'os compact qui paraît homogène à l'œil nu (Dadoune et *al* ;1990).

2.1.1. Le périoste :

C'est un tissu fibreux vascularisé recouvrant la diaphyse mais également le reste de l'os hormis les surfaces articulaires recouvertes de cartilage et les insertions des tendons et des ligaments sur l'os, où il est attaché à la lamelle circonférentielle externe par l'intermédiaire de fibres de collagène, appelées fibres de Sharpey (Wheater et *al* ; 2000).

2.1.2. L'endoste :

L'endoste recouvre l'ensemble des surfaces internes de l'os. C'est-à-dire les traboules osseuses et les parois des canaux optroniques « de Havers ». Il se compose d'une couche mince de fibrilles du collagène non minéralisées et d'une assise cellulaire comprenant des cellules souches mésenchymateuses, des cellules ostéoprogénitrices, des ostéoblastes et des ostéoclastes.

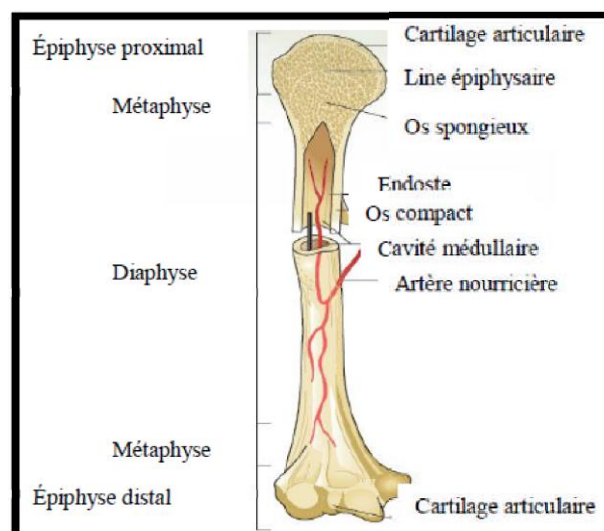
Ces cellules peuvent s'activer et enclencher rapidement des synthèses osseuses à n'importe quel endroit de l'os, c'est ce qui permet aux fractures osseuses de se réparer (Rauch ;2000).

2.2. Les Métaphyses :

Sont situées entre les épiphyses et la diaphyse. Pendant la croissance, elles sont séparées des épiphyses par le cartilage de conjugaison. Elles sont formées par du tissu osseux spongieux revêtu d'une mince couche de tissu périostique (Maillet ;1979).

2.3. Les épiphyses :

Elles forment l'extrémité des os longs. Elles sont constituées de tissu spongieux entouré par une fine couche de tissu compact au-dessus duquel se trouve le cartilage articulaire (Cochran ;2011).



FigureN°1 : Schéma d'un os long (Cochran ; 2011).

3. Anatomie microscopique des os longs :

L'os est formé de cellules et d'une couche organique calcifiée, constituée par des fibres et une substance fondamentale imprégnée des éléments de calcium (Chancrin ; 1992).

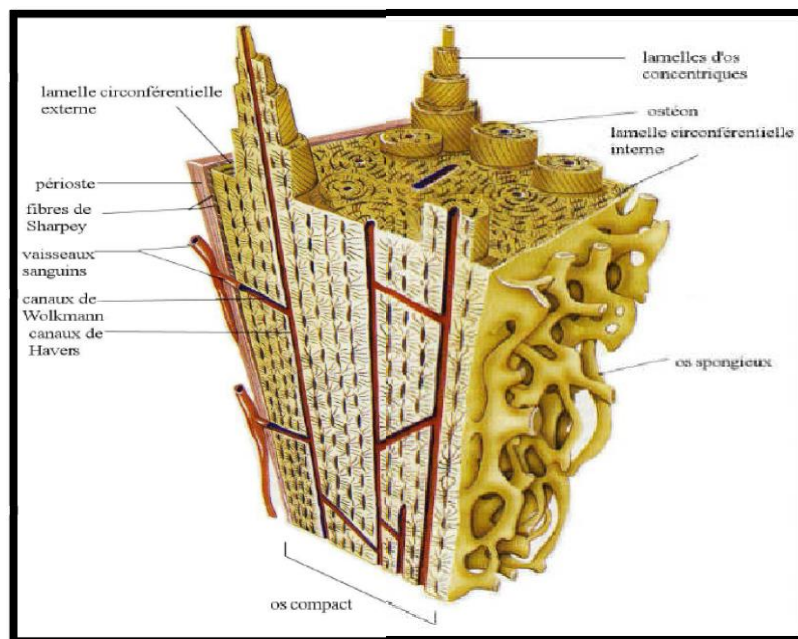
3.1. Cellules du tissu osseux :

Il existe quatre principaux types de cellules osseuses.

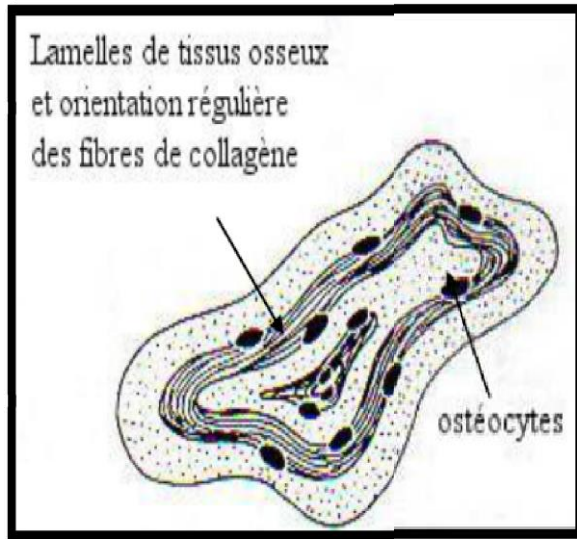
- Les cellules ostéoprogénitrices.
- Les ostéoblastes.
- Les ostéocytes.
- Les ostéoclastes (Toppetset *al* ; 2004).

3.2. Matrice osseuse :

Elle est constituée d'une partie organique et d'une partie minérale.



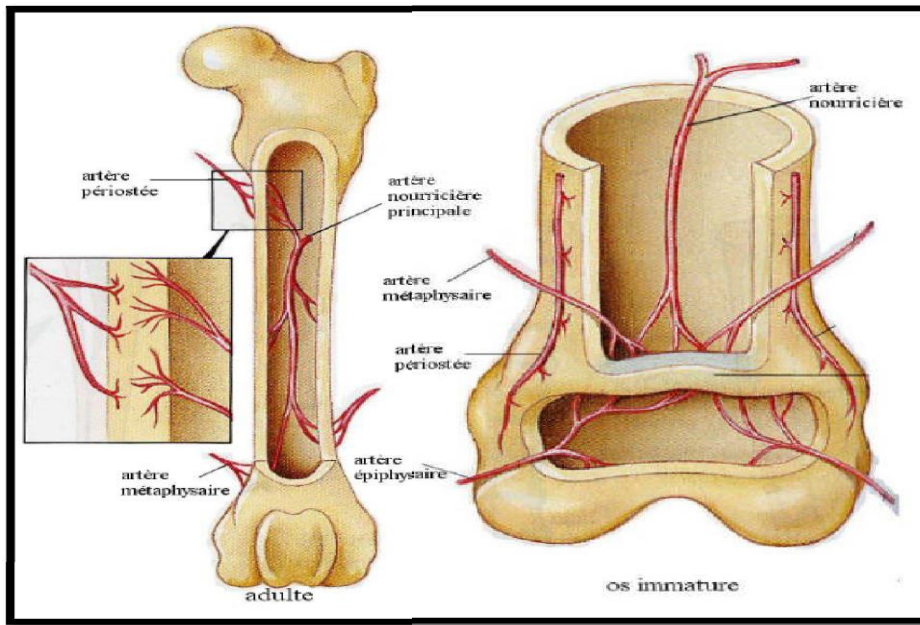
FigureN°2: Organisation générale de l'os (Gartner et Hiatt ; 1997).



FigureN°3 : Tissu osseux primaire
(Chancrin ;1992).

FigureN°4 : Tissu osseux secondaire
(Chancrin ;1992).

3.3. Vascularisation osseuse :



FigureN°5 : Vascularisation d'un os long chez l'adulte et le jeune (Fossum et al ; 2007).

3.4. Formation du tissu osseux :

Le développement de l'os se fait de deux façons qui impliquent le remplacement du tissu conjonctif collagène primitif par du tissu osseux. L'os réticulaire est ensuite instamment remodelé par résorption, croissance et apposition aboutissant au squelette adulte mature, constitué d'os lamellaire, puis la résorption et le dépôt d'os se ralentissent pour s'adapter aux variations des contraintes fonctionnelles et réaliser l'hémostase calcique (Wheater et *al* ; 2000).

Les cartilages de conjugaison interviennent au cours du jeune âge, dans la croissance des os longs, donc dans la taille du futur adulte. L'ossification enchondrale est un processus complexe parfaitement connu, intervenant chez le fœtus et tout au long de la croissance. Jusqu'à l'âge adulte, la croissance en longueur des os s'effectue grâce à la prolifération des cartilages de conjugaison suivie d'une ossification endochondrale.

Ce type d'ossification s'oppose à l'ossification de membrane, beaucoup plus simple, se résumant à la différenciation, au sein d'un tissu conjonctif, d'ostéoblastes à partir de cellules souches mésenchymateuses (Poirier et *al* ;2002).

3.5. Fonction de l'os :

3.5.1. Fonction de soutien :

L'os forme la quasi-totalité du squelette, support rigide de l'organisme sur lequel se fixe les muscles (Maillet ;1979)

3.5.2. Fonction métabolique :

Le tissu osseux est un tissu dynamique, constamment remodelé sous l'effet des pressions mécaniques, entraînant la libération ou le stockage de sels minéraux, et assurant ainsi dans une large mesure (conjointement avec l'intestin et les reins) et participe au contrôle du métabolisme phosphocalcique (Kierszenbaum ;2002).

3.5.3. Fonction hématopoïétique :

Les os renferment dans leurs espaces médullaires, la moelle hématopoïétique dont les cellules souches, à l'origine des 3 lignées de globules du sang, se trouvent au voisinage des cellules osseuses. Les cellules stromales de la moelle osseuse fournissent un support structural et fonctionnel aux cellules hématopoïétiques.

Certaines d'entre elles sont des cellules souches multipotentes susceptibles de se différencier dans de multiples lignages différents (André et *al* ;2008).

3.6. Régulation de la résorption et de la formation de la substance osseuse :

De nombreux facteurs interviennent dans cette régulation comme les vitamines (A, B, C, D), les glandes endocrines (hypophyse, hypothalamus, thyroïde, glandes sexuelles, parathyroïde). En plus de ces facteurs s'ajoutent le métabolisme phosphocalcique (action combinée de la vitamine D, la parathormone, et les reins (Maillet et Chiarasini ;1979).

3.7. Anatomies :

3.7.1. Anatomies du bras :

3.7.1.1. Les os du bras :

Le squelette du bras (Skelton brachi) ne comporte qu'un seul os : l'humérus. Celui-ci est un os long, paire et asymétrique, dont la direction moyenne est à peu près parallèle à celle du sternum son extrémité proximale est articulée à la scapula et son extrémité distale aux os de l'avant-bras

Cet os semble avoir été tordu sur lui-même, sa surface articulaire proximale étant tournée en direction médio caudale et sa partie distale un peu incurvée en direction crânial. Cette apparence de torsion est complétée par l'existence d'une large et profonde empreinte musculaire (anciennement : gouttière de torsion) qui parcourt obliquement la face latérale pour obtenir au bord crânial de la surface articulaire distale. (Baron ; 1990).

- **La partie moyenne ou corps** :

Irrégulièrement prismatique posé de quatre faces : crânial, latérale, caudale et médiale

- **La face crâniale** :

Est plus large a sa partie proximale, qui planiforme, qu'a sa partie distale, qui tend à se transformer en un bord épais

- **La face latérale** :

Elle est presque entièrement occupée par le sillon brachial, cette dépression est oblique en direction cranio distale elle est limitée par deux crêtes saillantes, celle qui la sépare de la face crâniale est la crête humérale, qui commence près de l'extrémité proximale par un fort relief rugueux : **la tubérosité deltoïdienne**.

Elle s'atténue progressivement pour disparaître avant d'atteindre l'extrémité distale l'autre crête au contraire ne commence que vers le mi longueur de l'os elle s'accroît l'extrémité distale : c'est la crête épicondilaire progressivement en devenant épaisse et rugueuse pour se porter au-dessus du capitulum.

- **La face caudale** :

Est étroite, lisse, fortement convexe d'un côté à l'autre. Chez les mammifères domestiques, le sillon brachial empiète sur sa partie proximale, qui est légèrement concave sous la tête articulaire.

- **La face médiale** :

Elle est à peu près lisse, légèrement convexe dans le sens cranio caudal. Elle porte un peu au-dessus de sa mi longueur chez les équidés et les ruminants à la limite de l'extrémité proximale dans les autres espèces, une forte empreinte d'insertion tendineuse (La tubérosité du grand rond), qui reçoit la terminaison commune des muscles grands rond et grand dorsal près de l'extrémité distale, elle présente d'autre part le foramen nourricier principale de l'os qui peut être reporté vers la face crâniale ou la face caudale, selon les espèces.

- **La partie proximale :**

La tête humérale est encadrée du côté crânial par deux fortes saillies ; l'une latérale l'autre médiale.

Le relief latéral est le plus volumineux et le plus saillant : c'est le tubercule majeur, un peu plus bas, au voisinage de la ligne tricipitale se trouve un autre relief rugueux ; la tubérosité du petit rond. Le relief médial, toujours moins volumineux que le précédent, est le tubercule mineur

Entre les deux tubercules, crâiellement à la tête articulaire, se trouve un large et profond sillon vertical : sillon intertuberculaire, qui donne passage au tendon du biceps brachial.

- **L'extrémité distal ou condyle :**

Est légèrement recourbée en direction crânial , elle porte une surface articulaire large et complexe, destinée aux os de l'avant-bras est convexe du côté crânial (sens de flexion du coude).du côté médial, la partie la plus large constitue la trochlée de l'humérus, qui présente une gorge médiane peu profonde, bordée par deux lèvres, dont la médiale est plus large que la latérale du côté latéral se trouve le capitulum de l'humérus crânialement, la gorge de la trochlée est surmontée par une dépression transversale

La fosse choroïdienne qui reçoit dans la flexion le processus coronoïde des os de l'avant-bras. Un peu plus latéralement, au-dessus du capitulum, une dépression moins profonde constitue la fosse radiale. Caudalement la trochlée est surmontée d'une dépression beaucoup plus vaste et plus profonde : la fosse olécranienne, cette ouverture est constante chez le chien : c'est le foramen supra trochléaire au-dessus de l'épicondyle médial, on trouve chez la chatte foramen supra condylaire destiné au passage de l'artère brachial et du nerf médian, fortement incurvé en direction caudale dans ces deux tiers proximaux.

La face crâniale du corps n'est distincte que dans sa moitié proximale, remplacée plus loin par une crête humérale longue et bien marquée. Elle est limitée des tubérosités deltoïdiennes

3.7.1.2. Les muscles du bras :

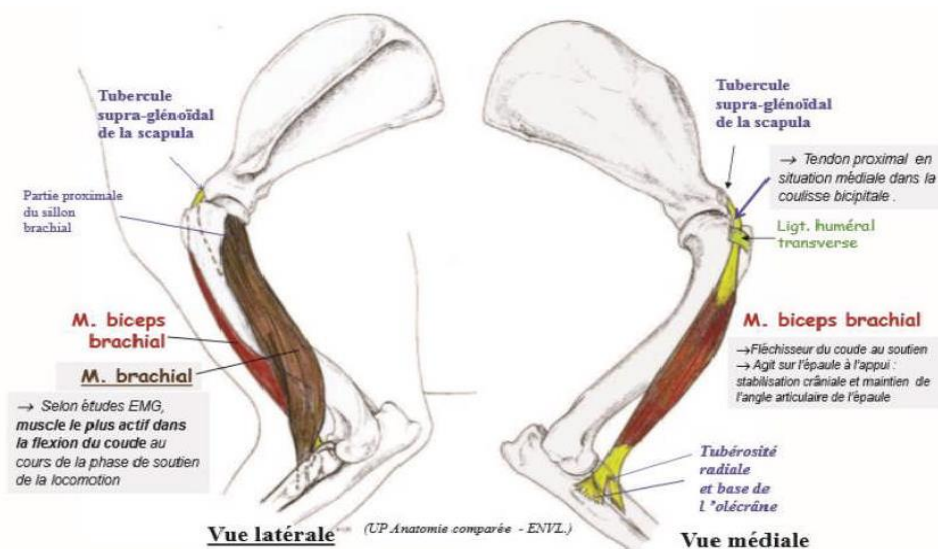
Les muscles du bras du chien ont divisés en muscles crâniens et muscles caudaux.

Le tableau suivant regroupe les différents muscles de l'épaule et leurs points d'insertions.

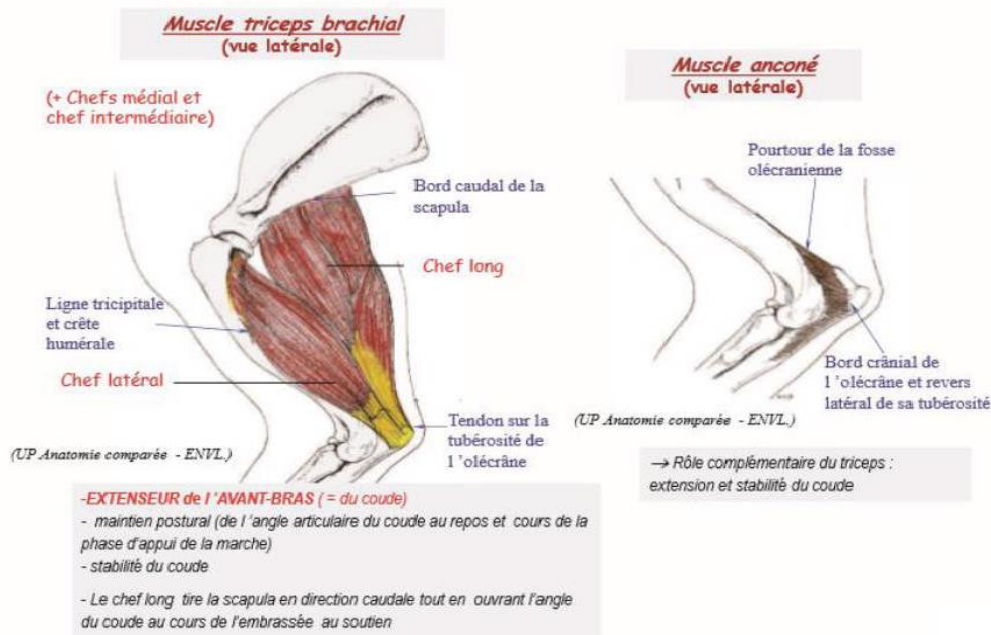
TableauN°1: Les différents muscles de l'épaule et leurs points d'insertions.

Muscle		Origine	Terminaison
Muscles crâniens	Muscle biceps brachial	Tubercule supra-glénoidal de la scapula	Tubérosité radiale et base de l'olécrâne
	Muscle brachial	Partie proximale du sillon brachial	
Muscles caudaux	Chef long du muscle triceps brachial	Bord caudal de la scapula	Tubérosité de l'olécrane
	Chef médial du muscle triceps brachial	Face médiale de l'humérus	
	Chef accessoire du muscle triceps brachial	Revers caudal de la tête humérale	
	Chef latéral du muscle triceps brachial	Ligne tricpitale	
	Muscle anconé	Pourtour de la fosse olécraniennne	Bord crânial et face latérale de l'olécrane

Les différentes figures ci-après permettent de replacer les différents muscles sur le membre thoracique et nous rappellent leurs fonctions



FigureN°6 : Les différents muscles sur le membre thoracique et leurs fonctions.



FigureN°7 : Les différents muscles sur le membre thoracique et leurs fonctions

3.7.2. Anatomie de la cuisse :

3.7.2.1. Les os de la cuisse :

C'est l'os de la cuisse dont la diaphyse est presque cylindrique et les deux extrémités sont quelque peu aplaties. L'extrémité proximale, par la tête de l'os, participe à l'articulation de la hanche ; l'extrémité distale entre dans la formation de l'articulation du grasset.

- Tête :

L'éminence hémisphérique médiale de l'extrémité proximale qui s'articule avec l'acétabulum du coxal. Sa surface articulaire présente une petite dépression rugueuse dans sa partie centrale, c'est la fosse de la tête fémorale

- Grand trochanter :

Grosse éminence non articulaire de forme pyramidale du côté latéral de l'extrémité proximale.

- **Fosse trochantérique** :

Dépression profonde de la face caudo médiale du grand trochanter.

- **Petit trochanter** :

Petite projection pyramidale du côté médial, située distalement au col de l'os.

- **Trochlée** :

Coulisse articulaire large limitée par une lèvre latérale et une lèvre médiale, située dans l'axe de l'os sur la face crâniale de l'extrémité distale. Elle agit comme sur face de glissement pour la rotule.

- **Rotule** :

Gros os sésamoïdien de forme grossièrement ovoïde situé crânialement au fémur, dans le tendon de terminaison du quadriceps fémoral. Cet os porte également le nom de patella.

- **Condyles latéral et médial** :

Éminences pour l'articulation avec le tibia, fortement convexes, situées sur la face caudale de l'extrémité distale de l'os.

Chaque condyle est sûr monté par une petite facette plate sur laquelle repose un petit os sésamoïdien nommé flabelle. Les flabelles latérale et médiale sont situées dans le tendon d'origine des chefs latéral et médial d'Um. Gastronomie.

- **Fosse inter condylienne** :

Dépression profonde entre les deux condyles fémoraux. Épicondyles latéral et médial : Surface quelque peu rugueuses sur le revers abaxial du condyle correspondant

- **Fosse de l'extenseur** :

Petite dépression pour le tendon du mi long extenseur des orteils située sur l'épicondyle latéral à la jonction du condyle et de la lèvre latérale de la trochlée.

Une autre petite dépression pour le tendon du m. poplité, est parfois visible caudalement à la fosse de l'extenseur. Le tendon du poplité renferme un très petit os sésamoïdien désigné sous le nom decyamelle.

3.7.2.2. Les muscles de la cuisse :

Superficiellement, la face latérale est recouverte par le fascia lata , reconnaissable par son aspect nacré. Son feuillet superficiel s'étend du bord crânial du muscle fémoral, au bord crânial du muscle biceps fémoral et au bord crânial du muscle vaste latéral en recouvrant le corps charnu de ce dernier (Cossu et al ; 2005).

A l'aspect médial et superficiel de la cuisse, on retrouve un couturier assez large et divisé en deux portions parallèles, un pectiné fusi forme terminé par un large tendon ainsi qu'un gracile mince et étroit.

A l'aspect médial de cuisse et plus profondément on retrouve le muscle adducteur, partiellement séparable en deux portions, qui retrouve le mince obturateur externe (Barone ; 1972).

Le quadriceps fémoral comprend un droit fémoral fusiforme presque entièrement entouré par un épais vaste latéral et de faible vaste médial et intermédiaire. Le droit fémoral prend origine de l'éminence ilio-pectinée et les vastes partent du fémur.

Tout le quadriceps forme un tendon commun qui englobe la rotule avant de s'attacher sur la crête tibiale.

Caudalement on retrouve plusieurs muscles, dont le biceps fémoral. Il tire origine des ligaments sacro-tubéreux et de la tubérosité ischiatique. Son insertion se fait par une forte aponévrose sur la rotule, la crête tibiale, et accessoirement la corde du jarret ou le tendon calcanéen, il est le plus large et le plus latérale muscle des muscles caudaux de la cuisse (König et Liebich ; 2004).

Les autres muscles caudaux de la cuisse sont l'abducteur caudale de la jambe de forme rubanée et très mince, le semi-tendineux et le semi-membraneux qui vont de la tubérosité ischiatique à l'aspect caudal et médial de l'extrémité distale du fémur (semi-membraneux), à l'aspect médial de l'extrémité proximale du tibia (semi-membraneux et semi-tendineux) et à la crête tibiale (semi-tendineux) (Barone ; 1972).



FigureN°8 : Les différents muscles de membre pelvien. (Barone ; 1972)

3.7.3. Anatomie de la jambe :

3.7.3.1. Les os de la jambe :

C'est un os long qui constitue l'os principal de la jambe. Il s'articule proximale avec le fémur et distalement avec le tarse. Il s'articule également du côté latéral par ses extrémités proximale et distale avec l'autre os de la jambe, la fibula. La diaphyse ou corps de l'os a une forme prismatique dans sa partie proximale et devient cylindroïde dans sa partie distale. (Barone ; 1972).

- Plateau tibial :

Extrémité proximale de l'os, de forme triangulaire, qui porte deux surfaces articulaires.

- Condyles latéral et médial :

Surfaces articulaires presque planes du plateau tibial. Ces condyles s'articulent avec les condyles correspondants du fémur. Les condyles sont séparés l'un de l'autre par de petites régions rugueuses, les aires inter condylienne.

- **Sillon de l'extenseur** : Petite échancrure dans le bord crânial du condyle latéral pour le passage du tendon du m. long extenseur des orteils.
- **Tubérosité tibiale** :
Forte éminence non articulaire à l'extrémité proximo crâniale de l'os.
- **Bord crânial du tibia (crête tibiale)** :
Crête saillante qui continue distalement la tubérosité. Cette crête s'efface toutefois dès le quart proximal de la diaphyse de l'os. Sa face latérale est quelque peu excavée alors que sa face médiale est planiforme.
- **Cochlée tibiale** :
Surface articulaire distale de l'os.
- **Malléole médiale** :
Extrémité distale de l'os du côté médial.
- **Fibula** :
La fibula ou péroné sténo s'allonge et grêle, articulé par ses extrémités au tibia, dont allongé le bord latéral. Distalement, il s'articule également avec le tarse.
- **Tête** :
Extrémité proximale aplatie, en forme de crochet.
- **Malléole latérale** :
Extrémité distale de l'os dont la surface articulaire répond d'une part au tibia et d'autre part au talus. (Barone ; 1972).

CHAPITRE II
LES FRACTURES

1. Définition :

Une fracture est définie par une perte de continuité dans la substance osseuse. Elle recouvre toute interruption osseuse, allant d'une extrême où un os est brisé en plusieurs fragments (Ronald et Esser ; 2010).

Elle s'accompagne de lésions plus ou moins graves des tissus mous environnants, en particulier des vaisseaux sanguins (Brinker et al ;1994).

2. Mode de fractures :

2.1. La tension :

Deux forces qui tirent sur les extrémités de l'os.

2.2. La compression :

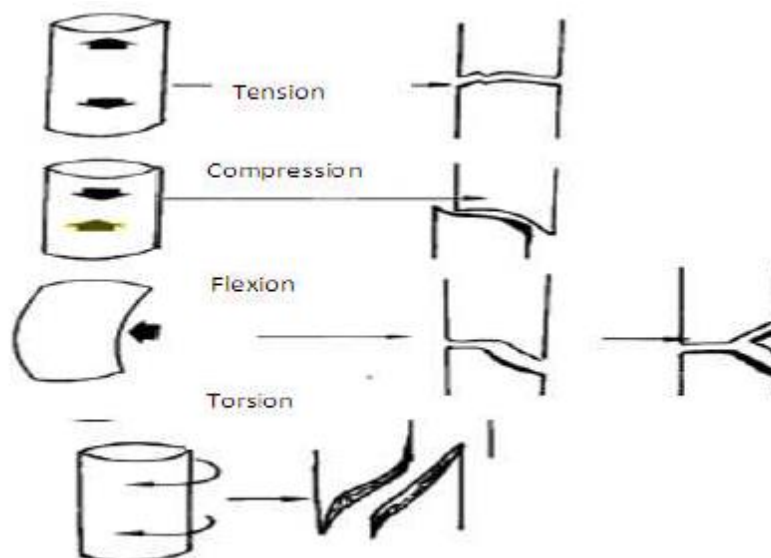
Deux forces appliquées aux extrémités de l'os.

2.3. La flexion :

Deux forces appliquées latéralement sur l'os dans le même sens.

2.4. La torsion :

Force de rotation appliquée sur l'os (Denny et Butter Worth ;2000).



FigureN°9 : Mode de fracture (Denny et Butter Worth ; 2000)

3. Classification des fractures :

Il existe de nombreux systèmes de classification des fractures :

3.1. Classification d'Unger et al :

Unger *et al* ; 1990 ont décrit un modèle de classification intéressant pour les fractures des os longs chez les animaux de compagnie.

En effet, un code alphanumérique permet de situer l'os concerné et de décrire à la fois, la localisation anatomique et les degrés de complexité de la fracture observée.

❖ Le premier chiffre correspond à l'os fracturé :

1 pour humérus, **2** pour radius / ulna, **3** pour fémur et **4** pour tibia/fibula.

Le deuxième chiffre permet de déterminer quel est le segment de l'os qui est fracturé. Pour se faire, l'os est divisé en trois parties, proximale, distale et diaphysaire, **1** pour proximal, **2** pour diaphysaire et **3** pour distal

(Figure N° 10).

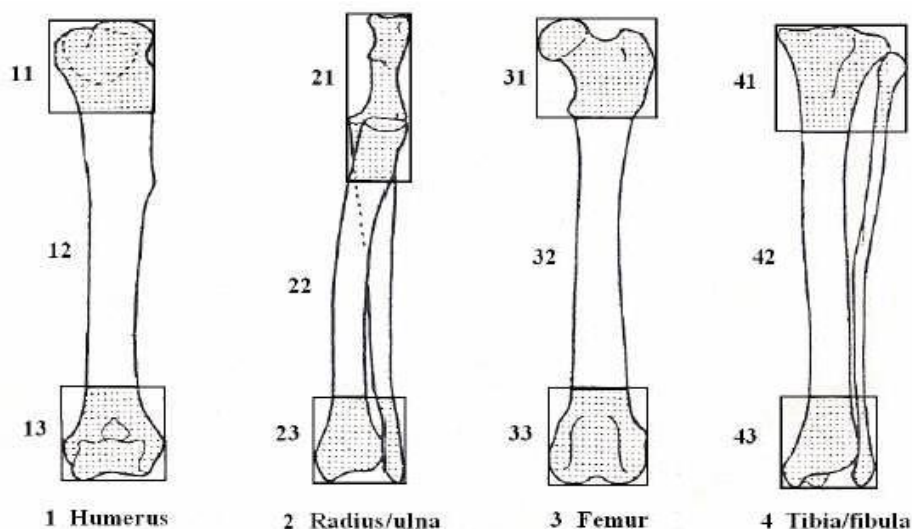


Figure N°10 : Situation de l'os et localisation de la fracture sur le fût osseux (Unger *et al* ;1990).

3.2. Classification de Brinker et al :

Blinker *et al* ; 1994 ont décrit un système de classification, se base sur les causes, l'existence d'une plaie externe communiquant avec le foyer de fracture, l'étendue des lésions, la direction et la localisation du trait de fracture et la stabilité de la fracture après réduction

3.2.1. Cause :

- **Traumatisme atteignant directement l'os.**
- **Traumatismes indirects :**
Les forces sont transmises à travers l'os ou les muscles.
- **Affections osseuses :**
Pouvant entraîner une destruction de l'os ou son affaiblissement.
- **Mises à l'épreuve répétée :**
Telles que les fractures de fatigue se rencontrant souvent chez les petits animaux sur les os de la main ou du pied (chez les lévriers de course par exemple).

3.2.2. Présence d'une plaie externe communiquant avec le foyer de fracture :

- **Fracture fermée :**
Le foyer de fracture ne communique pas avec l'extérieur.
- **Fracture ouverte :**
Le foyer de fracture communique vers l'extérieur. Ce type de fracture est très exposé aux souillures et à l'infection, et la réparation peut être retardée ou compliquée.

3.2.3. Etendue des lésions

- **Fracture complète :**
Il existe une division complète de l'os accompagné généralement d'un déplacement important des fragments.
- **Fractures en bois vert :**
Un côté de l'os est brisé et l'autre côté est seulement plié.
Ce type de fracture s'observe généralement chez les jeunes animaux en croissance, le déplacement est très réduite la réparation est rapide.
- **Fêlure :**
Une ou plusieurs fentes étroites, souvent orientées en spirale ou longitudinalement, divisent la corticale mais le périoste reste souvent intact.

3.3.4. Direction et la localisation du trait de fracture :

- **Fractures transversales :**

Le trait de la fracture est perpendiculaire à l'axe de l'os.

- **Fractures obliques :**

Le trait de la fracture est oblique par rapport à l'axe longitudinal.

- **Fractures spiroïdes :**

Le trait de la fracture est courbe.

- **Fractures comminutives :**

Plusieurs traits de fractures font apparaître plusieurs fragments ou esquilles.

- **Fractures multiples ou esquilleuses :**

L'os est divisé en trois fragments, ou plus, par des traits de fractures non convergents.

- **Fractures engrenées :**

Les fragments osseux sont solidement enfoncés l'un dans l'autre.

- **Fractures par arrachement :**

Un fragment d'os sur lequel s'insère un muscle, un tendon ou un ligament se détache sous l'action d'une traction puissante.

- **Fractures épiphysaires :**

La fracture se produit au niveau du cartilage de l'épiphyse ou d'un cartilage d'accroissement.

- **Fractures condyliques :**

Au niveau des condyles.

- **Fractures inter condyliques**

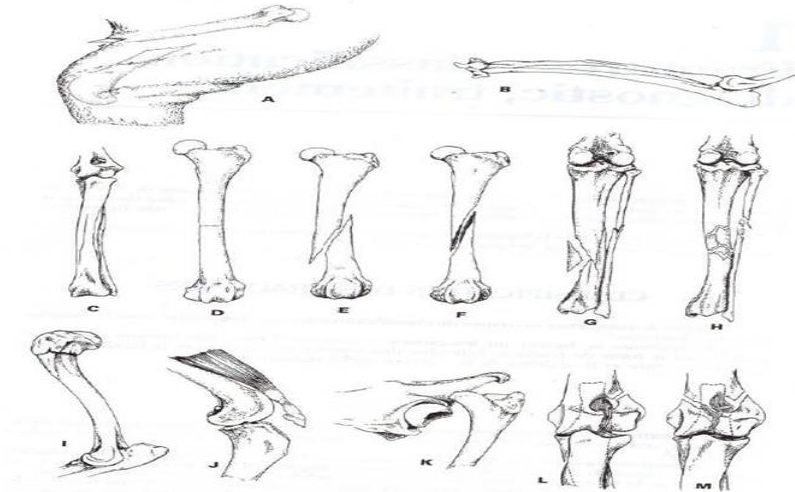


Figure N° 11 : Direction et localisation du trait de fracture (Brinker et al ; 1994).

- A. Fracture ouverte.	- H. Fracture multiple.
- B. Fracture en boit vert.	- I. Fracture engrène.
- C. Fêlure.	- J. Fracture épiphysaire.
- D. Fracture transversale.	- K. Fracture d'arrachement.
- E. Fracture oblique.	- L. Fracture uni condyloire.
- F. Fracture spiroïde.	- M. Fracture bi condyloire.
- G. Fracture comminutive.	

3.2.5. Stabilité après réduction :

- **Fracture stable :**

Les fragments s'engrènent et résistent aux forces de raccourcissement (par exemple les fractures engrénées et en boit vert).

Le but principal de l'immobilisation est d'empêcher une déformation par angulation.

- **Fracture instable :**

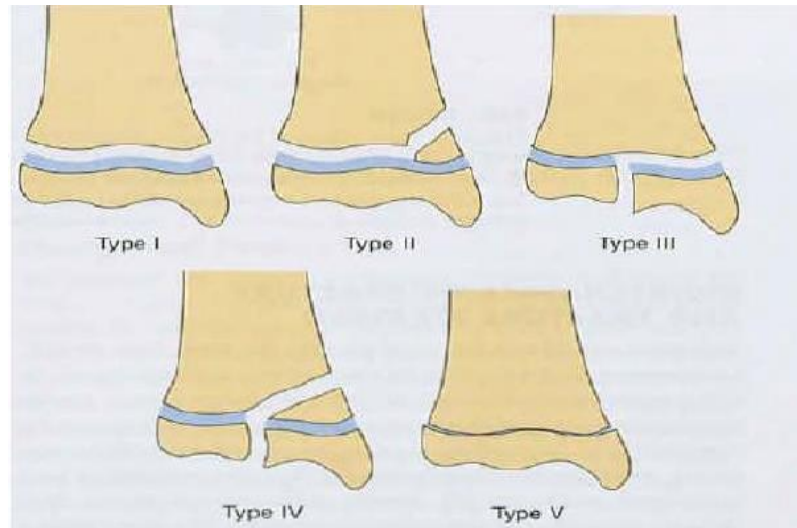
Les fragments ne s'engrènent pas et glissent l'un sur l'autre, d'où un chevauchement (par exemple fractures obliques, spiroïde ou multiples).

Une immobilisation est nécessaire pour maintenir la longueur et l'alignement et prévenir une rotation.

3.3. Autres classifications :

3.3.1. Classification de Salter et Harris :

Les fractures épiphysaires sont identifiées selon la localisation de trait de fracture (Fossum et *al* ;2007).



FigureN°12 : Classification de Salter et Harris (Fossum et *al* ;2007).

3.3.2. Classification des fractures ouvertes :

Selon Niemand et Suter ;1992, les fractures ouvertes sont classées comme suit :

- **Type I** : Une pointe d'os a traversé la peau du dedans vers le dehors.
- **Type II** : Le traumatisme a perforé les tissus mous du dehors vers le dedans.
- **Type III** : Fracture ouverte avec lésions graves de la peau, des muscles, des vaisseaux et des nerfs.

4. Complication des fractures :

Les complications des fractures sont diverses parmi les ont site :

4.1. Retard de consolidation :

Il s'agit d'un ralentissement plus ou moins marqué du processus de cicatrisation osseuse par rapport au délai habituel. Ce dernier dépend étroitement du type de fracture, de l'âge du patient et de la technique thérapeutique employée (Slatter ;1995).

4.2. Non-union :

La non-union est un état fracturaire pour le quel toute activité ostéogénique a cessé et pour lequel la continuité osseuse n'a pas été rétablie, caractérisé par la présence d'une pseudo arthrose dans le site de fracture.

La non-union hypertrophique provient lorsque le tissu fibro cartilagineuse persiste plusieurs mois, et quand il ya pas formation d'un cal osseux.

Elle a lieu si la fracture est associée avec des dommages des tissus mous, si elle n'est plus bien stabilisée ou lorsque qu'il y a un large espace inter fragmentaire (Claes *et al* ;1997).

4.3. Cal vicieuse :

Les cals vicieuses sont provoquées par une mauvaise consolidation du foyer de fracture qui aboutit à une malformation structurale.

Ces cals peuvent être de trois types : cal vicieux exubérants ou hypertrophique, de dimensions anormales ; cal vicieux diaphysaire et un cal vicieux épiphysaire ou articulaire, ces deux derniers sont justiciables d'une correction chirurgicale par suite des troubles fonctionnel set du retentissement sur les articulations voisines qu'ils provoquent (Feron ;2000).

4.4. Ostéomyélite :

L'ostéomyélite ou ostéite peut être définie comme une inflammation de l'os atteignant les espaces de Havers, les canaux de Volkmann et généralement la cavité médullaire et le périoste (Brinker *et al* ; 1994).

L'inflammation et les infections de la cavité médullaire, du cortex et du périoste de l'os sont le plus fréquemment associées à des bactéries, dues à l'ischémie, un traumatisme, une inflammation locale, une nécrose osseuse ou d'origine hématogène (Kahn *et al* ;2008).

4.5. Lâchages et ruptures d'implants :

Les lâchages ou les ruptures d'implants sont observés lors de stabilisation avec des implants de trop petite taille ou avec une réduction de mauvaise qualité. Les arrachages d'implants sont observés si l'os est trop fragile, l'ancrage est de mauvaise qualité, les broches sont trop rigides ou trop grosses et l'os fixé est de petite taille (Ness ;1998).

5. Diagnostic des fractures :

Dans certains cas, le diagnostic est évident, par exemple quand il existe une grande déformation dans la partie centrale d'un os long et quand la fracture est visible chez certains chiens à traumatismes multiples.

Dans la majorité des autres cas, une fracture est suspectée à l'anamnèse et l'examen clinique et confirmé par des radiographies de la région traumatisée (Ronald et Esser ;2010).

5.1. Les commémoratifs :

C'est l'ensemble des informations récoltées au moment de la survenue d'une fracture et qui permettent d'orienter le praticien dans le diagnostic et le choix du traitement approprié. L'examen de l'animal atteint ou suspect d'être atteint doit comprendre :

- Une appréciation de l'état de santé général.
- La recherche des lésions des organes et des tissus voisins de la fracture et des autres parties du corps.
- La recherche de fracture ou de luxation dans les autres régions du corps.
- Une étude précise de la fracture (Piermettei et *al* ;2006).

5.2. Les signes cliniques :

La fracture s'accompagne souvent par des symptômes généraux communs à tout les types de fracture, caractérisée par une boiterie très marquée d'apparition soudaine, une mobilité anormale, un gonflement de la région qui est le résultat de la formation de l'hématome, un bruit de craquement ; et par des symptômes spéciaux qui sont en relation avec la localisation de la fracture (Bolz et *al* ;1976).

5.3. L'examen radiographique :

La radiographie est essentielle pour un diagnostic définitif et pour l'évaluation de la consolidation osseuse, en prenant au moins deux incidences radiographiques perpendiculaires (Fossum et *al*;2000).

CHAPITRE III
CONSOLIDATION OSSEUSE

1. Consolidation osseuse :

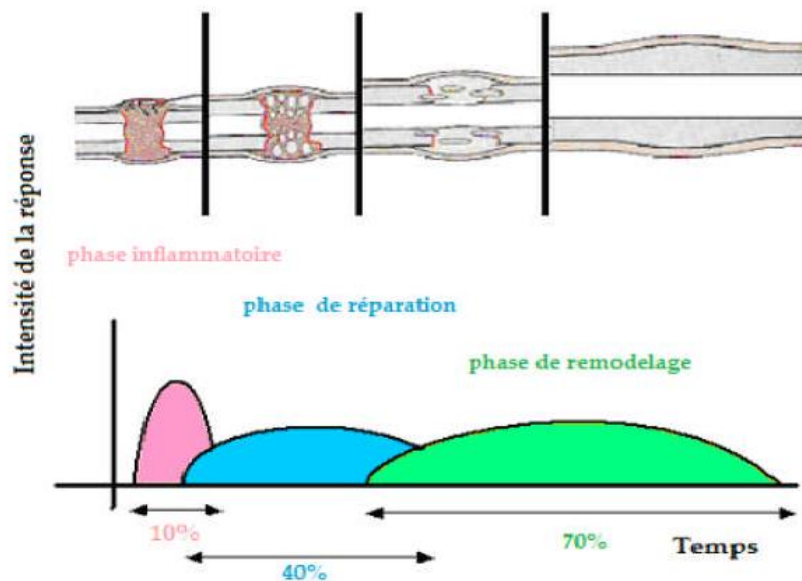
La cicatrisation osseuse est un processus complexe pouvant être arbitrairement subdivisé en deux types (Autefage ;1992).

1.1. Cicatrisation par seconde intention :

Suite à une fracture, l'os peut cicatriser par seconde intention. Cette cicatrisation se fait par formation d'une cal de fracture.

Elle nécessite des conditions particulières :

- L'efficacité de la contention des fragments.
- La réduction correcte des fragments.
- La stérilité du foyer de fracture (Autefage ;1992).



FigureN°13 : Succession des différentes phases de la cicatrisation osseuse (Griffon ;2005).

1.1.1. Les étapes de la cicatrisation par seconde intention :

La consolidation d'une fracture, phénomène naturel, se déroule en trois étapes successives. Elles sont de durées inégales et se chevauchent dans le temps (Autefage ;1992).

a) Phase inflammatoire :

Après la fracture, le processus inflammatoire commence rapidement et dure jusqu'à la formation d'un tissu fibreux, cartilagineux ou un début d'une formation osseuse (1-7 jours après fracture).

Initialement, il ya formation d'un hématome et une exsudation inflammatoire à partir des vaisseaux sanguins (Aho ;1966).

Le traumatisme des tissus mous et la dégranulation des plaquettes résultent de la sécrétion des cytokines, et produisent une réponse inflammatoire typique, une vasodilatation, une hyperhémie, une migration et une prolifération des polynucléaires neutrophiles, et macrophages (Keita et *al* ;2007).

Les ostéoclastes enlèvent l'os nécrotique au niveau des extrémités des abouts; en plus d'hématome, il y a présence de fibrine, des fibrilles de collagène ; graduellement, l'hématome est remplacé par un tissu de granulation (Wray ; 1964, Kibbin ;1978).

b) Phase de réparation :

- La phase de réparation se déroule en 3 stades :

- **Stade de réparation conjonctive :**

Elle se traduit par la colonisation de l'hématome fracturaire par des cellules issues du périoste, de l'endoste, de la moelle osseuse et du sang.

L'hématome fracturaire est alors progressivement remplacé par un tissu de granulation, puis par un tissu conjonctif qui contribue progressivement à stabiliser la fracture.

Ce tissu conjonctif est ensuite à son tour lui-même colonisé par des cellules mésenchymateuses qui selon les conditions locales, synthétisent un tissu fibrocartilagineux ou osseux (Denny et Butter Worth ; 2000).

- **Stade de réparation cartilagineuse :**

S'il subsiste une instabilité au niveau du foyer de fracture, la néovascularisation est cisailée par les mouvements des bouts osseux.

Il en résulte donc localement une diminution de la pression partielle tissulaire en oxygène.

Or, les chondroblastes sont plus tolérants à l'hypoxie que les ostéoblastes. Ainsi, dans ces conditions, seuls les chondroblastes peuvent survivre (Bassett et Herrmann ;1961).

Les cellules mésenchymateuses se différencient donc en chondroblastes qui synthétisent un tissu cartilagineux, un cal fibro cartilagineux donc succède ainsi au cal conjonctif (Remedios ;1999, Claes et al ;2002)

- **Stade de réparation osseuse :**

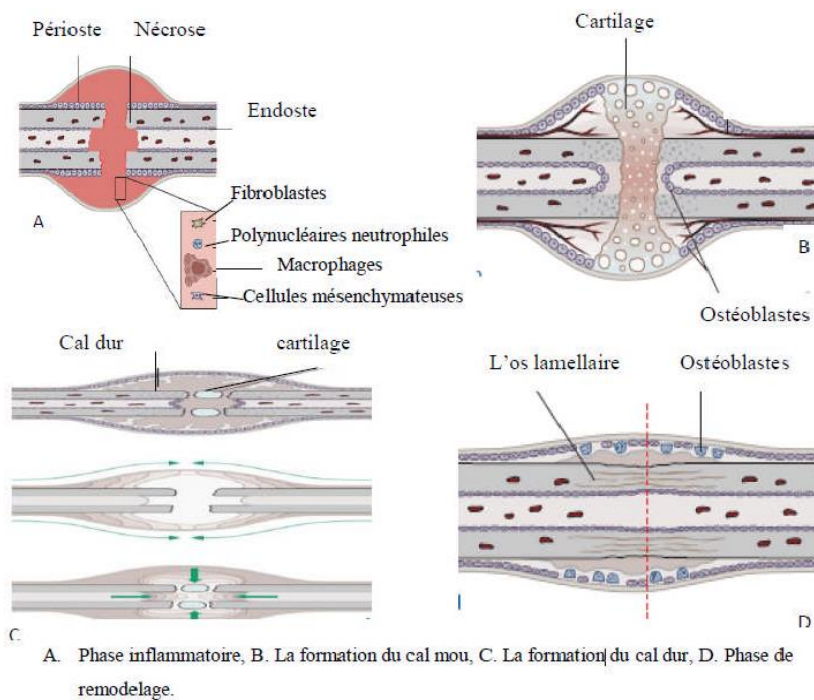
Le tissu cartilagineux est ensuite progressivement remplacé par un tissu osseux (Einhorn ;1998). Selon le front d'ossification progresse des bouts fracturaires vers l'espace inter fragmentaire. La substance fondamentale synthétisée précédemment par les chondroblastes est minéralisée, consolidant ainsi le cal.

Parallèlement, une néo vascularisation se met en place faisant affluer des ostéoclastes qui résorbent le tissu cartilagineux. Les ostéoblastes synthétisent alors successivement un tissu osseux immature non lamellaire puis un tissu osseux mature lamellaire (Schiltz ;1988).

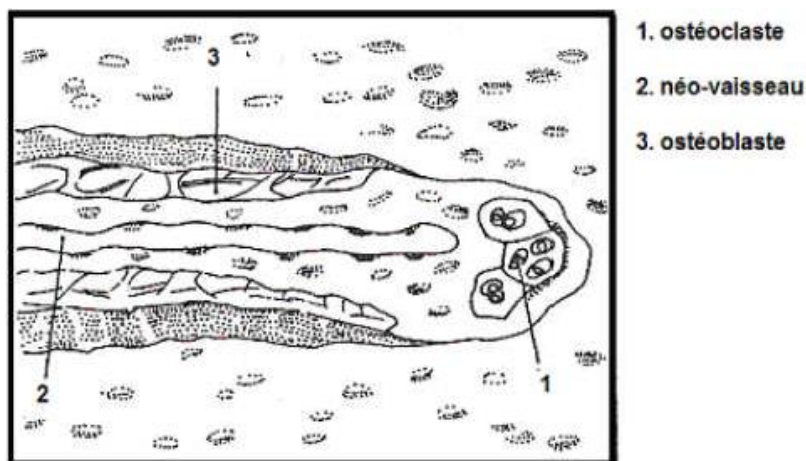
c) Phase de remodelage :

Ce remodelage osseux se prolonge plusieurs mois à plusieurs années.

Le cal osseux via l'intervention de cônes de forage, subit un double phénomène d'ostéoclasie et d'ostéogénèse visant à restituer l'intégrité de l'os a phase de réparation osseuse s'achève par le réarrangement du tissu osseux en réponse aux contraintes qui lui sont imposées et obéit ainsi à la loi de Wolf (Autefage ; 1992, Buckwalter et Grodzinsky ; 1999).



FigureN°14 : Evolution de la cicatrisation osseuse (Keita et al ;2007).



FigureN°15 : Représentation schématique d'un cône de forage (Brinker et al ;1984).

La cicatrisation par seconde intention conduit à la mise en place de primaire, le périoste, les corticales et la médullaire vont participer à la formation du cal de manière diverse. Le périoste forme rapidement un cal relativement volumineuse et immobilisant le foyer de fracture.

Le cal périosté peut combler une vaste surface de perte osseuse, au bout d'environ 6 semaine, le cal périosté est fabriqué et le foyer est relativement stable ; ce qui permet au cal cortical de se construire. Celui-ci a besoin d'une immobilité parfaite du foyer de fracture. En suite le cal médullaire qui est d'une formation lente va pénétrer l'intervalle entre les corticales (Macé ;2007).

TableauN°2 : Différents types de cal (Macé ; 2007).

Type de consolidation	Vitesse	Comblement d'un espace	Tolérance à l'instabilité	Tolérance à la stabilité absolue	Importance des tissus mous
Cal périosté	+++	+++	+++	-	+++
Cal cortical	+	-	-	++++	-
Cal médullaire	++	++++	++	+++	-

2. La cicatrisation par première intention :

Se caractérise par l'absence du cal osseux. Ce type de cicatrisation est beaucoup plus exigeant et il nécessite :

- Une réduction anatomique idéale (pas de perte de substance sauf en cas de greffe).
- Une contention parfaite après réduction de la fracture.
- La mise en pression positive, qui améliore la stabilité du foyer de fracture.
- La stérilité parfaite du foyer.
- L'intégrité des tissus mous périphériques, car ils participent à l'apport vasculaire (Autefage ; 1992).

2.1. Les étapes de la cicatrisation par première intention :

Dans ces conditions de stabilité extrême, aucun cal ne se forme. En effet, le cal ne se forme que lors du mouvement au niveau du site fracturaire afin de le stabiliser.

La réparation va se dérouler selon un processus identique à celui du remodelage physiologique de l'os. Ainsi, au niveau des zones où les bouts sont en contact étroit, l'os est formé grâce à l'action des cônes de forage qui traversent le trait de fracture et permettent de former de nouveaux ostéons reconnectant les fragments osseux entre eux (Rahn et al ; 1971).

L'ostéosynthèse par plaques vissées permet d'obtenir une cicatrisation de l'os par première intention caractérisée par le dépôt d'emblée d'os lamellaire dans le trait de fracture sans passage par un cal quelque soit sa forme (cal fibreux, fibrocartilagineux ou osseux).

Toute apparition de cal périoste au cours de l'évolution d'une fracture réparée à l'aide d'une plaque rigide signifie la perte de la stabilité des éléments fracturaires (Rahn ;2002).

3. Les facteurs influençant la consolidation osseuse :

De nombreux éléments participent au bon déroulement de la cicatrisation osseuse. Par mieux on site :

3.1. Le rôle de moelle osseuse :

La moelle osseuse possède un potentiel ostéogénique important. Elle joue un rôle d'agent ostéo inducteur. De nombreuses études ont montré l'intérêt de la greffe de moelle lors de non-union. Il a également été montré que la moelle est capable d'induire la formation d'os sur un site osseux non fracturé (Mizuno et al ;1990).

3.2. Le rôle du périoste :

Le périoste joue un rôle important dans la consolidation osseuse. Il intervient dans la phase précoce de la consolidation. Des lésions de ce périoste (traumatiques ou iatrogènes) de même que des lésions des tissus périphériques avec lesquels les vaisseaux périostés s'anastomosent, seront responsables de retards de cicatrisation (Malizos et Papatheodorou ; 2005, Genet ;2011)

3.3. Le rôle de l'hématome :

L'hématome fracturaire pourrait avoir des propriétés ostéogéniques. Il apparaît donc nécessaire de conserver l'hématome lors de traitement des fractures (Piermettei et al ;2006).

3.4. Les facteurs de croissance :

Dans la matrice osseuse déminéralisée, des protéines ostéo inductives appartenant à la famille de Transforming Growth Factor β (TGF- β) ont été identifiées. Ces protéines sont appelées Bône Morphogenic Protéines (BMP). On dénombre à l'heure actuelle une vingtaine de BMP différentes. Elles contrôlent la transformation des cellules mésenchymateuses en ostéoblastes ou en ostéocytes.

Leur concentration moyenne dans la matrice osseuse déminéralisée est de 1 µg/kg (Chen et *al* ; 2004).

D'autres facteurs de croissance intervenant dans la consolidation osseuse ont été identifiés et sont potentiellement ostéo-inducteurs : PDGF, IGF, FGF et VEGF (South Wood et *al* ; 2004). Ces derniers ont un rôle majeur dans la consolidation osseuse (Dimitriou et *al* ;2011).

3.5. L'âge :

L'âge du patient influence grandement la vitesse de consolidation. Ainsi, plus les patients sont jeunes, plus l'ossification est précoce et rapide (Tableau N° IV-2). Les fractures du jeune guérissent mieux et plus vite que celles de l'adulte (Brinker et *al* ; 1994).

Tableau2 : Vitesse de réparation osseuse (Brinker et *al* ;1994).

Age de l'animal	Immobilisation externe et enclouage centromédullaire	Immobilisation par plaque osseuse
moins de 3 mois	2-3 semaines	4 semaines
3 à 6 mois	4-6 semaines	2-3 mois
6 à 12 mois	5-8 semaines	3-5 mois
plus d'un an	7-12 semaines	5 mois - 1 an

3.6. La vascularisation :

La vascularisation constitue la pierre angulaire de la cicatrisation (Dickson et *al* ; 1994). L'os a besoin d'une vascularisation importante pour se développer, à la différence du fibrocartilage moins exigeant. Si l'immobilisation des fractures est parfaite, la circulation médullaire est prédominante et permet un apport sanguin accru. Dans la majorité des fractures des os longs, la circulation médullaire est interrompue.

Dans un premier temps, la vascularisation afférente résiduelle est stimulée pour permettre l'apport d'oxygène et de nutriments vers la zone fracturée (Beamer et *al* ; 2010), puis rapidement un réseau vasculaire extra osseux transitoire se

développe à partir des tissus périphériques en tourant le cal fracturaire et assurant la nutrition précoce du cal périoste (Triffitt ; 1993).

Lorsque la cicatrisation devient suffisante pour assurer une certaine stabilité, la vascularisation médullaire se rétablit (Fossum et *al* ; 2000).

La formation du cal est directement dépendante de la richesse des vascularisations. Ainsi, si les vaisseaux périphériques sont la seule source de vascularisation du cal, il se formera un important cal périoste, alors que si la vascularisation périoste est supprimée et que la vascularisation médullaire est intacte, il se formera un cal endoste (Trueta ;1974).

3.7. Déplacement et mouvements inter-fragmentaires :

L'amplitude du déplacement des abouts osseux avant traitement chirurgical pourrait jouer un rôle dans la vitesse de consolidation, plus le déplacement osseux est important, plus les lésions des tissus mous et des structures vasculaires osseuses et extra osseuses sont importantes.

L'instabilité du foyer de fracture peut conduire à la rupture de néo-vaisseaux et être responsable d'un retard de cicatrisation.

L'existence d'une instabilité au sein du foyer de fracture entraîne la formation d'un cal dont le volume et la nature varient en fonction de l'amplitude des mouvements entre les deux abouts (Egger et *al* ; 1993).

Dans les cas de faible déplacement, les contraintes de compression et de tension axiale ne perturbent que légèrement la cicatrisation osseuse.

En revanche, les mouvements de cisaillement, de flexion et surtout de rotation ralentissent voire interrompent la cicatrisation (Prieur et Sumner ; 1984).

En effet, plus la tenue mécanique est faible, plus les micromouvements néfastes à la cicatrisation sont importants car ils sont responsables de la rupture des néo-vaisseaux qui pontent le foyer de fracture.

La formation d'os ne peut donc se faire que dans des conditions de stabilité suffisante sans quoi le seul tissu capable de se former est un fibrocartilage peu résistant (Rahn ;1982).

3.8. L'infection :

L'infection peut être d'origine exogène lors de fracture ouverte ou iatrogène lors de réduction ouverte ou de non-respect des principes d'asepsie.

L'infection est un facteur défavorable majeur de la cicatrisation osseuse, car elle entretient l'inflammation, accroît la résorption osseuse et induit une nécrose osseuse (Fossum et *al* ; 2007).

De plus l'infection peut générer une instabilité, entraîner la formation de séquestres osseux qui vont entretenir le phénomène infectieux et inflammatoire en se comportant comme des corps étrangers.

Elle peut être à l'origine d'une ostéomyélite dont la chronicité peut engendrer un retard voire une absence de consolidation (Gustilo et Anderson ;1976).

3.9. La Comminution :

En fonction de l'étiologie et du degré d'énergie subi par l'os au moment de la fracture, celui-ci peut se morceler en un nombre plus ou moins important de fragments. Cette fragmentation, en induisant l'instabilité et en perturbant la supplémentation vasculaire, pèse sur la cicatrisation.

Il a été démontré chez l'homme, mais aussi chez les carnivores domestiques, que le degré de comminution influence la vitesse de cicatrisation et qu'une comminution sévère augmente le risque de retard de consolidation et de non-union (Note et *al* ;2005).

3.10. L'application d'un champ magnétique :

L'application d'un champ magnétique externe pouvait entraîner des variations du potentiel électrique à la surface des os et ainsi limiter des processus physiologiques, comme l'ostéogénèse. Un os sollicité mécaniquement (par exemple pendant la marche) produit du tissu osseux (ostéogénèse) (Hinsenkamp ; 1996).

3.11. Autres facteurs :

Les facteurs locaux ont un intérêt majeur pour le bon déroulement de la consolidation osseuse y compris l'alimentation, les minéraux, les oligoéléments, et les facteurs hormonaux dont les corticostéroïdes retardent la guérison des fractures et l'insuline, la calcitonine et les hormones thyroïdiennes renforcent le processus de guérison (Toppet et *al* ;2004).

CHAPITRE IV
TRAITEMENT DES FRACTURES

1. Traitement des fractures :

L'idéal dans le traitement des fractures est la restitution totale de la fonction normale de la partie lésée dans le temps le plus court possible (Bistner ; 1972). Les principes du traitement orthopédique des fractures sont les suivants (recommandés par le groupe ASIF)

- Réduction anatomique des fragments.
- Fixation stable adaptée au type de la fracture.
- Préservation de la vascularisation des fragments osseux et des tissus mous environnants via une réduction et une technique chirurgicale atraumatique ; Mobilisation active, précoce, non douloureuse, des muscles et des articulations adjacentes à la fracture.

Le choix du traitement chirurgical s'effectue en fonction des caractéristiques de la fracture, (localisation, morphologie et éventuelles lésions des tissus mous) et des contraintes qu'elle subit et les préférences du chirurgien (Piermettei et *al* ;2006).

1.1. Réduction :

La réduction peut être effectuée à foyer fermé ou de façon sanglante par une intervention chirurgicale.

1.1.1. Réduction à foyer fermé :

C'est la remise en place par tractions et manipulations externes des fragments osseux sans intervention chirurgicale proprement dite, et avec un minimum des lésions des tissus mous. Cette technique se limite généralement aux fractures récentes, à certaines fractures stables et aux animaux se prêtant facilement à la palpation (chats, petits chiens) (Brinker et *al* ;1994)

a) Technique :

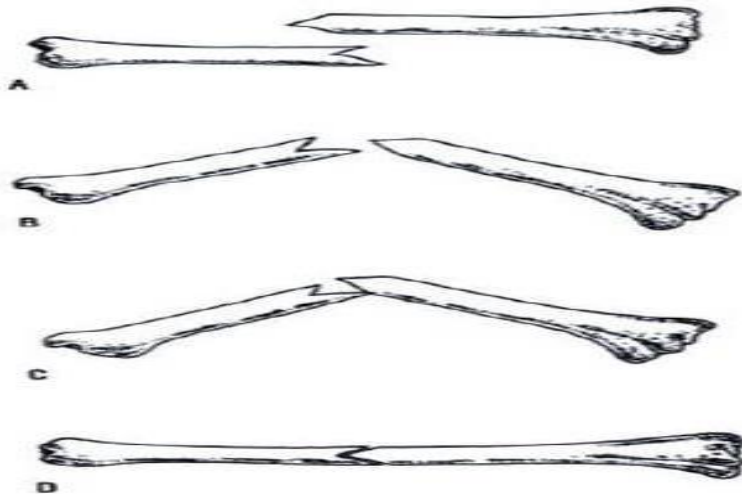
A- Application d'une extension (FigureN°16), une contre extension et une translation (Figure N°IV-5-B).

B- Angulation de Bohler (FigureN°17).

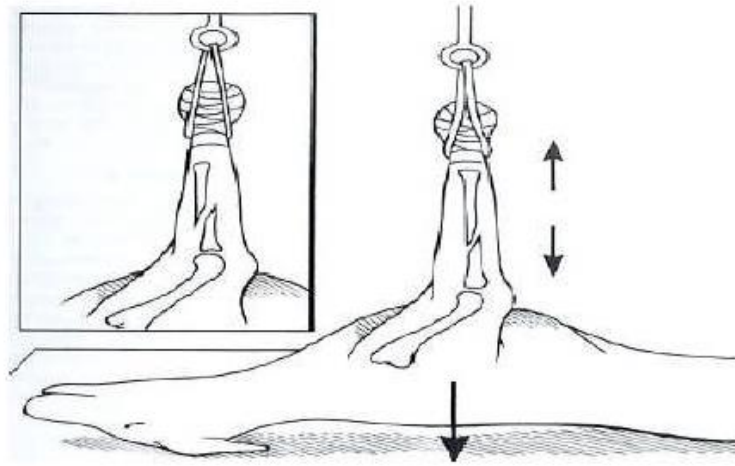
C- Utilisation du poids de l'animal pour réaliser la traction et la contre extension et fatiguer les muscles spasmodés (FigureN°18)



FigureN°16 : Réduction par une extension, une contre extension et une translation Piermettei et al ; 2006).



FigureN°17 : Angulation de Bohler (Genevois ;1995).



FigureN°18 : Utilisation du poids de l'animal (Fossum et *al* ;2007)

1.1.2. Réduction sanglante :

Consiste à accéder chirurgicalement au site de la fracture et à exposer les fragments osseux.

Par la suite, la réduction est obtenue par manipulation directe des os à l'aide de pinces à os et de leviers.

La réduction sanglante est la méthode de choix dans de nombreux cas, elle est utilisée en particulier dans les fractures instables ou compliquées, dans les fractures datant de plusieurs jours et dans celles pour qui une fixation interne est indiquée (Brinker et *al* ; 1994).

a. Technique :

- A-** Application d'un effet de levier exercé par un instrument tel qu'un ostéome, un manche de crochet à ovariectomie, ou manche de bistouri (FigureN°19).
- B-** Application d'une force directe au moyen de daviers osseux sur un des fragments osseux ou plus (FigureN°20).
- C-** Application directe d'une force sur les 2 abouts (FigureN°21).
- D-** Utilisation des distracteurs de fracture (FigureN°22).

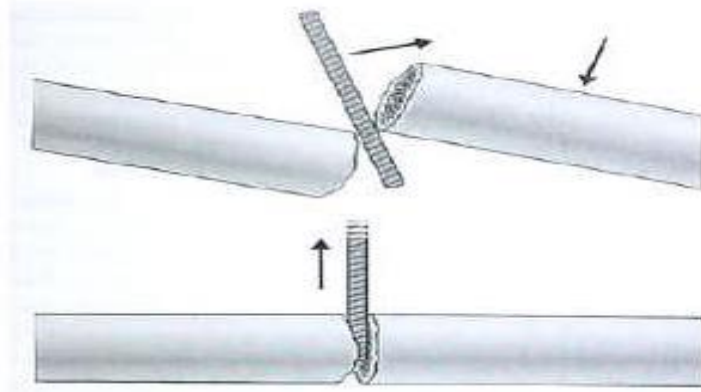
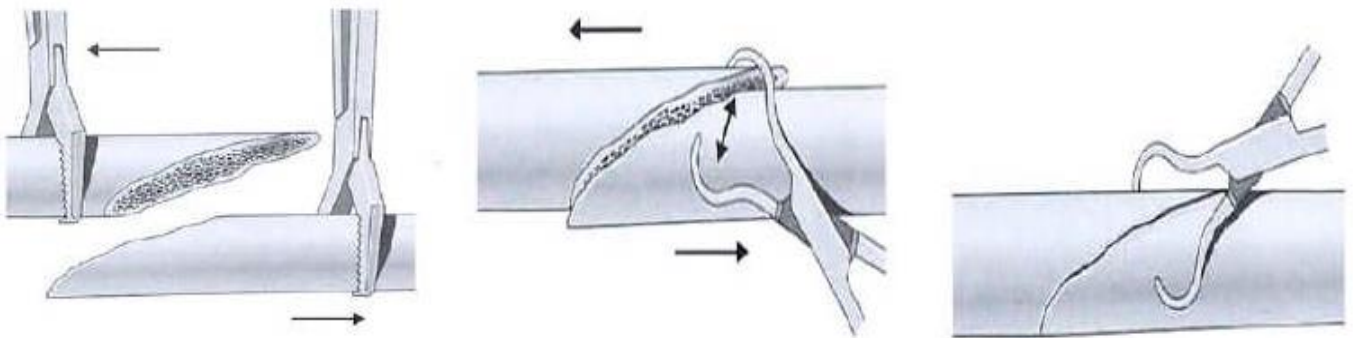


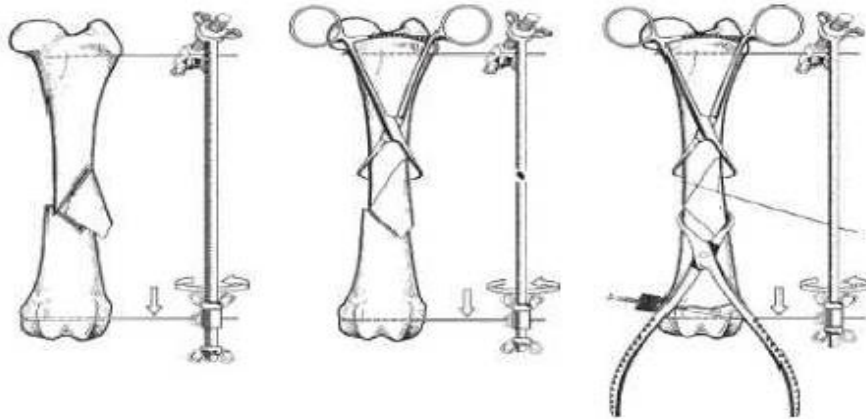
Figure N°19: Application d'un effet de levier (Fossum et al ; 2007).



FigureN°20: application d'une force directe au moyen de daviers osseux sur un des fragments osseux ou plus (Piermetteieta;2006).



Figure N°21: Application directe d'une force sur les deux abouts (Fossum et al ; 20



FigureN°22 : Utilisation des distracteurs de fracture (Piermettei et *al* ;2006)

1.2. Immobilisation :

Le but est de stabiliser les fragments dans une position anatomique normale et d'empêcher leur déplacement. Les méthodes d'immobilisation peuvent être une contention du membre ou une contention de l'os (Piermettei et *al* ;2006).

1.2.1. Contention du membre :

L'immobilisation par bandage externe doit bloquer les deux articulations situées de part et d'autre de l'article lésé. La réduction de la fracture est obtenue sous l'effet d'anesthésie générale profonde fournissant une bonne myorelaxation par deux manœuvres successives : l'extension de membre suivi de la coaptation.

L'immobilisation est obtenue le plus souvent par un bandage plâtré appliqué sur un bandage tubulaire, en jersey ou réalisé par une bande de Velpeau, ou une immobilisation avec une attelle, les plus pratiques sont formées par une gouttière en aluminium et doivent être mise en place sur un épais bandage en coton cadré pour éviter toute compression localisé (Morailon et *al* ; 2007).

a. Plâtre et attelles :

Ces dispositifs peuvent être utilisés pour :

- Les fractures au-dessous du coude ou du grasset et celles de la queue et des côtes.
- Les fractures stables.
- En combinaison avec d'autres méthodes à titre d'immobilisation complémentaire.
- A titre de contention provisoire (Brinker et al ; 1994).



FigureN°23 : Préparation du membre atteint pour la pose du pansement (Garnier;2002).



FigureN°24 : Mise en place d'une première bande élastique (A) puis d'une couche de coton(B) (Garnier ;2002).



FigureN°25 :Mise en place d'une deuxième bande élastique non collante (A) et d'une dernière bande de serrage (B) (Garnier;2002).

b. Pansement de Robert Jones :

Le pansement de Robert Jones est le plus fréquemment utilisé en orthopédie vétérinaire. Il permet de limiter la formation d'œdème et constitue un moyen de contention externe

Temporaire en périodes préopératoire et post opératoire d'une chirurgie orthopédique (Garnier ;2002)

1.2.2. Contention de l'os :

1.2.2.1 Les fixateurs externes :

Les fixateurs externes sont des moyens de stabilisation des fractures et des articulations en utilisant une fixation percutanée par des broches qui pénètrent à l'intérieur de l'os cortical et sont connectés à l'extérieur par des barres, ils fournissent une fixation stable des fragments osseux sans ou de façon minime des dommages des tissus mous et sans immobilisation d'articulation adjacente.

Elle est particulièrement utilisée avec des fractures ouvertes et hautement comminutives, c'est une technique économique pouvant réutiliser ses composants avec un prix moindre et une facilité d'utilisation (Egger ;1998).

Les principaux fixateurs selon Maynard ;1993 sont :

- Le fixateur de Stader Ehmer : trop lourd est actuellement abandonné
- L'appareil de Kirchner-Ehmer (FigureN°IV-15-AetB).
- Jam (FigureN°IV-15-C).
- Hoffmann-Vidal (FigureN°IV-15-D).
- Luera-Tarrage (FigureN°IV-15-E).
- Luera-Tarrage (FigureN°IV-15-F).
- Ilizarov (FigureN°IV-15-G).
- Latte (FigureN°IV-15-H)

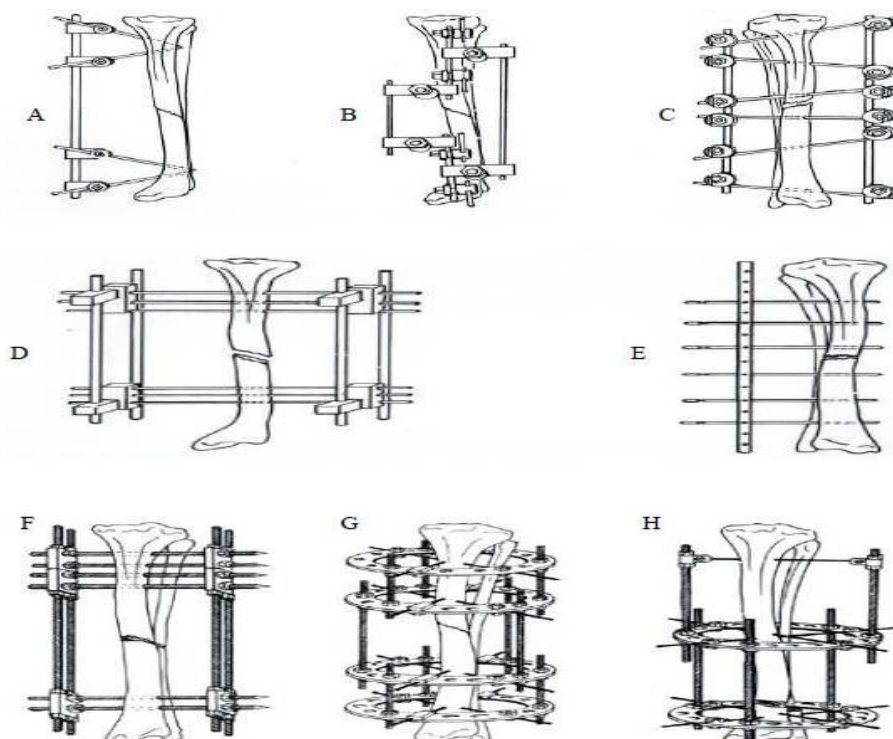


Figure N°26 : Principaux types de fixateurs utilisés en chirurgie vétérinaire (Meynard ;1993)

1.2.2.2. L'enclouage centromédullaire :

L'enclouage des os longs, technique simple et rapide de mise en œuvre, nécessite cependant un compromis judicieux dans le choix du matériel et de la technique d'enclouage pour obtenir un montage stable. Néanmoins, face à la variabilité des os, de leur courbure et des fractures auxquelles nous sommes confrontés, la stabilité obtenue au moyen de cette technique d'alignement est souvent insuffisante, nécessitant le recours à des fixations complémentaires. Bien que la vulgarisation de l'enclouage centromédullaire et du cerclage comme techniques de réparation des fractures soit liée à leur simplicité, il est cependant nécessaire d'en connaître les principes de base si l'on veut en conserver l'efficacité (Duhautois ; 2000).

A. Techniques chirurgicales :

a) Enclouage unique (simple) :

Il s'agit de mettre un seul tuteur dans le canal médullaire (Fossum et al ; 2007)

Selon Stoloff ;1988, l'enclouage centromédullaire unique peut être réalisé par :

- Une technique normo- grade (non sanglante) :

Une incision est faite en dedans du grand trochanter. Par la fosse trochantérique, on enfonce une broche dans le fémur jusqu'à ce qu'il fasse saillie des 0,5 à 1 cm dans le foyer de fracture. L'about supérieur est dirigé vers l'avant et vers le dehors et on oriente l'about inférieur de façon à pouvoir en foncer la broche, celle-ci est solidement ancrée dans l'about inférieur.

- Une technique rétrograde (sanglante) :

On étend la hanche et on porte l'about supérieur en adduction. La broche est enfoncée par voie rétrograde pour ressortir par la fosse trochantérique. L'extrémité distale de l'about supérieur doit être portée en arrière pour éviter que la broche n'atteigne le nerf sciatique. On fixe une poignée-mandrin sur l'extrémité supérieure de la broche et on tire la broche vers le haut jusqu'à ce qu'elle affleure le trait de fracture.

On réduit la fracture et on enfonce la broche dans l'about inférieur, le long de sa corticale postérieure pour l'ancrer dans l'os spongieux.

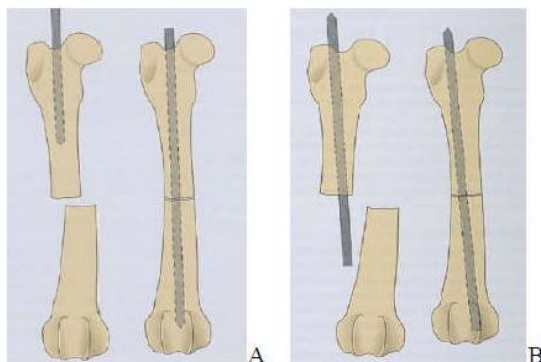


Figure N°27 : Technique d'application de l'enclouage centromédullaire simple. (A) technique normograde ;(B) technique rétrograde (Fossum et al ; 2007).

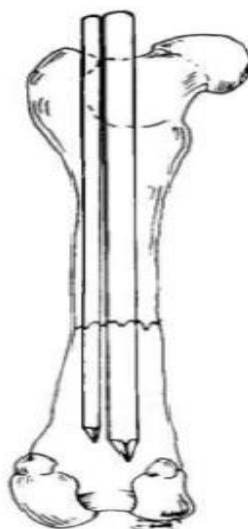
b) Enclouage de Kuntscher :

Réalisé par une broche de Kuntscher, préconisés sur les fractures de la diaphyse fémorale, elles permettent une meilleure stabilité en flexion et en rotation et une plus grande perméabilité de la revascularisation médullaire favorisant. On enfonce la broche en force au maillet après avoir introduit temporairement de façon rétrograde une fine broche-guide dans la cavité médullaire avec un alésage du point d'entrée (Léonard ;1974).

c) Enclouage fasciculé :

L'enclouage fasciculé est une ostéosynthèse qui consiste à introduire dans le canal médullaire de l'os deux broches ou plus, en vue d'obtenir la réduction, la contention et la stabilité de la fracture.

Il ne s'emploie que sur l'humérus et le fémur. En théorie cette méthode a l'avantage d'apporter une meilleure stabilité en rotation et plus de points de contact osseux (Duhautois ;2000).

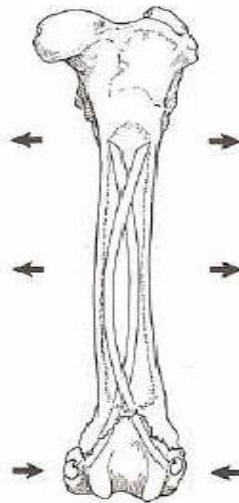


FigureN°28 : Enclouage fasciculé (Chaffee ;1983).

d) Enclouage de Rush :

Cette technique économique permet une meilleure stabilité que le brochage en croix (DeYoung et Probst ; 1993).

Il permet aux implants flexibles d'entrer en contact avec trois points de la corticale interne (proximal, moyen et distal). Les clous doivent avoir deux tiers à trois quarts de la longueur de l'os fracturé. Ils sont courbés selon deux plans au cours de leur introduction. Il est indiqué dans les fractures épiphysaires et métaphysaires des os longs (fémur surtout, humérus, tibia) (Wolff ;1975).



FigureN°29 : Enclouage de Rush (Deyoung et Probst ;1993).

e) Enclouage en croix :

La mise en place de petites broches placées en croix depuis les condyles fémoraux vers les corticales du fragment proximal permet de neutraliser les forces de traction et de rotation ainsi que la flexion et le cisaillement qui s'exercent au niveau du site de fracture (Deyoung et Probst ;1993).

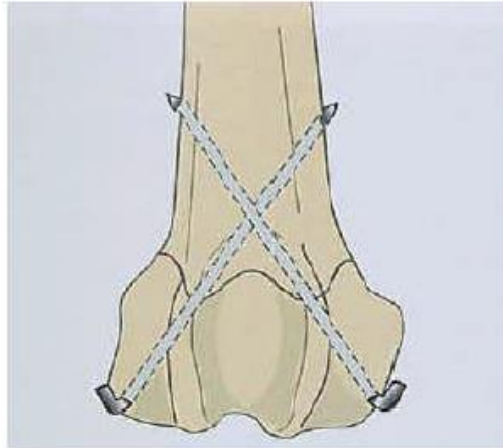


Figure N°30 : Enclouage en croix (Fossum et al ; 2007).

f) Enclouage verrouillé :

Il consiste à utilisation d'un clou perforé à ses deux extrémités d'orifices permettant le Passage de vis qui solidarisent intimement l'implant à l'os fracturé. Cette technique neutralise Totalement les contraintes de rotation et de compression qui persistent dans l'enclouage centromédullaire classique par clou de Steinmann. En augmentant ainsi la stabilité du foyer fracturaire, le verrouillage permet par conséquent d'élargir les indications de l'enclouage centromédullaire d'alignement aux cas de fractures diaphysaires du fémur, du tibia ou de l'humérus (Fossum et al ; 2007).

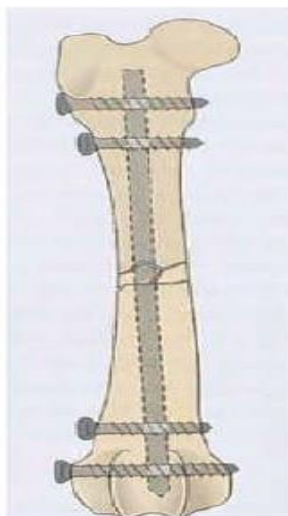


Figure N°31 : Enclouage verrouillé (Fossum et ;2007).

1.2.2.3. Les plaques vissées :

La plaque vissée est très certainement la technique de choix pour le traitement des fractures et surtout les fractures diaphysaires du fémur. Elle autorise un repris de l'appui exceptionnellement précoce et constitue la technique à employer de préférence pour traiter une fracture fémorale sur des animaux de grande taille (Piermettei et al ; 2006).

Elle sera appliquée sur la face latérale de l'os (face de tension), mais pourra, dans certains cas, être posée sur la face crânial, si la conformation de la fracture l'impose. La nécessité de placer au moins deux vis (idéalement trois) de part et d'autre du foyer rend obligatoire un abord large, lequel ne pose guère de difficultés sur le fémur.

Le principe est de contenir l'os au moyen d'un tuteur métallique placé à la surface périostée du cortex. Ce tuteur est une plaque percée de trous, solidarisée à l'os par l'intermédiaire de vis ancrées dans les deux corticales (Chancrin ;1993).

Les plaques peuvent avoir plusieurs rôles selon le mode de placement. Elles peuvent avoir une fonction de soutien lors de perte de substance osseuse, de neutralisation en neutralisant les contraintes s'exerçant sur une vis de traction, ou encore de mise en compression du foyer de fracture.

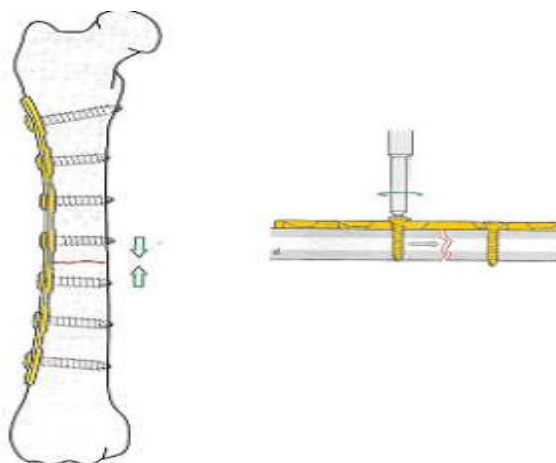
La plaque permet un retour rapide à une fonction locomotrice optimale du membre atteint. En revanche, sa mise en place nécessite un abord osseux plus large que lors de la pose d'autres implants ce qui entraîne nécessairement une dévascularisation plus importante du foyer de fracture et des conséquences sur la cicatrisation (Deyoung et Probst ;1993)

Les plaques peuvent être de trois types selon leur fonction (Brinker et al ;1994) :

- **Plaque vissée utilisée en compression :**

Une plaque posée en compression a pour but de comprimer les fragments entre eux, Cette action en compression résulte de La mise en tension de la plaque en raison de l'architecture particulière des estrouset des têtes de vis, d'un effet de hauban lorsque la plaque est posée sur la face en tension de l'os et de la répartition harmonieuse des forces par la réalisation d'une précontrainte d'implant

Dans ces conditions, l'os supporte la grande majorité des contraintes mécaniques aux quelles il est soumis lors de la mise en charge et la plaque est très peu sollicitée. Les plaques D.C.P. ont été conçues pour cette utilisation (Koch ; 2005).



FigureN°32 : Plaque utilisée en compression (Koch ; 2005)

- **Plaque vissée utilisée en neutralisation :**

La plaque est fixée à l'os afin de neutraliser ou surmonter les forces auxquelles l'os fracturé peut être soumis au cours du processus de cicatrisation. Elle est simplement posée au contact de l'os et joue principalement un rôle de tuteur. La mise en compression des fragments osseux est réalisée par des vis de traction. La plaque et la colonne osseuse ainsi reconstituées se répartissent alors les contraintes liées à la mise en charge du foyer de fracture (Koch ; 2005).

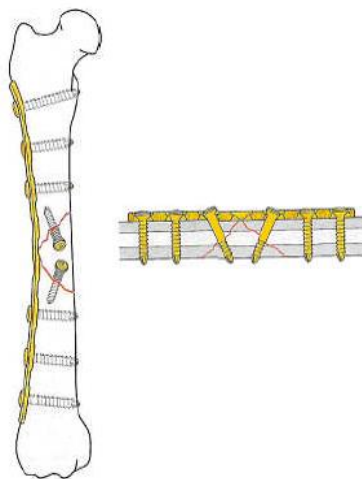


Figure N°33 : Plaque utilisée en neutralisation (Koch ;2005).

- **Plaques de soutien :**

La plaque est utilisée pour soutenir un fragment osseux et maintenir ainsi une longueur et une orientation fonctionnelle convenables. Elle peut aussi être prise en considération pour soutenir ou franchir le foyer de fracture et maintenir la longueur de l'os (Koch ; 2005).

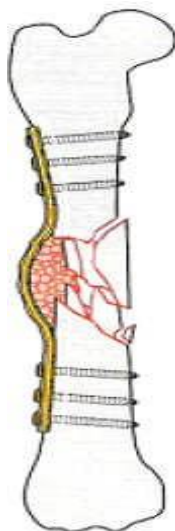
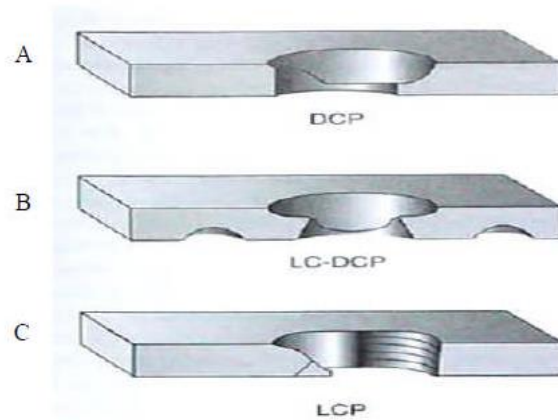


Figure N°34 : Fracture comminutive stabilisée par une plaque en soutien (Koch ;2005).

Selon la configuration du trou de la plaque, on distingue : plaque LC-DCP et des plaque LCP (Fossum et al ; 2007).



FigureN°35 : Sections des trous de la plaque (Fossum et al ;2007).

(A) DCP, (B).LC-DCP et (C)LCP.

Une plaque longue est beaucoup plus efficace qu'une plaque courte pour neutraliser les forces aux quelles l'os fracturé peut être soumis. Dans la plupart des cas, l'idéal est d'utiliser une plaque d'une longueur juste inférieure à celle de l'os.

La figure N°35 représente les tailles de plaque recommandées. Comme le nombre de trous de vis est directement proportionnel à la longueur de la plaque, il faut plus de vis pour les plaques les plus longues (Piermettei et2006)

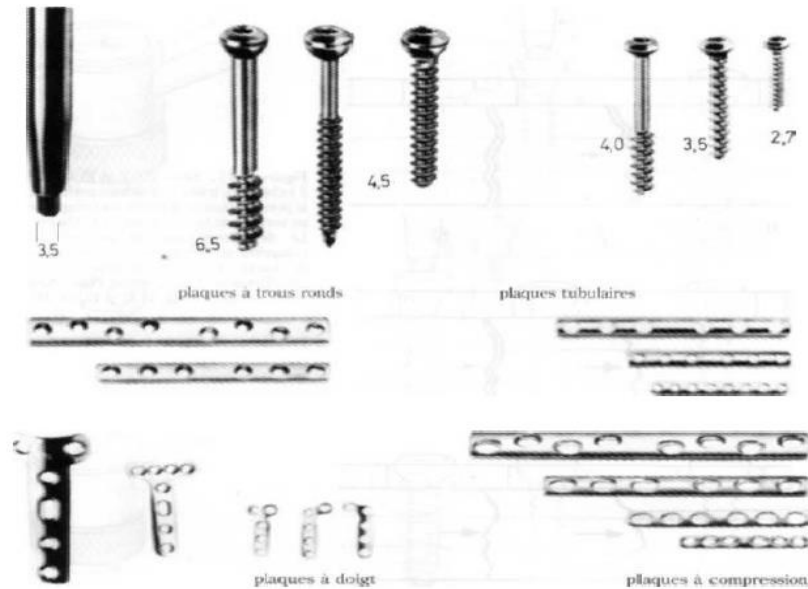


Figure N°36: Plaques et vis à os (Piermettei et al ; 2006).

1.2.2.4. Les haubans :

La technique de l'haubanage consiste en l'application d'un fil chirurgical métallique formant une figure en « 8 ». Ce hauban est rarement utilisé seul et est le plus souvent associé à des broches de soutien. Cette technique permet d'éliminer les forces en traction et de les transformer en force de compression (Gemmail et al ; 2004).

1.2.2.5. Les vis osseuses :

Ils sont de deux types, corticales et spongieuses, elles sont utilisées pour l'immobilisation initiale de certaines fractures, pour la compression inter fragmentaire, comme aide à la réduction et pour l'immobilisation complémentaire (Brinker et al ; 1994)

PARTIE EXPERIMENTALE

PARTIE EXPERIMENTALE

1. Présentation du Cas Clinique

Nous allons illustrer au travers d'un cas clinique de fracture du fémur chez un chien, une Ostéosynthèse d'alignement.

Le cas est celui d'un chien berger belge Malinois de 3 ans, pesant 32 kg, présenté en consultation au service de chirurgie de l'institut vétérinaire de TIARET, (date de:07 /01/2024), pour une boiterie de soutien. Son état général est légèrement dégradé, mais surtout il présente une volumineuse tuméfaction de la cuisse droite associée à une mobilité anormale de l'extrémité distale du fémur. (Photo 1)

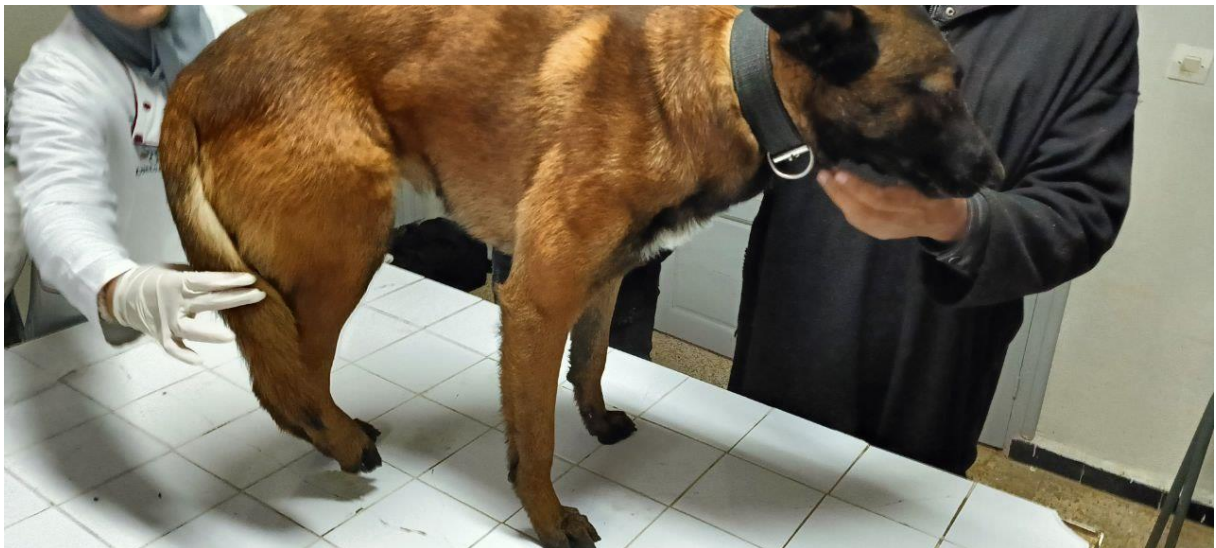


Photo 1 : absence de l'appui sur le membre membre postérieur droit

On détecte également la présence d'une plaie circulaire de petit diamètre sur la face latérale de la cuisse. Le chien tient difficilement debout. L'auscultation révèle :

- Une tachycardie (150 battement/mn) sans trouble du rythme,
- La fréquence respiratoire est élevée (42 mouvements par minute)
- Les muqueuses sont rosées.

Nous sommes donc en présence d'une fracture par un accident suite à une chute libre d'une bâtisse de deux étages.

PARTIE EXPERIMENTALE

L'examen neurologique des membres postérieurs ne met en évidence aucune anomalie

Un bilan hématologique et biochimique est effectué, il ne montre pas de modifications notables. Nous attribuons la tachypnée et la difficulté de la station debout à la douleur.

Le patient reçoit alors une injection de Dexaméthasone IV (AZIUM.ND) à (1 mg/kg) à visée analgésique, et une antibiothérapie à base de Pénicilline-Streptomycine IM à la posologie de 4 mg/kg pendant 5 jours.

La plaie de petite taille est soigneusement désinfectée et irriguée avant d'être recouverte par un pansement antiseptique. L'intervention chirurgicale est envisagée la semaine prochaine (date de : 11/01/2024).

2. Evaluation et préparation pré-anesthésique :

2.1. Recueil de commémoratif :

- **Anamnèse :**

Le bilan d'inspection porte sur sous traction d'appui

- **Conditions éventuelles de la fracture:**

Traumatique

- **Symptômes cliniques :**

- Comminution médio-diaphysaire du fémur
- Signe d'une fracture du fémur, cette dernière est repérée par palpation et appréciation de la profondeur de la trochlée fémorale à travers la peau.
- Stade : Clinique **ASAT 2**

PARTIE EXPERIMENTALE

2.2. Examen général :

- Absence de lésions non apparentes (atteint viscères).
- Appréciation d'une éventuelle insuffisance respiratoire (RAS)
- Présence d'une plaie cutanée associée au traumatisme.
- Absence des lésions vasculaires ou neurologiques.

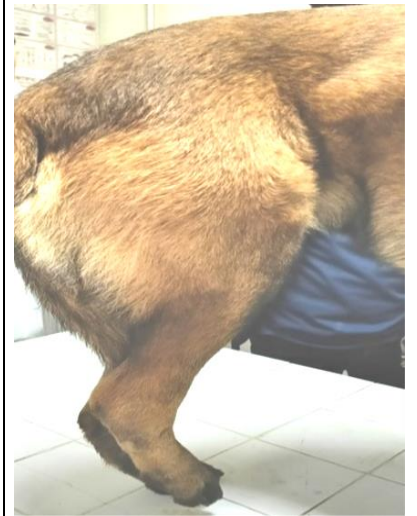


Photo 2 : examen du membre postérieur droit

2.3. Examen clinique rapproché :

- Température : 37,8
- Fréquence cardiaque : 120b/min ;
- À Palpation du membre postérieur droit on trouve des crépitations ;
- Hématome important au niveau de la cuisse.

2.4. Diagnostic clinique :

- Boiterie de degré V avec suppression total d'appui.

2.5. Examen complémentaire :

- **Cliché radiologique** : Deux vues ; l'une sous l'incidence latéro-latérale et l'autre sous l'incidence médiale, réalisés sur l'animal vigile.

La suspicion de fracture est confirmée qui montre une forte comminution médio-diaphysaire du fémur. (**Photo 3**).

PARTIE EXPERIMENTALE

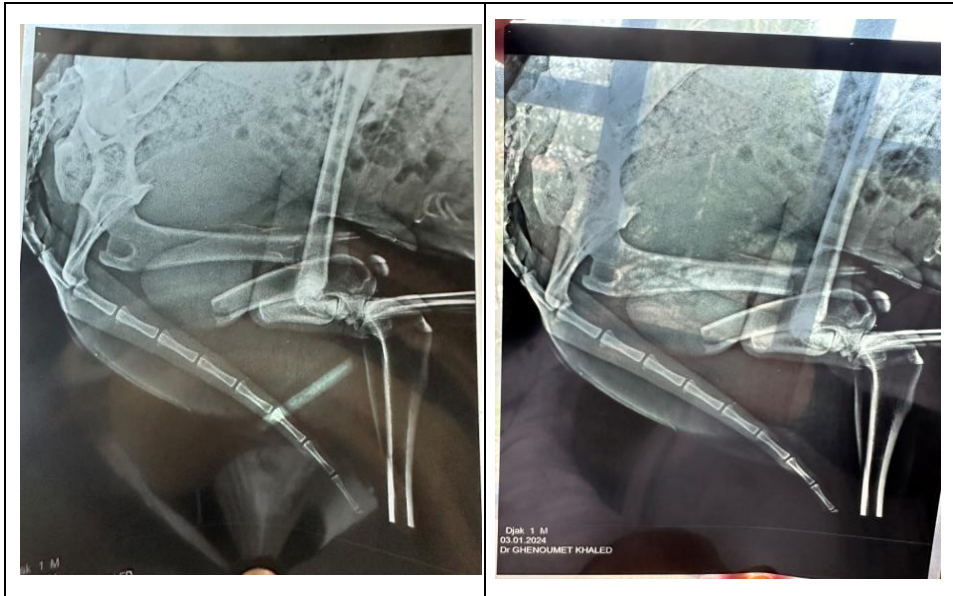


Photo 3 : Aspect radiologique de la fracture. Incidence médio-latérale.

3. Préparation pour l'intervention chirurgicale :

3.1. Préparation du matos :



Photo 4 : Matos après stérilisation



Photo 5 : Aspirateur

PARTIE EXPERIMENTALE



Photo 6 : Produits de sédation.



Photo 7 : Préparation des produits anesthésiants.

3.2. Décontamination de la zone opératoire :



Photo 8 : Tonte et action mécanique du lavage



Photo 9 : Action antiseptique (Bétadine).

PARTIE EXPERIMENTALE

3.3. Anesthésie :

- Deux heures avant l'intervention, le chien reçoit 0,1 mg/kg d'acépromazine (Prozil fort N.D) par voie intra-musculaire.
- Après une dernière évaluation clinique de l'animal, on met en œuvre une antibioprévention à base de Pénicilline-Stréptomycine IM à la posologie de 4 mg/kg.
- L'anesthésie est induite avec 10 mg/kg de Zoletil (Virbac, France) par voie veineuse.



Photo 10 : Anesthésie épidurale.



Photo 11 : Mise en place d'un cathéter.

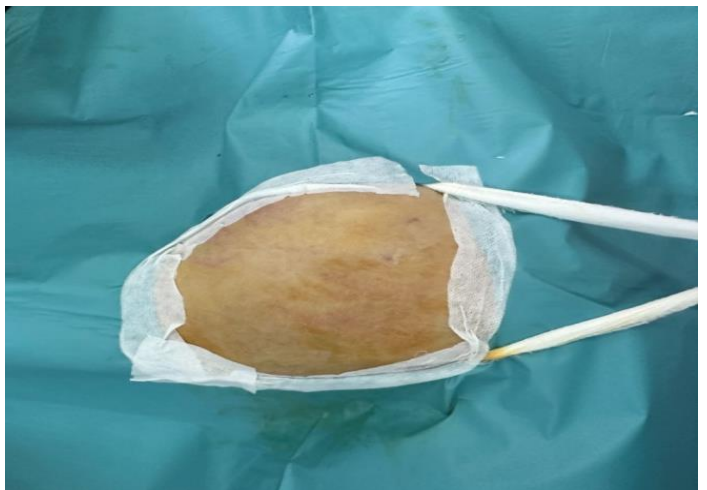


Photo 12 : Mise en place d'un champ opératoire.

PARTIE EXPERIMENTALE

- Le chien a reçu une dose de xylazine 2% (Xylazine 2%).
- Il est ensuite placé en décubitus latéral droit (côté de la fracture), et préparée pour une anesthésie péridurale. Une injection de 5 ml de Lidocaïne 2% dans l'espace péridural entre la sixième et la septième vertèbre lombaire est ensuite effectuée.

4. Phase opératoire :



Photo 13 : Incision longitudinale sur la peau. L'abord chirurgical évite le foyer de fracture ; seules sont abordées la métaphyse proximale et la métaphyse distale du fémur.



Photo 14 : Repère latéral du feuillet superficiel du fascia LATA qui se prolonge distalement par le fascia jambier et le feuillet superficiel s'insère crânialement sur le bord crânial du muscle vaste latéral qu'il recouvre et caudalement sur le bord crânial du muscle biceps fémoral.

PARTIE EXPERIMENTALE

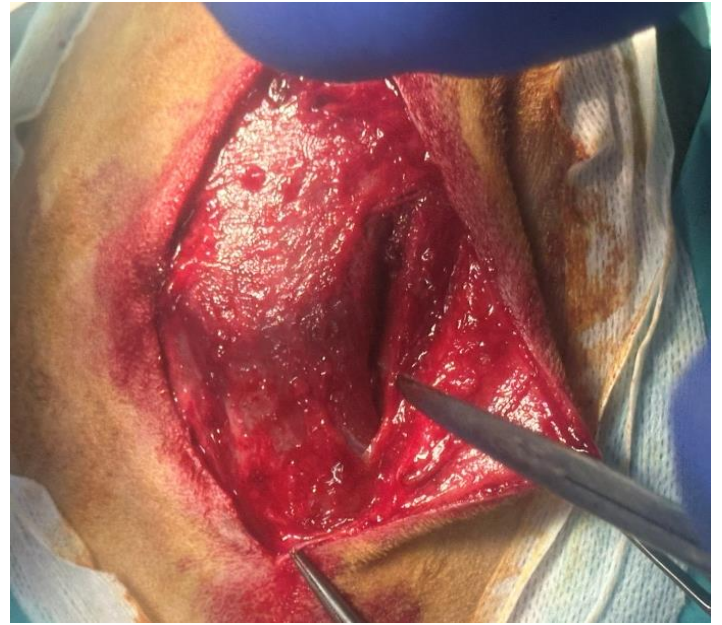
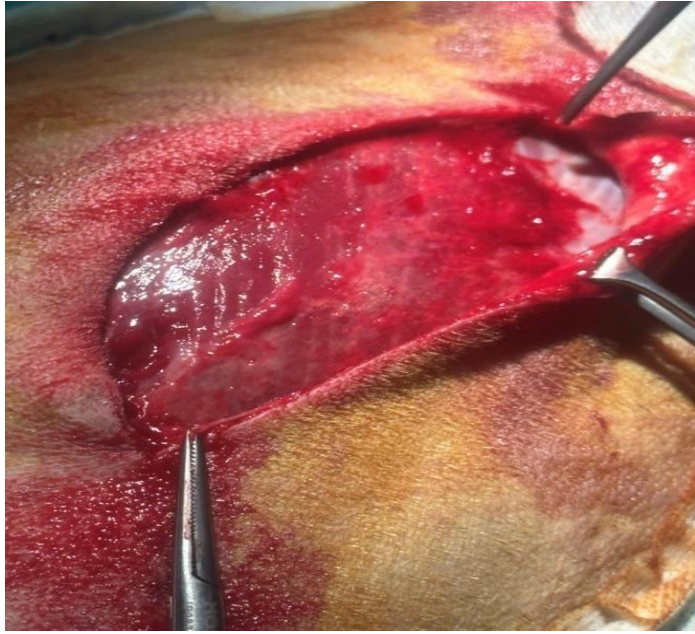


photo 15: Feuillet profond visible une fois que le feuillet superficiel du fascia LATA est incisé, plonge entre le corps charnu du muscle vaste latéral et le biceps fémoral vers la diaphyse fémoral

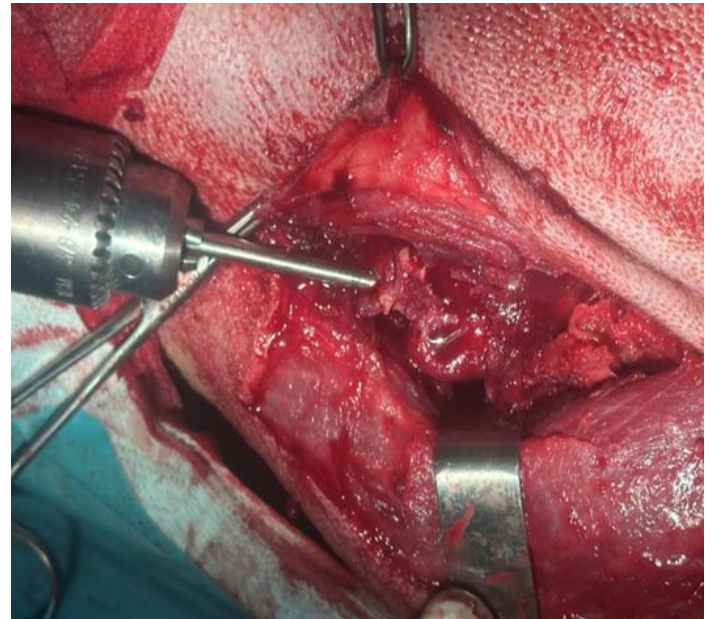
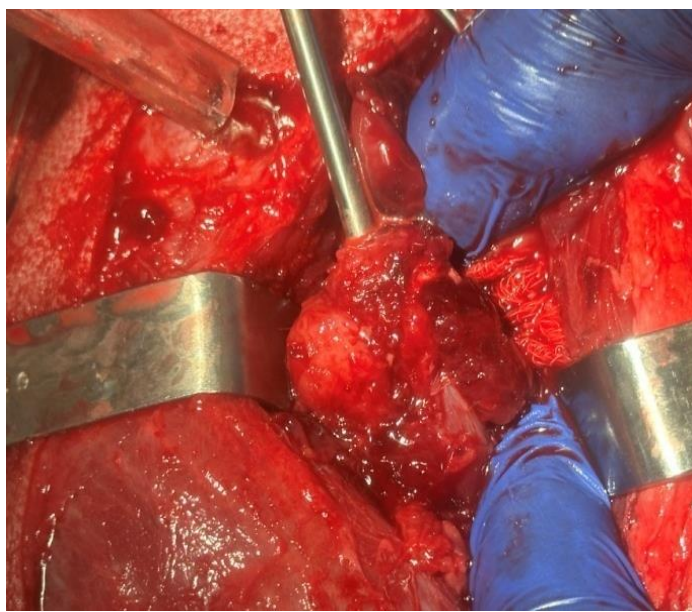


Photo 16 : repérage deux abouts fracturaires afin de procéder à la mise en place de l'alignement par enclouage centromédullaire

PARTIE EXPERIMENTALE

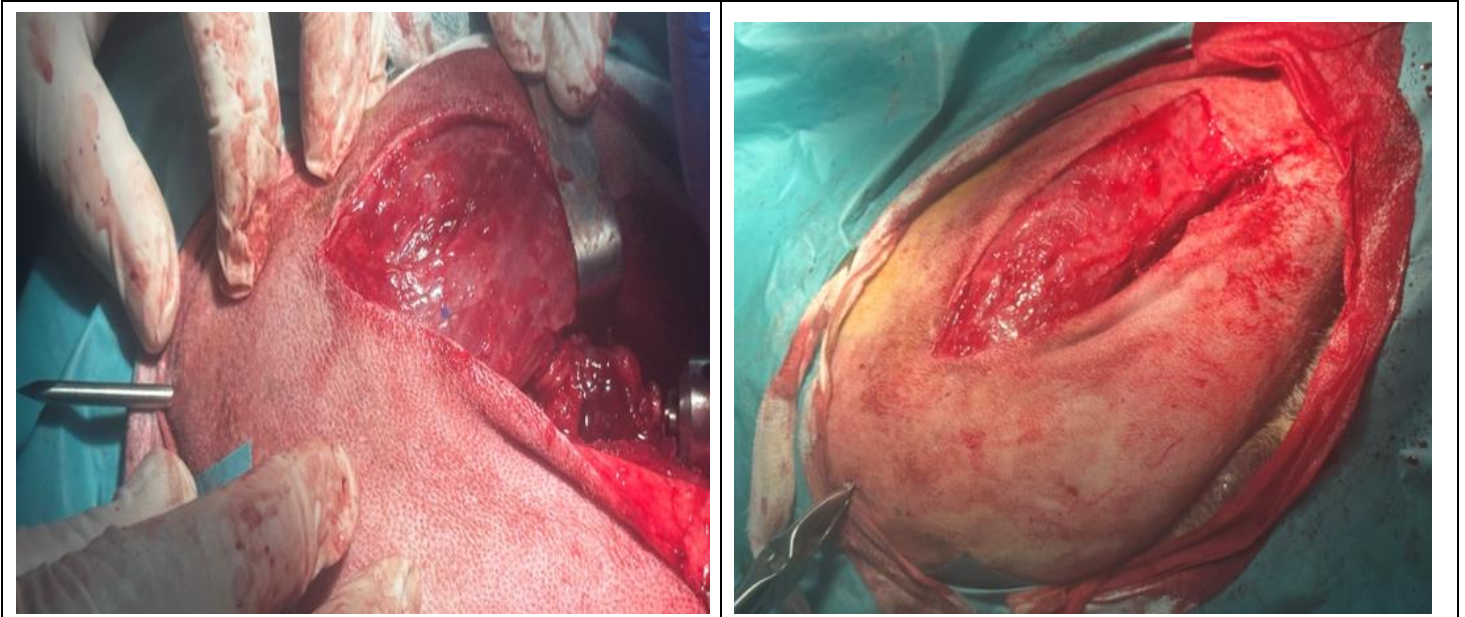


Photo 17 : enclouage rétrograde centromédullaire par l'utilisation de clou de Steinmann ce dernier est insère a travers la peau dans le tissu sous-jacents au sommet du grand trochanter et travers la cavité médullaire une fois dans l'axe de l'os le fragment osseux est maintenu avec un davier pour éviter une rotation au cour de l'insertion du clou

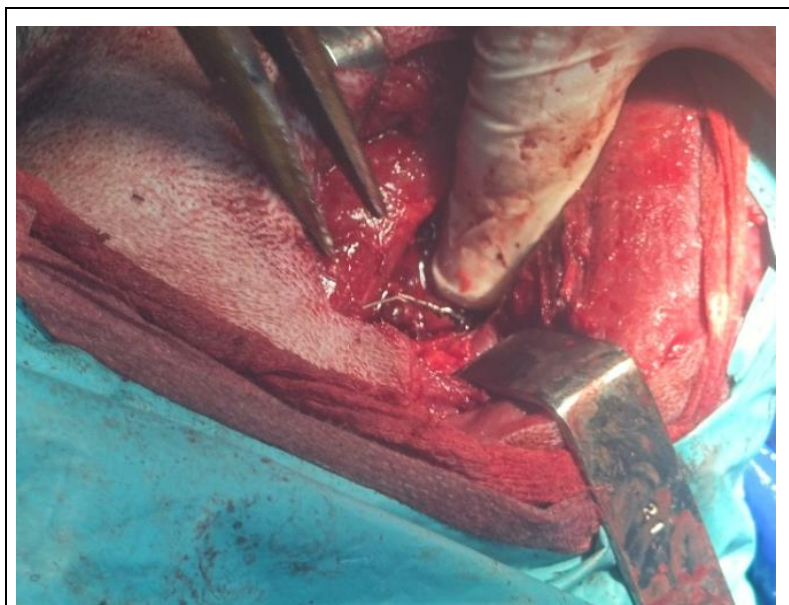


Photo 18 : Cerclage par un fil métallique

PARTIE EXPERIMENTALE



Photo 19 : Suture du fascia LATA sur le bord crânial du muscle biceps fémoral.



Photo 20 : Surjet avec point d'arrêt sur la peau

PARTIE EXPERIMENTALE



Photo 21 : Mise en place d'une attelle avec un pansement de Robert Johns.



Photo 22 : Fixation par un plâtre de résine.



Photo 23 (a) : Aspect radiologique de la fracture. Incidence médio-latérale

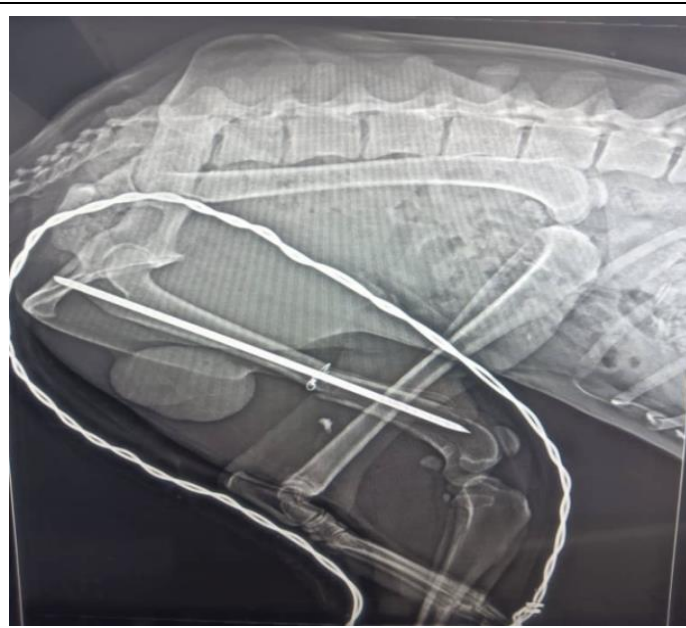


Photo 23 (b) : Cliché Radio 3 jours après l'intervention

5. Suivi postopératoire :

Le chien est réexaminé 3 jours après l'intervention. Il se déplace sans difficulté sur trois pattes, et s'appuie fréquemment sur son membre opéré. Localement, on peut constater que la tuméfaction de la cuisse a régressé.

On a conseillé le propriétaire d'équiper son chien d'une collerette car il va chercher à lécher la plaie sur le membre postérieur atteint.

Au huitième jour, les points cutanés sont retirés suite au léchage par le non port d'un carcan par le propriétaire.

Localement, on ne note aucune anomalie. Le chien se déplace normalement avec son montage.

Le premier contrôle radiographique est réalisé trois semaines après l'intervention. Il montre très peu de différences par rapport au cliché postopératoire immédiat.

PARTIE EXPERIMENTALE

L'observation attentive des marges du foyer de fracture montre un cal en début de minéralisation.

. Localement on note encore une légère amyotrophie, mais la locomotion est pratiquement normale. La mobilisation de la hanche et du grasset est non douloureuse et sans réduction d'amplitude.

Il est décidé de libérer le chien dans une terrasse et de la faire marcher pendant 45 à 60 minutes par jour pendant un mois à l'issue duquel l'animal pourra être libéré sans surveillance particulière. **(Photo 24)**



Photo24 : le chien dans une terrasse pour de la faire marcher pendant 45 à 60 minutes par jour

Trois mois après l'intervention, le chien est revu en contrôle. Aucune boiterie n'est perceptible. L'examen radiographique réalisé permet de constater :

- Le cal de fracture est remanié et se densifie.
- L'esquille en position transverse se déminéralise progressivement.
- Aucune image d'ostéolyse péri-implantaire n'est présente.
- Une légère amyotrophie de la cuisse.
- Une esquille restée en position transverse est palpable à la face médiale de la cuisse. **(Photo 25)**

PARTIE EXPERIMENTALE

- Au plan radiologique, des modifications importantes sont relevées :
 - Un cal bien développé est en train de ponter le foyer de fracture.
 - Consolidation légèrement décalée des deux bouts fracturaires.

Il est décidé de procéder à une immobilisation par un bandage plâtré et les consignes de confinement sont renouvelées jusqu'à l'examen radiographique suivant.

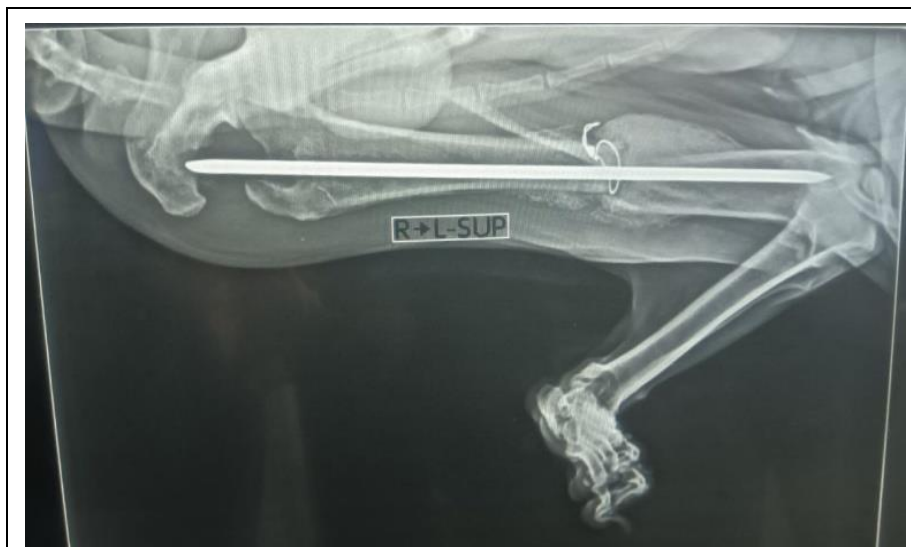


Photo 25 : Cliché Radio 3 mois après l'intervention.

Consolidation légèrement décalée des deux bouts fracturaires.

6. Discussion :

6.1. Analyse De La Fracture Et Stratégie Thérapeutique :

L'aspect radiographique de cette fracture du fémur montre clairement que l'obtention d'une réduction anatomique et d'une cicatrisation osseuse première intention (Perprimam) est impossible à obtenir.

De plus, le raccourcissement du segment et le chevauchement des abouts fracturaires apparaissent nettement sur les clichés.

Les zones où la diaphyse est capable de supporter la fixation d'un dispositif orthopédique sont limitées aux tiers proximal et distal du fémur.

Enfin il faut prendre en compte les lésions traumatiques des tissus mous environnants. Dans ces conditions, l'ostéosynthèse dite "d'alignement" est une solution intéressante pour traiter cette fracture (ARON D et al, 1995) (HEITEMEYER U et al, 1985) (VANRIET Y et al, 1997).

Cette méthode de traitement des fractures, dérivant d'une technique également appliquée aux fractures du jeune, justifie que le chirurgien respecte certains principes élémentaires (HEITEMEYER U et al, 1985) :

- Ne pas aborder le foyer de fracture, réduire à foyer fermé
- Réaligner les abouts osseux proximal et distal
- Rétablir la longueur du segment fracturé
- Ne pas modifier l'orientation naturelle des plans articulaires.

Le fait de ne pas aborder chirurgicalement le foyer évite de le traumatiser une fois de plus, de l'exposer à la contamination aéroportée et à la dessiccation (WHITEHAIR J et al, 1995).

PARTIE EXPERIMENTALE

De plus, il a été établi que, 48 heures après la constitution d'une fracture, la multiplication des cellules ostéogéniques (en provenance du périoste essentiellement) est maximale au sein de l'hématome fracturaire (IWAKI A et al, 1997) et que leur activité de synthèse va être intense pendant les cinq jours suivants (ARO H et al, 1989) (LANE J et al, 1986).

Le traumatisme chirurgical est donc susceptible d'affecter considérablement les mécanismes d'ostéogénèse à venir, et de retarder la cicatrisation osseuse par deuxième intention.

Les autres règles appliquées à l'ostéosynthèse d'alignement visent à rétablir la géométrie initiale du segment osseux pour conserver à l'os qui va cicatriser et aux articulations adjacentes toute leur fonctionnalité.

Ces principes ont été suivis pour le traitement de cette fracture du fémur comprenant deux abords distincts, et une agression du foyer de fracture limitée au passage de la broche entre le site fracturaire.

Les clichés radiographiques permettent de vérifier qu'effectivement la longueur du segment est rétablie, les abouts proximal et distal sont alignés, le grasset est correctement orienté et l'antéversion de la tête et du col du fémur est physiologique

6.2. Choix Des Implants Et Du Montage :

Ce volet du traitement doit être également raisonné. Le choix du matériel utilisé doit tenir compte de la fracture, de sa localisation et de sa "morphologie", mais également de contraintes d'ordre anatomiques et mécaniques (ARO H et al, 1989).

Le fémur est fait de telle manière que les forces auxquelles il est soumis ne s'exercent pas de façon axiale sur la diaphyse. L'appui sur l'articulation de la hanche déjetée médialement crée un couple de force tendant à provoquer une flexion médiale de la diaphyse fémorale.

PARTIE EXPERIMENTALE

Compte tenu de la disparition totale de la continuité de la diaphyse, le matériel d'ostéosynthèse qui sera mis en place va être à vocation de soutien et devoir supporter les mêmes contraintes.

L'emploi des fixateurs hémifixants (type FESSAND ou Ortho fix ND) appliqués sur la face latérale a été rapidement écarté car le chien supporte mal des fixateurs externes mono latéraux à ancrages multiples sur le fémur (CHANCRIN J, 1997).

Il fallait donc choisir une technique de fixation interne, soit une plaque vissée, soit un enclouage centromédullaire. Le choix d'un enclouage centromédullaire nous a paru plus adapté dans la mesure où sa mise en place est peu traumatisante et sa position définitive va permettre une ostéosynthèse rigide qu'avec une plaque visée.

Il faut reconnaître que ce point de vue peut être discuté dans le cas des fractures qui sont ouvertes et potentiellement infectées (WISS D et al, 1991).

Le suivi radiologique tend à confirmer notre impression d'avoir peu agressé le foyer de fracture puisqu'un cal était présent dès le vingtième jour et qu'il pontait la lésion à trente jours.

Nous avons signalé que la plaque "de soutien" n'est pas en mesure de produire la rigidité que procure l'enclouage dans la même situation (DUELAND R et al, 1996).

Le rôle de ce fixateur était de supporter une partie des efforts de flexion imposée à l'ensemble du montage (McPHERRON M et al, 1992) et de "protéger" ainsi l'ostéosynthèse par plaque pendant l'installation du cal.

Le suivi radiologique a montré que cette fonction de protection avait été remplie par l'hémi fixation puisqu'à trente jours, des signes de lyse osseuse péri-implantaire témoignaient de la charge supportée par cette technique (alors qu'aucune anomalie radiologique concernant la broche n'était décelable

CONCLUSION

L'enclouage centro-médullaire à l'avantage d'assurer une stabilité aussi bien en flexion qu'en rotation ou en torsion.

En revanche sa mise en place nécessite de faire attention aux détails techniques. Parmi les complications fréquentes :

- Le clou peut se retrouver bloqué dans le canal médullaire ou fendre l'os.
- Des traits de fractures longitudinaux déjà présents peuvent s'ouvrir.
- Lors de clou de diamètre trop petit, une instabilité résiduelle peut persister.
- Lors de la fracture oblique longue du fémur après un abord fémoral latéral le clou est enfoncé dans l'about proximal, la fracture est réduite et maintenue en position au moyen de daviers auto statiques et le clou est enfoncé dans l'about distale dans les fractures oblique longues on place des cerclages à intervalle d'environ un centimètre après consolidation clique on retire le clou et en laisse en place les cerclages.

Le membre doit être immobilisé pendant la période de convalescence, il est conseillé d'encourager la rééducation fonctionnelle à l'issus de cette période et le pronostic est bon.

REFERENCES
BIBLIOGRAPHIQUE

BIBLIOGRAPHIQUE

1. ADAM SBAUMC. BOUDGHENEF, BOYERB, CHATELJ.F, DACHERJ.N, DORMONT D, GANDONY, GRENIERN, HELENONO, KRAUSED, LEFOURNIERJ.F, MEDERY, MENUD, REVELR. Et RYMER (2010)

Collège des enseignants de radiologie, Elsevier, Masson, France, P 1.

2. AHO A.J. (1966) Electron microscopic and histological observations on fracture repair in young and old rats, Acta Pathol Microbiol, Scand, 184, P1-95

3. ANDREJ.M., CATALAM, MOREREJ.J, ESCUDIÈRE, KATSANISG et POIRIERJ (2008)

Histologie, service d'histologie-embryologie, Faculté de médecine, Pierre et Marie Curie

4. ARO H., WIPPERMANN B, HODGSON S. et CHAO E: Prediction of properties of fracture callus by measurement of mineral density using micro-bone densitometry. J. Bone Joint Surg., 1989, 71-A, 1020-1028, P68.

5. ARON D., PALMER R. et JOHNSON A.: Biologic strategies and a balanced concept for repair of highly comminuted long bone fractures. Compendium Cont. Ed. 1995, 17, (1), 35-49

6. AUTEFAGEA. (1992) Consolidation des fractures, encyclopédie vétérinaire, Paris, Orthopédie, 3100, P1-8.

7. BARET O. et BENAÏM D. (2008) Pathologie de l'appareil locomoteur du chien et du chat, éditions MED'COM

8. BARONE R. (2010) Anatomie comparée mammifères domestiques, tome 1, ostéologie, 5^{ème} édition, Vigot frères éditeurs Paris, P641.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUE

- 9.** BASSETT C.A. et HERRMANN I. (1961) Influence of oxygen concentration and mechanical factors on differentiation of connective tissues invitro, Nature, 190, P460- 461
- 10.** BEAMER B, HETTRICH C. et LANE J. (2010) Vascular Endothelial Growth Factor: An essential component of angiogenesis and fracture healing, 6(1), P85-94.
- 11.** BOLZW, DIETZO, SHLEITERH, TENSCHERR et SCHLAAFFS. (1976) retraitées
Pathologie chirurgicale spéciale vétérinaire, tomell, éditions vigot frères, P733-734
- 12.** BRINKER W.O. HOHN R.B. et PRIEUR W.D. (1984) Manuel of internal fixation in small animals, Berlin, Springer Verlag, P 289.
- 13.** CHAFFEE V.W. (1983) Stack pin technique in the humerus and femur In: Bojrab MJ ed Current techniques in small animal surgery.2nd edition, Phila de phia,Lea et Febiger, P734- 737.
- 14.** CHANCRIN J.L. (1992) Anatomie et physiologie de l'os, encyclopédie vétérinaire, éditions Elsevier, Paris, (2800), P1-8.
- 15.** CHEN D, ZHAO M. et MUNDY G.R. (2004) Bone morphogenetic proteins Growth Factors, 22, 4, P233-241.
- 16.** CLAES L., ECKERT-HÜBNER K. et AUGAT T. (2002) The effect of mechanical stability on local vascularization and tissue differentiation in callus healing.J. Orthop. Res.20, P1099- 1105
- 17.** CLAES L, RECKNAGEL Set IGNATIUS A. (2012) Biomechanics, Center of musculoskeletal research institute of orthopedic research, 8, P133.
- 18.** COCHRANP.E.(2011) Veterinary Anatomy and physiology, 2nd edition, Delmar, P111.
- 19.** COFREND. (2012) Radio graphie numérique : Description et guide d'utilisation, édition Lexitis, Paris, P7

20. DADOUNEJ.P, HADJISKYP, SIFFROIJ.P et VENDRELYE. (1990) Histologie, Flammarion

Médecine-sciences, Paris, P87-121.

21. D.N.et PALMERR.H. (1995) Biologic strategies and abalanced conceptforre pair of highly comminuted long bone fractures, Commend Contin EducPract Vet,17, P35-49.

22. DENNYH.B et BUTTER WORTHS.J.(2000) A guide to canine and feline orthopedic surgery, 4ème edition, Oxford Black well Science, P 3-13

23. DEYOUNGD.J et PROBST C.W. (1993) Methods of internal fracturein Text book of small animal surgery.2nd edition Philadelphia: WB Saunders, P1610-1640

24. DICKSONK, KATZMANS, DELGADOE et CONTRERASD. (1994) Delayed union sand

Non unions of open tibia fractures. Correlation with arteriography results. Clin Orthopedic Relate Res. (302), P189-193

25. DIMITRIOUR, JONESE, MCGONAGLED et GIANNOUDISP.V.(2011). Bone Regeneration: current concept stands future directions. BMC Med, P9-6

26. DOUGLAS S.W.et WILLIAMSON H. D (1969) Principes de radiographie vétérinaire P94- 124

27. DUHAUTOIS B. (1993) L'enclouage verrouillé en chirurgie vétérinaire de la conception aux premiers cas cliniques Prat. Med. Chir. Anim. Comp.28, P657-683.

28. EGGERL.E.(1998) External skeletal fixation, In: Bojrab M.J. (ed): Current techniques in small animal surgery, 4th edition. Williams et Wilkins, P 941.

29. FERONP. (2000) Vade-mecum de l'évaluation médico-légale, DEBOECK Université, Paris, P351.

30. FOSSUMT.W, HEDLUNDC.S, HULSED, JOHNSONA.N, SEIMH.B, WILLARDM.D. Et CARROLLG.L.(2007) Small animal surgery,3nd Edition

- 31.** FOSSUMW.T, HEDLUNDC.S, HULSED.A, JOHNSONA.N, SEIMH.B, WILLARDM.D.
Et CARROLLG.L.(2000) Small animal surgery, Edition Mosby, INC,P569-610
- 32.** GARTNERL.P.et HIATT J.L. (1997) Atlas en couleur d'histologie , Pradel , Paris,P397
- 33.** GENEVOIS J.P. (1995) Principes généraux du traitement des fractures, encyclopédie vétérinaire, Paris, OMORAILLON R , LEGEAY Y. et BOUSSARIE D. (2007) Dictionnaire pratique de thérapeutique Chien, Chat et NAC, 6ème édition. Masson, P 271-272.
- 34.** GRIFFON D.J. (2005) Fracture Healing. In: A.O. Principles of fracture management in the dog and cat. A.O. Publishing, Switzer land, p 75 89
- 35.** HEITEMEYER U. et HIERHOLZER G: Bridging osteosynthesis in closed compound fractures of the femur shaft. Aktuelle Traumatol. 1985, 15, (5), 205-209.
- 36.** IWAKI A., JINGUSHI S. ODA Y., IZUMI T, SHIDA J, TSUNEYOSHI M. et SUGIOKA Y.: Localization and quantification of proliferating cells during rat fracture repair: detection of proliferating cell nuclear antigen by immunochemistry. J. Bone Miner. Res., 1997, 12, 96-102.
- 35.** KAHN C.M., LINE S. et AILLO S.E. (2008) Le manuel vétérinaire Merck, 3ème Edition. MERCK CO Inc., P 973
- 36.** KEALY J.K. et ALLISTER MC.H. (2005) Radiographie et échographie du chien et du chat, édition MED'COM Elsevier, New York, USA, P1-299
- 37.** KEITAI.TO, STEPHANM et PERRENS. (2007) Principles of Fracture management: Specific fractures, AO publishing, Switzer land, P7-17.
- 38.** KIBBIN MC.B. (1978) The biology of fracture healing in long bones. J. Bone Joint Surg, 60, P150-162
- 39.** KIERSZENBAUMA.L.(2002) Histologie et biologie cellulaire une introduction à l'anatomie pathologique, 1ère édition, Mosby, P119-120.

- 40.** KOCH D. (2005) Screws and plates. In A.O. Principles of fracture management in the dog and cat, A.O. Publishing, Switzerland, P 27-58.
- 41.** LEONARD E.P. (1974) La chirurgie orthopédique du chien et chat, 3^{ème} édition, vigots frères éditeurs, P78 -84
- 42.** MACE Y. (2007) Processus de réparation osseuse : Conséquences sur le délai de mise en contrainte, Service de rééducation et de réadaptation de l'appareil locomoteur, hôpitaux de Paris, P5-13
- 43.** MAILLETM. (1979) Le tissu osseux, éditions Vigot, Paris, P51-68.
- 44.** MAILLET M. et CHIARASINI D. (1979) Collection PCEM Histologie, tome 1, Bréal éditeur, Montrantuil, P 97-121
- 45.** MALIZOSK.N. et PAPTAEODOROUK.K. (2005) The healing potential of the periosteum molecular aspects, Injury, 36, 3, P9-13.
- 46.** McPHERRON M., SCHWARZ P. et HISTAND M: Mechanical evaluation of half-pin (Type 1) external skeletal fixation in combination with a single intramedullary pin. Vet. Surg., 1992, 21, 178-182.
- 47.** MEYNARD J.A. (1993) Fixatures externes encyclopedia veterinaries, Paris, orthopedic 3500, P1-7.
- 48.** MIZUNOK, MINEOK, TACHIBANAT; et al. (1990) The osteo genetic potential of fracture hematoma. Subperiosteal and intramuscular Transplantation of the hematoma, J Bone Joint Surg, 72, 5, P822-829
- 49.** MONNIER J.P. (1982) Généralité dans Abrégé de radiodiagnostic, 2^{ème} édition Masson, Paris, P8.
- 50.** MORAILLON R., LEGEAY Y. et BOUSSARIE D. (2007) Dictionnaire pratique de thérapeutique Chien, Chat et NAC, 6^{ème} édition. Masson, P 271-272.
- 51.** MORGANJ.P, SILVERMANS et ZONTINEWJ. (1981) Techniques en radiologie vétérinaire, éditions du point vétérinaire, Maisons-Alfort, P39-157.

- 52.** NESSM.G.(1998) Manual of small animal fracture repair and management, BSAVA, Shurdington, P311-315
- 53.** PERREN S.M. (1998) Basic Aspects of Internal Fixation. Dans Manual of internal Fixation in Small Animals, 2nd edition edition, Springer, P3-56
- 54.** PIERMATTEID.L.FLOG.L.et DECAMPC.E.(2006) Hand book of small animal orthopedics and fracture repair, 4th Ed, Philadelphia: Saunders, P 25-159.
- 55.** POIRIERJ, RIBADEAUDUMASJ.L, CATALAM, ANDREJ.M.,CHERADI R et BERNAUDIN
J.F (2002) Histologie,2ème édition, Masson, P99
- 56.** RAHN B.A. (1982) Bone healing: histologic and physiologic concept. In Bone in clinical orthopedics, WB Saunders Company, Philadelphia, P335-386
- 57.** RAHN B.A, GALLINARO P, BALTENSBERGER A et al .(1971) Primary bone healing. Anex peri mental study in the rabbit. J Bone Joint Surg Am; 53(4), P783-786
- 58.** RAUHR.L.(2000) Histologie, tissu osseux, éditions De Boeck Université, P15
- 59.** REMEDIOSA. (1999) Bone and bone healing Vet. Clin. North Am. Small Anim.Pract,29 (5), P1029-1043.
- 60.** RONALD et ESSER. (2010) Diagnostic des fractures et principes thérapeutiques, Elsevier, Masson SAS, P1-122.
- 61.** SALTERD. (1995) Pocket companion to Text book of small animal surgery, first edition Philadelphia ,W B Saunders company , P542- 5597.
- 62.** SCHILTZG. (1988) Biomécanique osseuse : bases théoriques et biomécaniques des fractures Point véte, 115, P677-684.
- 63.** TOPPETSV, PASTORETV, DEBEHRV, ANTOINEN, DESSYC et GABRIELA. (2004)

Morphologie, croissance et remaniement du tissu osseux. Ann. Med. Vét,148, P1-13

64. TRIALR, RESCANIERES A. et GARRETAL. (1979) Interprétation radiologique, tome3, Editions Vigo Paris, P18

65. TRUETAJ. (1974) Blood supply and the rate of healing of tibial fractures , Clin Orthop Relat Res, 105, P11-26

66. UNGERM, MONTAVONP.M et HEIMU.F.A.(1990) Introduction and clinical application. Vet. Comp. Orthop Traumatol, 2, P 41-50

67. VANRIET Y: Subfascial plate fixation of comminuted diaphyseal femoral fractures: a report of three cases utilizing biological osteosynthesis. J. Orthop. Trauma., 1997, 11, 57-60.

68. VANRIET Y: Subfascial plate fixation of comminuted diaphyseal femoral fractures: a report of three cases utilizing biological osteosynthesis. J. Orthop. Trauma., 1997, 11, 57-60.

69. VIGUIER E. (2003) Lésions des plaques de croissance chez le chien et le chat, Point vét, 34, P 96-99.

70. WHEATER P.R., YOUNG B. et HEATH J.W. (2000) Histologie fonctionnelle, 4ème édition, De Boeck université, P179

71. Wolff E.F. (1975) Rush pins in veterinary orthopedics. A review. J Am Anim HospAssoc,11, P 756-761.

72. WRAYJ.B.(1964) Acute changes in femoral arterial blood flow after closed tibial fracture in dogs. J Bone Joint. Surg. Am. 46, P 1262-1268.

73. WHITEHAIR J. et VASSEUR P: Fractures of the femur. Vet. Clin. North. Am. Small Anim. Pract., 1992, 22, 149-159.

74. WISS D., BRIEN W. et BECKER V: Interlocking nailing for the treatment of femoral fractures due to gunshot wounds. J. Bone Joint Surg., 1991, 73-A, 598