



Institut des Sciences
Vétérinaires- Blida

Université Saad
Dahlab-Blida 1-



Projet de fin d'études en vue de l'obtention du
Diplôme de Docteur Vétérinaire

Etude de faisabilité et de fiabilité d'un enclouage centromédullaire et d'une plaque d'ostéosynthèse dans le traitement des fractures chez les carnivores.

Présenté par :

-Tazekritt Rima

Soutenu le 26 septembre 2016

Devant le jury :

Président :	Mustapha Djoudi	MAA	ISV BLIDA
Examineur :	Dahmani Hicham	MAA	ISV BLIDA
Promoteur :	Adel Djalel	MAA	ISV BLIDA

Année : 2015/2016

Remerciements :

À Monsieur le Docteur ADEL DJALEL

De l'institut de médecine vétérinaire de Blida,

Qui nous a fait l'honneur d'encadrer et de corriger notre travail,

Pour sa gentillesse, sa disponibilité et ses remarques riches en enseignement,

Qu'il reçoive ici le témoignage de mon admiration et de mon profond respect.

À Monsieur le Docteur Djoudi

Qui nous a fait l'honneur d'accepter la présidence de notre jury de thèse. Hommages respectueux.

À Monsieur Dahmani Hicham

Qui nous a fait l'honneur d'accepter d'être examinateur de notre jury de thèse. Hommages respectueux.

À Monsieur Docteur TOUJINE MALIK, Monsieur Docteur HASSAN Médecin vétérinaire pratiquant à la Wilayas de Mila

Pour leur aide précieuse dans la réalisation de notre étude expérimentale, Qu'ils reçoivent l'expression de ma gratitude et de mes hommages respectueux.

Dédicaces :

Avant tout, c'est grâce ALLAH que je suis arrivée là.

Je dédie ce modeste travail, tout d'abord :

À mes parents,

Pour l'amour infini que vous me portez.

Parce que c'est grâce à vous que j'en suis là aujourd'hui.

Je ne vous remercierai jamais assez pour votre soutien permanent.

J'espère que vous êtes fiers de moi.

Je vous aime.

À Mélissa,

A toi ma princesse, la plus intelligente des petites filles. Je t'aime fort.

À Yasmine,

Pour ton amour inconditionnel et au soutien que tu m'as apportée,

Tout mon amour.

À wassim,

Le meilleur des frangins, pas besoin de long discours tu sais déjà à quel point je t'aime.

À mes grands parents,

Pour tous les moments partagés et pour m'avoir transmis le goût de la nature,

À tous ces merveilleux souvenirs d'enfance à vos côtés, en espérant que vous êtes fiers de votre descendance.

Je vous aime énormément.

À mes oncles et tantes, à mes cousins et cousines,

Que j'aimerais voir plus souvent et qui comptent beaucoup pour moi.

À mes oncles Hacène, Djamel, Hocine, Krimo, Yazid, Nasser merci pour votre amour, merci de m'avoir traité comme une princesse et merci encore pour cette enfance si agréable à vos cotés.

Aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, l'estime, le dévouement et le respect que j'ai toujours eu pour vous.

Je vous aime énormément.

À mes tantes Rbiha, Rachida, Samia et Hayat Vous avez toujours été présentes pour les bons conseils. Votre affection et votre soutien m'ont été d'un grand secours au long de ma vie.

Je vous dédie ce travail avec tous mes vœux de bonheur.

À Bahia, Nassima, kamilia, Selma, Lamri, Aziz, Manel, Anfel, Aya, Khouloud, Rahma, mon petit ange Zakaria, Iman, Sarah, Walid et la princesse Hadjer ainsi que tous mes cousins.

Je vous aime tous.

À tous mes amis (ies),

À Souhila et Karima, pour tous nos rires et moments partagés, Vous avez été une vraie bouffée d'oxygène pendant ces quatre années, je vous aime énormément mes cœurettes.

À toi Sarah pour tout nos fou rire et nos moments partagés merci infiniment pour l'aide que tu m'as apportée ma chérie.

À toi Fatima ma bouffée d'oxygène sur facebook, merci pour ton amitié et ton soutien ainsi que tout ces moments de joie.

Résumé :

Cette étude a apportée deux cas cliniques de fractures qui ont fourni l'opportunité de proposer une stratégie thérapeutique chirurgicale raisonnée et adaptée à chaque situation. C'est au sein des deux cliniques privées à la Wilaya de Dely Brahim et la wilaya de Mila que Les traitements ont été effectués, les différentes étapes des traitements sont décrites et commentées. Une ostéosynthèse dite « d'alignement » a été réalisée par un enclouage centromédullaire pour le cas de la fracture diaphysaire fémorale chez le chat et une association plaque vissée et enclouage centromédullaire pour le cas de la fracture du radius ulna chez le chien. Dans cette étude nous avons pu constater que la récupération fonctionnelle de l'os dépend de la technique d'immobilisation et le choix du matériel d'ostéosynthèse.

Mots-clés : cliniques privées- ostéosynthèse - alignement – plaques visées – enclouage centromédullaire – immobilisation.

Summary :

This study brought two clinical cases of fractures which provided opportunity of proposing a surgical therapeutic strategy reasoned and adapted to each situation. It is within the two private clinics in city of Dely Brahim and city of Mila that treatments have been carried out, the various stages of the treatments are described and commented on.

An osteosynthesis known as “of alignment” was carried out by an intramedullary nailing in the case of the femoral shaft fracture in cat and an association of plates screwed and intramedullary nailing in the case of the fracture of the radius ulna in the dog. In this study we could note that the functional recovery of the bone depends on the immobilization technique and choice of osteosynthesis material.

Keywords: private clinics – Osteosynthesis - alignment - plates screwed – intramedullary nailing - immobilization.

ملخص:

جلبت هذه الدراسة حالتين سريريّتين للكسور التي وفرتا فرصة لتقديم إستراتيجية علاجية جراحية عقلانية تتناسب مع كل حالة. ضمن كل من العيادتين الخاصتين في كل من ولاية دالي إبراهيم وولاية ميله قدمت العلاجات مع وصف المراحل المختلفة من العلاج ومناقشتها. وقد أجزى تثبيت طرفي العظم بطريقة "التوافق" من قبل تسمير داخل النقي في حالة كسر رمح الفخذ عند القط. و تم الجمع بين طريقة اللوحة المثبتة و طريقة التسمير داخل نقي العظام في حالة الكسر في عظم الكعبرة والزند عند الكلب. من خلال هذه الدراسة استنتجنا أن الاسترجاع الوظيفي للعظام يعتمد على تقنية التثبيت و اختيار المواد لتثبيت طرفي العظم.

الكلمات الرئيسية : العيادتين الخاصتين - تثبيت طرفي العظم- تقنية التوافق- لوحة التثبيت- تسمير داخل نخاع العظام- تقنية التثبيت.

Sommaire :

Liste des tableaux	I
Liste des figures	II
Liste des photos.....	III
Introduction.....	1

Première partie : étude bibliographique :

Chapitre I : Anatomie et physiologie osseuse

I- Anatomie de l'os	3
I-1- Anatomie macroscopique.....	3
II- Physiologie osseuse.	
II-1- Fonctions du système osseux.....	3
II-2- Structure macroscopique	4
II-2-1- Le tissu osseux	5
a) Constituant	5
b) Structure.....	6
II-2-2- Le périoste.....	6
a) Définition.....	6
b) Composition.....	6
II-2-3- Tissu cartilagineux.....	7
II-2-4- La moelle osseuse	9
II-2-5- Les vaisseaux et les nerfs	10

III-	Formation et croissance de l'os	11
IV-	Anatomie et physiologie des articulations	12
IV-1-	Classification des articulations	13
V-	Conclusion.....	14

Chapitre II : Les affections osseuses

I-	Introduction	16
II-	Classification des affections orthopédiques	16
II-1-	Affections osseuses	16
II-2-	Affections articulaires non inflammatoires.....	17
II-3-	Affections articulaires inflammatoires	17
a)	Origine infectieuse.....	18
b)	Origine non infectieuse.....	18
II-4-	Affections articulaires tumorales	18
II-5-	Affections articulaires traumatiques.....	19
a)	Luxation.....	19
b)	Fracture	19
c)	Instabilité.....	19
III-	Cicatrisation osseuse	20
III-1-	Evolution histologique	20
A-	Phase inflammatoire	21
B-	Phase de réparation.....	22
C-	Phase de remodelage	25
III-2-	Les différents types de cal.....	26
III-3-	La cicatrisation par première intention.....	27
a)	Intérêts de la recherche d'une cicatrisation par première intention	27
b)	Désavantages et risques associés à la recherche de la cicatrisation par première intention.....	27
III-4-	La cicatrisation par seconde intention.....	28
IV-	Les facteurs conditionnant la Cicatrisation osseuse	29
IV-1-	Ouverture : contamination / infection du foyer	29

IV-2- Stabilité de la fracture	30
IV-3- Réduction foyer ouvert ou fermé	31
IV-4- L'âge	31
IV-5- Comminution	31
IV-6- Déplacement.....	32
IV-7- Qualité de la réduction	32
V- Les fractures.....	33
V-1- Biomécaniques des fractures.....	33
V-2- Classification des fractures	34
V-3- Les causes des fractures	37
V-3-1- Généralités sur le diagnostic des fractures	38
A- Diagnostic.....	38
A. 1. Commémoratifs	38
A. 2. L'évaluation clinique de l'altération de la marche	39
a. Examen clinique	39
a. 1. Examen clinique à distance.....	39
a. 2. Examen manuel : palpation et tests articulaires.....	40
B. Examen neurologique.....	41

Deuxième partie : étude expérimentale :

I. Objectif.....	43
II. Matériels et méthodes	43
III. Résultats	44
IV. Discussions	61
IV. Conclusion	65

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Images radiographiques lors de cicatrisation osseuse normale par seconde intention. L'imagerie médicale du chat et du chien au service du praticien © 2013, Elsevier Masson SAS..... 28

Tableau 2: Classification des différents types de fracture d'après (LAUNOIS T, 2012) 36

LISTE DES FIGURES :

Figure1: Schéma des différentes cellules osseuses d'après (GIBSON LJ, 1982)	1
Figure 2 : Cartilage élastique avec ses grandes cellules et les fibres élastiques qui les entourent (coupe de l'épiglotte de chien), audilab.bmed.mcgill.ca . Atlas d'histologie en microscopie optique.....	8
Figure 3 : Cartilage hyalin avec des amas de cellules noyés dans une masse de fibres de collagènes. www.isto.ucl.ac.be	8
Figure 4: Fibrocartilage avec des sections des faisceaux de fibres collagènes, www.unifr.ch ..	9
Figure 5: Réseau artériel d'un os long d'après long (COLLARD, 2002)	11
Figure 6: Réseau veineux d'un d'après (COLLARD, 2002)	11
Figure 7: Ossification périostique d'un os long d'après http://raf.dessins.free.fr/	12
Figure 8 : schéma représentant les différents constituants d'une articulation mobile	13
Figure 9 : D'après (Johnson et al., 2005), Cicatrisation osseuse par seconde intention	21
Figure 10 : D'après (Woodard et Riser 1991), aspect de la zone fracturaire une à deux semaine après le traumatisme. Le tissu de granulation a remplacé l'hématome et une vascularisation extra-osseuse s'est mise en place	24
Figure 11 : D'après (Woodard et Riser 1991), aspect du foyer fracturaire 3 à 4 semaines après le traumatisme. Un tissu osseux immature s'est constitué à la périphérie de fragments osseux formant le début du cal osseux périphérique. Des ilots cartilagineux se sont développés au sein du foyer fracturaire. Une résorption de l'os nécrosé des extrémités osseuses est en cours.....	24

Figure 12 : D'après la loi de Wolff, au cours du remodelage, le cal inutile est résorbé alors que les zones sollicitées mécaniquement sont renforcées	25
Figure 13 : Structure histologique d'un cal de fracture (d'après Beale, 2007)	26
Figure 14 : Forces appliquées aux os longs et morphologie des fractures correspondantes d'après (LAUNOIS T, 2012)	33
Figure 15 : D'après (Fossum et al., 2013) Représentation des différents types de fracture (exemple d'un fémur). A) transverse, B) oblique longue, C) spiroïde, D) esquilleuse, E) comminutive. En ce qui concerne les fractures longitudinales, elles se produisent rarement sauf au niveau des os du carpe et du tarse.....	35

Liste des photos :

Photo 1: Fracture ancienne de l'aile iliaque gauche et du fémur droit chez un chat.

En l'absence de stabilisation des fractures, un cal osseux exubérant s'est développé (voir la petite flèche). L'imagerie médicale du chat et du chien au service du praticien © 2013, Elsevier Masson SAS..... 30

- Les photos incluses dans la partie expérimentale sont des photos personnelles :

Photo 2 : Aspect radiologique de la fracture. Incidence médio-latérale. La flèche indique une fracture fémorale de type oblique longue 45

Photo 3 : Aspect radiographique de la fracture. Incidence médio-latérale. La petite flèche est un séquestre, la grande flèche est un enclouage centromédullaire associé à une plaque d'ostéosynthèse 47

Photo 4 : face latérale du membre pelvien droit..... 50

Photo 5: positionnement : les champs sont disposés de façon à ce qu'ils recouvrent le membre symétrique ainsi que le corps du patient 50

Photo 6 : incision de la peau et le tissu sous-cutané 51

Photo 7 : insertion de la broche centromédullaire montrée par voie rétrograde (en direction de la flèche) 53

Photo 8: L'enclouage poussé et ancré dans l'os spongieux épiphysaire distal 54

Photo 9 : Solidarisation de la broche centromédullaire par les fils de cerclages indiqués par les flèches 55

Photo 10 : Suture du tendon et du muscle fessier superficiel par des points en U 56

Photo 11 : Suture du plan cutané par des points simples séparés..... 56

Photo 12: Mise en place d'un plâtre autour du membre opéré..... 57

Photo 13 : positionnement des champs opératoires sur toute la circonférence du membre..... 58

Photo 14 : Les vis retirées à l'aide d'un tournevis muni d'un système de préhension 59

Photo 15 : les vices se trouvent loin du bord court et de la plaque et du segment osseux, la flèche indique la plaque vissée 59

Photo 16 : Application d'un bandage et retrait de l'enclouage centromédullaire..... 60

Photo 17 : Aspect radiographique de la fracture 14 jours après la chirurgie réparatrice, Incidence médio-latérale 61

Introduction :

De même que le sculpteur qui travaille sa pièce artisanale doit parfaitement connaître la nature du matériel sur lequel il travaille avant qu'il puisse espérer une belle réussite en son art, l'orthopédiste doit se familiariser avec les caractères du " matériel brut " dont il va s'occuper et certainement avec les détails de sa technique chirurgicale. Le but essentiel du chirurgien en orthopédie vétérinaire a toujours été la réparation de l'appareil osseux considéré comme essentiel à la locomotion, et plus particulièrement dans le sens de ce qu'il doit faire à la suite d'une fracture ou d'une luxation.

En médecine canine, les fractures représentent les motifs de consultation les plus fréquents dont Les fractures du radius et/ou de l'ulna représentent 17 à 18% de l'ensemble des fractures du chien (Phillips IR, 1979). Cette étude va s'intéresser au traitement chirurgical des fractures chez le chien et le chat notamment celles concernant les membres pelviens et thoraciques. C'est vraisemblablement la correction de l'immobilisation qui est le plus important dans le traitement des fractures, et comme c'est l'interdiction aussi complète que possible des déplacements de l'os qui est la condition d'une bonne réparation, on doit se poser la question suivante à chaque fois qu'on choisit une méthode de fixation : « Cette méthode va-t-elle permettre d'immobiliser la fracture ? ». Cependant, la méthode de choix devra faire appel aux moyens les plus simples et qui garantissent la rigidité de l'immobilisation.

Dans l'éventail des fractures rencontrées chez les carnivores domestiques, il en est certaines auxquelles on peut adapter la ou les techniques d'ostéosynthèse utilisées dans le but de réaliser un compromis offrant les meilleurs conditions de cicatrisation et de récupération fonctionnelles. Nous allons pouvoir illustrer cette approche dans notre travail au travers deux cas cliniques de fracture de l'appareil locomoteur chez les carnivores.

Chapitre I.

Anatomie et physiologie

Osseuse

I- Anatomie de l'os :

L'os est un tissu vivant qui constitue le squelette supportant le corps et qui s'adapte à toute une série de situations très diverses au sein du corps et de ses annexes. Loin d'être une substance inerte, l'os est une substance qui évolue et change constamment et qui a une importance vitale dans le support des positions et de la locomotion de l'animal. Dont il se distingue essentiellement parce qu'il est dur.

I-1- Anatomie macroscopique

Nous savons que l'on distingue des os longs, des os plats et des os courts. Ce sont les premiers qui présentent la structure la plus compliquée, ainsi on va aborder l'anatomie des os longs dans notre étude macroscopique.

Les os longs sont composés de trois parties distinctes :

- La **diaphyse**, cylindre de tissu osseux compact dont la partie centrale est creusée par la cavité médullaire qui contient les vaisseaux centromédullaire et la moelle osseuse ;

- Les **métaphyses**, zones de transition entre la diaphyse et les épiphyses, ne sont pas toujours bien délimitées ; elle comporte une fine couche du tissu osseux compact, mais sont principalement composées d'os spongieux ; chez le jeune en croissance, elles sont séparées de l'épiphyse par la plaque de croissance (ou cartilage de conjugaison).

- Les **épiphyses**, ou extrémités des os longs, sont constituées par un abondant tissu spongieux recouvert d'une fine couche de tissu compact supportant le cartilage articulaire.

II- Physiologie osseuse :

II-1- Fonctions du système osseux

Le tissu osseux assure plusieurs fonctions essentielles. Les os ont tout d'abord un rôle mécanique. Le squelette, de part sa structure rigide, sert de support aux tissus mous et de point d'attache aux tendons. Les contractions des muscles squelettiques agissent en leviers sur les os, ce qui permet la mise en mouvement de l'organisme.

Les os ont également un rôle de protection vis-à-vis de nombreux organes internes, notamment le crâne qui protège l'encéphale et les vertèbres qui protègent la moelle épinière.

D'un point de vue métabolique, L'os se compose de trois éléments constitutifs principaux. Le premier de ces composants est la matrice organique qui est faite de 95% de collagène, de 4% de mucopolysaccharides et 1% de substances qui n'ont pas encore été identifiées. Le collagène qui entre dans la composition de l'os est capable de se calcifier alors que celui qui entre dans la composition des tissus mous en est incapable, mais en dehors de cela ces deux sortes de collagènes sont des matières absolument semblables (Leonard et *al.*, 1974).

Le deuxième composant de l'os ou substance minérale est une hydroxyapatite comprenant environ 38% de calcium, et la faiblesse relative de cette proportion nous incitera par la suite à préférer avec Frost le mot « minéralisation » au mot « calcification ». Le phosphate est l'élément primordial dans le mécanisme de la déposition des sels minéraux. Au cours du processus de l'ossification, la partie minérale de l'os déplace à peu près 88% de l'eau qui est enfermée dans la substance osseuse et dont les liaisons sont fragiles (Leonard et *al.*, 1974).

Le troisième composant de l'os est son eau constitutive, fermement liée à la matrice de l'os et subissant sur place après l'ossification.

Enfin, l'os possède une fonction hématopoïétique. Il contient de la moelle osseuse rouge. Cette dernière produit les globules rouges, les globules blancs et les plaquettes, durant le processus de l'hématopoïèse (formation des cellules sanguines). Il contient également la moelle osseuse jaune, qui est composée d'adipocytes et de quelques cellules sanguines (Leonard et *al.*, 1974).

II-2- Structure macroscopique

Il existe plusieurs types d'os : les os longs (fémur, tibia, humérus), courts (phalanges), plats (sternum, os du crane, scapula) et irréguliers (vertèbres). Cette classification se fait en fonction de leur forme et du type d'os considéré.

Le système osseux est constitué de plusieurs tissus : le tissu osseux, le périoste, le tissu cartilagineux, la moelle osseuse, les vaisseaux et les nerfs. Nous allons décrire ces tissus afin de mieux cerner le processus réparateur présenté ultérieurement.

II-2-1- Le tissu osseux

a) Constituant

La **matrice osseuse minéralisée** : Il s'agit de substance fondamentale mucopolysaccharidique formée principalement d'osséine. Elle constitue la trame organique de l'os et en représente 30%. Les fibres de collagène se trouvent noyées dans cette substance fondamentale. Orientées parallèlement entre elles, elles constituent l'os lamellaire et en deviennent l'armature. La partie minérale représente les 70% restants. Elle confère à l'os sa rigidité et ses fonctions mécaniques, à un rôle homéostatique (Barone R., 1999 ; Evans H. E., 1993 ; Genevois J.-P., 2003).

Les **ostéocytes** dérivent des ostéoblastes (fig.1), cellules conjonctives particulières enfermées dans le tissu osseux qu'elles ont élaboré. Irrégulièrement fusiformes et de petites dimensions, elles possèdent en outre de multiples prolongements cytoplasmiques très fins traversant la substance fondamentale et les unissant entre elles. Ces cellules sont logées individuellement dans des lacunes nommées « ostéoplastes », communiquant entre elles et avec les espaces médullaires (canaux de havers et aréoles du tissu spongieux), et ont un rôle majeur dans l'homéostasie calcique (Evans H. E., 1993).

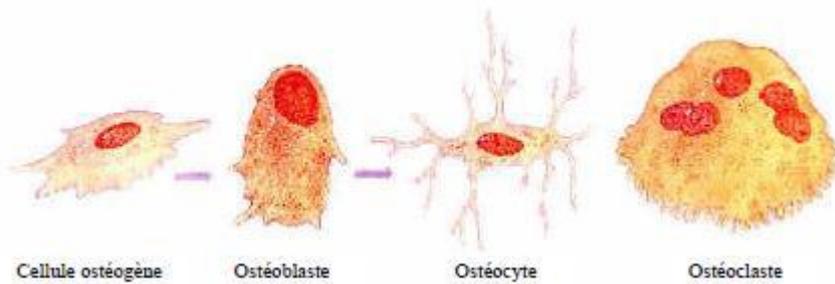


Figure1: Schéma des différentes cellules osseuses d'après (GIBSON LJ, 1982).

b) structure

Du point de vue structure, un os peut appartenir à trois types distincts les uns des autres :

- **L'os compact ou os cortical :**

Il s'agit de l'os dur qui constitue la surface et la charpente extérieure du support de l'os.

- **L'os spongieux :**

A la face interne de l'os cortical est établi une sorte de treillage de substance osseuse, qui porte le nom d'os spongieux. C'est une structure de support que l'on trouve dans tous les os et qui reçoit ses éléments nutritifs directement en provenance de la moelle osseuse.

- **L'os médullaire :**

On distingue parfois sous l'appellation d'os médullaire le tissu conjonctif qui se trouve dans la cavité médullaire ainsi que dans les interstices qui sont comprises dans l'os spongieux.

II-2-2- Le périoste

a) Définition

Le périoste est un ensemble de couches de la périphérie des os longs et des os plats en dehors des surfaces articulaires et qui assure la croissance en épaisseur. On parle de « croissance périostée en largeur ». Autrement défini, le périoste est une membrane fibreuse qui recouvre l'os dans son intégralité, sauf au niveau des cartilages articulaires et des insertions musculaires ou tendineuses (Barone R., 1999 ; Evans H. E., 1993).

b) Composition

La **couche fibreuse** en surface est constituée de tissu conjonctif dense dont les fibres sont entrecroisées avec une orientation générale longitudinale dans les os longs.

La **couche ostéogène** (anciennement, blastème sous-périostal d'Ollier) profonde, est appliquée contre l'os et comporte une sorte de moelle superficielle capable de synthèse osseuse.

De nombreuses fibres perforantes (anciennement appelées, fibres de Sharpey), analogues à celles des attaches tendineuses et ligamenteuses viennent de la couche superficielle pour aller plonger dans la substance osseuse après un trajet arciforme.

La **couche ostéogène** est active et discernable pendant la phase de croissance osseuse, puis devient vestigiale. Elle est transitoirement ostéoclasique en certaines zones afin de maintenir une conformation de l'os en adéquation avec sa fonction.

II-2-3- Tissu cartilagineux

Le cartilage constitue une maquette à partir de laquelle se développe le tissu osseux en se substituant progressivement à elle. Il est dépourvu de vascularisation et est nourri par imbibition. Le tissu cartilagineux comporte une substance fondamentale abondante et souple constituée par un gel de protéoglycanes, des fibres de collagène et des surfaces articulaires, les cartilages sont limités à leur face libre par une très fine membrane conjonctive, le périchondre (Barone R., 1999 ; Evans H. E., 1993 ; Genevois J-P., 2003).

On reconnaît classiquement l'existence de trois types de cartilage dans l'organisme : cartilage élastique, cartilage hyalin et le fibrocartilage.

Le **cartilage élastique** (fig.2) est ainsi dénommé en raison du grand nombre des fibres élastiques qui constituent le canevas entourant les cellules cartilagineuses. Non seulement ces fibres élastiques se caractérisent par leur grande flexibilité, mais encore elles représentent la principale des caractéristiques par lesquelles le cartilage élastique se distingue du cartilage hyalin. C'est ce type de cartilage qu'on rencontre au niveau de l'oreille externe et de l'épiglotte, sans que son intérêt soit particulièrement net du point de vue de l'orthopédiste (Leonard et *al.*, 1974).

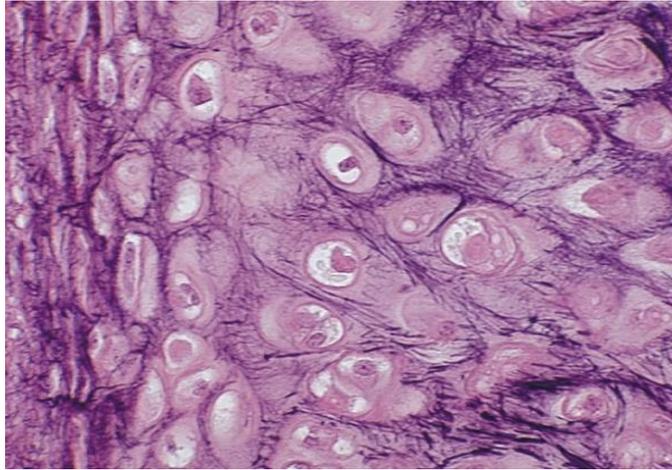


Figure 2 : Cartilage élastique avec ses grandes cellules et les fibres élastiques qui les entourent (coupe de l'épiglotte de chien), audilab.bmed.mcgill.ca ATLAS D'HISTOLOGIE EN MICROSCOPIE OPTIQUE.

Le **cartilage hyalin** (fig.3) est fait de petits amas de cellules cartilagineuses noyés dans une masse homogène de fibres collagènes et d'éléments assurant le rôle d'un ciment qui maintient la solidité de tout cet assemblage. Ce type de cartilage se distribue largement dans tout le corps, et c'est aussi le précurseur de l'os dans le fœtus ainsi que dans l'animal en voie de croissance. La trachée, les cartilages de la région nasale, ceux des côtes et ceux des articulations sont faits de cartilage hyalin (Leonard et *al.*, 1974).

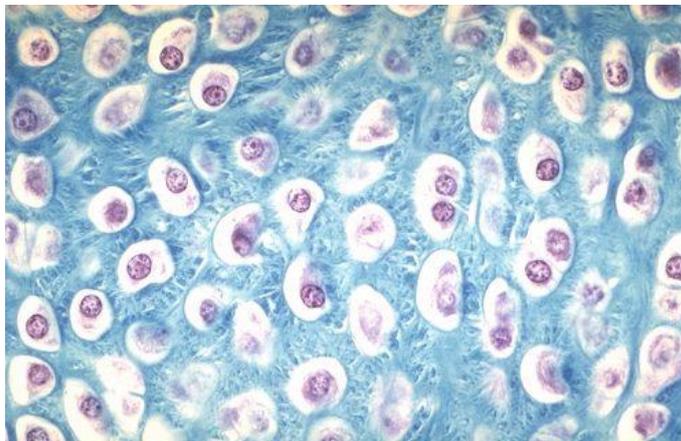


Figure 3 : Cartilage hyalin avec des amas de cellules noyés dans une masse de fibres de collagènes. www.isto.ucl.ac.be.

Le **fibrocartilage** (fig.4) comporte un grand nombre de fibres collagènes qui sont disposées en lignes parallèles aux axes d'effort principal du cartilage et qui lui donnent de ce fait une grande résistance à la tension. C'est ce type de cartilage qu'on retrouve dans la capsule des disques intervertébraux (cartilage annulaire ou annulus fibros), dans les ménisques de

l'articulation du grasset, dans le ligament rond de l'articulation de la hanche, dans la symphyse pubienne et au niveau de l'insertion des tendons. Sa présence au sein d'articulations telles que celle du grasset vise à améliorer le fonctionnement de l'articulation en la rendant plus profonde (Leonard et *al.*, 1974).

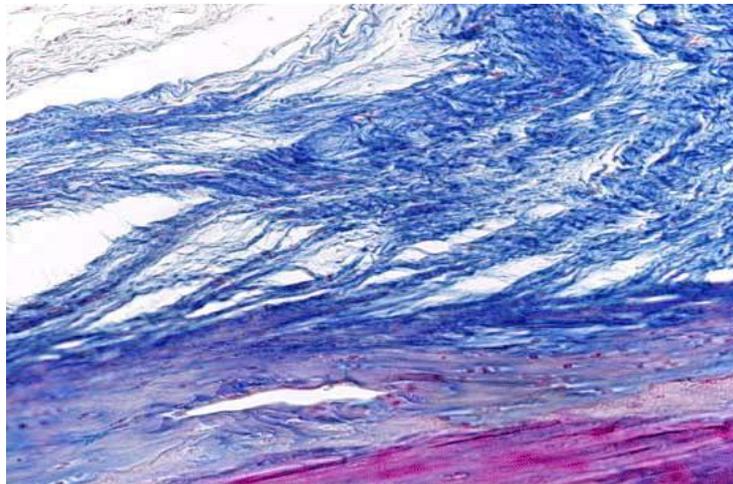


Figure 4: Fibrocartilage avec des sections des faisceaux de fibres collagènes, www.unifr.ch.

II-2-4- La moelle osseuse

C'est un tissu conjonctif délicat, très riche en vaisseaux, constitué de cellules fixes et de cellules mobiles au sein d'un réticulum. Elle baigne dans le tissu osseux au remaniement duquel elle participe activement, et occupe sous diverses formes la cavité médullaire centrale, les canaux des ostéones, les aréoles du tissu spongieux et la couche profonde du périoste (Barone R., Evans H. E., 1993).

On distingue trois types de moelles osseuses :

- **La moelle osseuse rouge** se rencontre dans les os en voie de développement, les corps vertébraux, les os de la base du crâne, le sternum, les côtes. Elle persiste en outre longtemps dans le tissu spongieux des os longs. C'est un tissu conjonctif réticulé à la fonction sanguine importante et qui fabrique les globules rouges. Selon la localisation et la période, elle est principalement hématogène ou ostéogène.
- **La moelle osseuse jaune** se trouve chez l'adulte dans les cavités médullaires des os longs et le tissu spongieux de nombreux os. Elle a perdu sa capacité de fabriquer les globules rouges et est riche en cellules graisseuses.

- La **moelle osseuse grise** en est une variante dépourvue de graisse : elle est molle, gélatineuse, presque liquide et n'apparaît que chez les sujets très âgés ou très maigres.

II-2-5- Les vaisseaux et les nerfs

Une artère principale, dite artère nourricière, pénètre par le foramen nourricier. Elle parcourt le canal nourricier selon un trajet oblique pour atteindre la cavité médullaire et se divise en deux ou plusieurs branches divergentes qui se ramifient finement, se distribuant à la moelle et au tissu spongieux, les plus fins rameaux allant jusqu'aux canaux des ostéones de la substance compacte. Elles s'anastomosent aux subdivisions des autres artères de l'os qui se trouve ainsi baigné d'un réseau vasculaire continu.

Des artères plus petites, épiphysaires et en général multiples pénètrent en divers points des extrémités de l'os et se ramifient dans la substance spongieuse.

Des artères périostales, très petites et nombreuses abordent divers points du périoste sous lequel elles forment un réseau, comme le montre la (fig.5).

Les veines ont généralement un trajet différent des artères, baignant l'os d'un réseau intérieur plus riche encore que celui des artères, réseau drainé dans les os longs par une ou deux petites veines satellites de l'artère nourricière et surtout par des veines plus grosses et multiples qui sortent près des extrémités où elles drainent principalement le tissu spongieux, comme le montre la (fig.6).

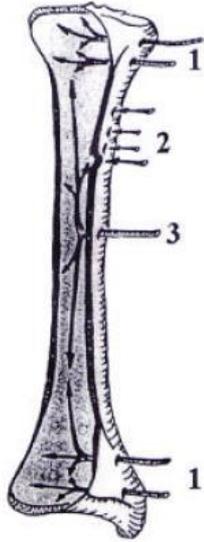


Figure 5: Réseau artériel d'un os long d'après (COLLARD, 2002)

1-Artère épiphyso-métaphysaire;
 2- Artère périostée ; 3- Artère nourricière
 ou centromédullaire.

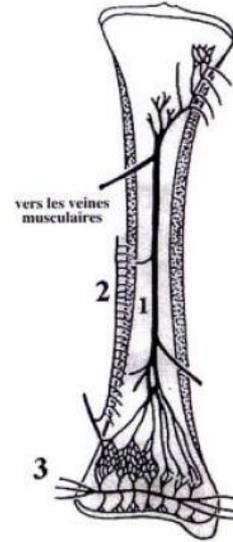


Figure 6: Réseau veineux d'un os long d'après (COLLARD, 2002)

1- Veine centromédullaire ; 2- Veine
 périostée ; 3- Veine épiphyso-
 métaphysaire.

Il n'existe pas de vaisseaux lymphatiques vrais, mais des gaines périvasculaires peuvent en tenir lieu. Le périoste en revanche possède de véritables capillaires lymphatiques.

Les **nerfs** suivent en général les artères, s'ils sont peu nombreux dans le tissu compact, ils sont plus abondant dans le tissu spongieux, et particulièrement riches en région sous-périostale qui possède une sensibilité beaucoup plus grande que le reste de l'os (Barone R., 1999 ; Evans H. E., 1993).

III- Formation et croissance de l'os

Formation de l'os dite ossification est caractérisée par la transformation d'un tissu conjonctif en tissu osseux, phénomène normal ou pathologique (réaction inflammatoire ossifiante) qui se poursuit pendant presque toute la vie (BRINKER et al., 1990).

Le processus de formation de l'os long a pour base un module de cartilage hyalin à partir duquel se développent trois centres d'ossification, l'un au milieu de la diaphyse et les deux

autres au niveau des deux épiphyses. Les cellules cartilagineuses qui entourent ces centres se calcifient et se convertissent en substance osseuse sur une zone qui s'agrandit sans cesse jusqu'à ce que la diaphyse soit complètement ossifiée (Leonard et *al.*, 1974).

La croissance de l'os s'effectue par apposition et résorption, et bien qu'elle continue tout le long de l'existence, elle se ralentit énormément pendant l'âge adulte. Quant à la croissance longitudinale de l'os, elle est en fonction de plaques épiphysaires qui restent en activité pendant toute la période de croissance. Ce phénomène d'ossification est résumé dans la (fig.7).

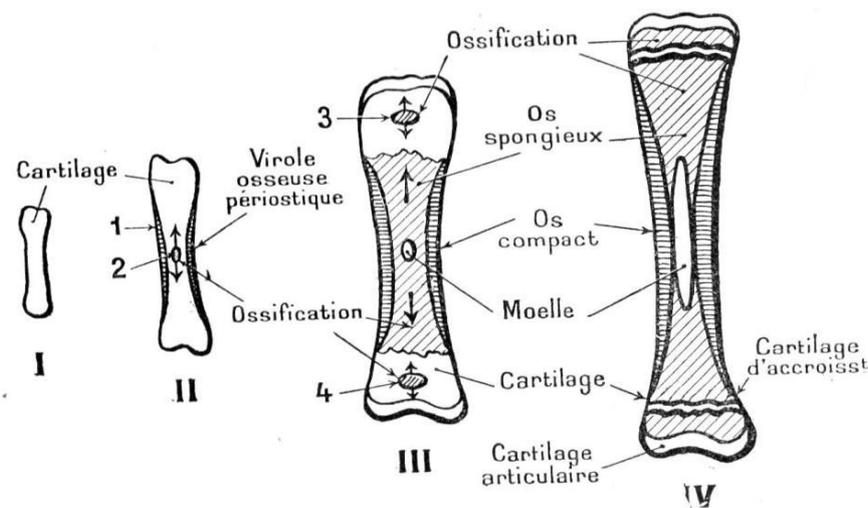


Figure 7: Ossification périostique d'un os long d'après <http://raf.dessins.free.fr/>

IV- Anatomie et physiologie des articulations :

Chez tous les quadrupèdes, la marche met en jeu le système musculo-squelettique dont les articulations ont de graves répercussions sur la locomotion de l'animal. Certe il nous est important de citer certaines notions de base sur l'anatomie et physiologie des articulations.

Le rôle des articulations est d'assurer le meilleur équilibre au corps tant au repos qu'en mouvement. Un diagnostic et un traitement corrects des affections des articulations dépendent d'une connaissance des principes d'anatomie et de physiologie de l'appareil locomoteur (BRINKER et al., 1990).

Anatomiquement les articulations sont des structures complexes comportant une cavité articulaire, une capsule articulaire, du liquide synovial et un cartilage articulaire. La capsule

articulaire comprend une membrane synoviale interne produisant la synovie et une couche fibreuse externe contribuant à la stabilité de l'articulation:

-La membrane synoviale : la membrane synoviale est fortement vascularisée et elle fusionne avec le périoste en se réfléchissant sur l'os, elle recouvre tous les éléments situés à l'intérieur de la cavité articulaire à l'exception du cartilage articulaire et des ménisques. Cette membrane est constituée de synoviocytes qui ont deux fonctions fondamentales, la phagocytose et la production de synovie (BRINKER *et al.*, 1990).

-La synovie : la synovie est un dialysat du sang, auquel les synoviocytes (Gardner E, 1972) ajoutent une mucoprotéine. Son rôle principal est d'assurer une lubrification réduisant les frottements et, par là, l'usure du cartilage articulaire.

-Le cartilage articulaire : les cartilages articulaires absorbent la plus grande partie des chocs et des coups auxquels le squelette est soumis (Freyberg *Rw*, 1967). Leur résistance au choc les atténue et empêche une usure et un raccourcissement des os. Les cartilages permettent aussi des mouvements de glissement des articulations.

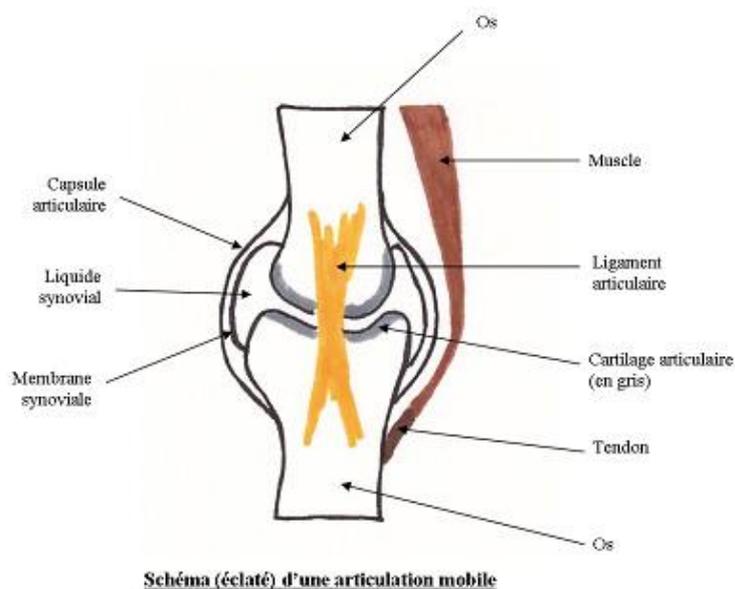


Figure 8 : schéma représentant les différents constituants d'une articulation mobile www.cliniqueveterinairesaintromain.fr.

IV-1- Classification des articulations :

La classification des articulations se résume de la façon suivante. Les affections articulaires atteignent généralement les diarthroses ou jointures synoviales (Brinker et *al.*, 1990) :

- **Articulations ou jointures fibreuses (synarthrose) :** ces articulations sont peu mobiles.
 1. Syndesmoses : Elles comportent un tissu conjonctif d'union très abondant (par exemple, articulations hyoïdiennes) ;
 2. Sutures (par exemple, le crâne) ;
 3. Gomphoses (par exemple, les articulations des dents).

- **Articulations ou jointures cartilagineuses :** ces articulations permettent des mouvements limités de compression et de distension.
 1. Cartilage hyalin (synchondrose) par exemple, articulations chondrocostales, cartilages d'accroissement des os longs des animaux en croissance ;
 2. Fibrocartilage (symphyse) par exemple, symphyse de la mandibule.

- **Articulations ou jointures synoviales (diarthroses) :** ces articulations permettent la mobilité la plus grande.

V- Conclusion :

Pour conclure ce chapitre, nous pouvons dire que l'os est une substance complexe, si l'orthopédiste a bien saisi la complexité et l'originalité de l'os, il augmentera considérablement ses chances de succès dans les manipulations qu'il lui fait subir.

Chapitre II.
Les affections
Osseuses

I- Introduction :

La traumatologie représente une composante importante de l'activité quotidienne des vétérinaires canins. En effet, les animaux de compagnies (chien et chat) paient un lourd tribut aux accidents de la Voie Publique, au pire un fonctionnement anormal des articulations qui peut entraîner de la douleur, des déformations et des troubles fonctionnels de leurs membres.

Dans le travail suivant, nous mettrons en avant dans une première partie la classification des différentes affections orthopédiques, après un rappel de la cicatrisation osseuse avec ces différentes phases. Dans la deuxième partie nous développerons une étude détaillée sur les fractures, motif de réalisation de ce travail.

II- Classification des affections orthopédiques:

Au cours de sa croissance, le chiot est en fait confronté à des maladies spécifiques de la croissance, certaines étant d'origine nutritionnelle. La nutrition qui, dès lors qu'elle devient déséquilibrée, peut favoriser ou induire directement un nombre d'affections spécifiques, celles-ci peut être d'émergence clinique rapide ou différée. Ayant pour origine des carences ou des excès nutritionnels, voire des erreurs dans le mode d'alimentation, ces affections sont essentiellement osseuses ou articulaires qui peuvent être inflammatoires et non inflammatoires, tumorales et traumatiques (Brinker et *al.*, 1990).

II-1- Affections osseuses (anonyme 1) :

- Les tumeurs osseuses :

Les tumeurs osseuses représentent 3 à 4 % de l'ensemble des tumeurs chez le chien. Elles sont le plus souvent cancéreuses (= malignes, développant des métastases)

-L'ostéosarcome :

L'ostéosarcome représente 80 % des tumeurs osseuses du chien. Ce cancer métastase rapidement au niveau pulmonaire et son pronostic est très défavorable.

Il touche davantage les races grandes ou géantes avec une moyenne d'âge de 7 ans. Il se manifeste par une boiterie évolutive. La durée de survie sans traitement est de 1 à 2 mois. En fonction de la localisation de la tumeur et de la taille de l'animal, on peut proposer une amputation du membre : l'espérance de vie est alors de 6 mois.

-Les autres tumeurs osseuses :

Le chondrosarcome représente 10 % des tumeurs osseuses du chien et touche également les chiens de grande race, adultes, au niveau des côtes, du sternum ou du bassin. Il métastase dans 20 % des cas.

Les os peuvent également être le siège de métastases ou de maladie accompagnant les cancers : on rencontre ce phénomène essentiellement dans les tumeurs pulmonaires avec des petits pics osseux qui poussent perpendiculairement à l'os (syndrome de Cadiot Bale). Le pronostic est très défavorable.

II-2- Affections articulaires non inflammatoires (Brinker et al., 1990) :

- Arthrose

Arthrose primaire : c'est une dégénérescence du cartilage des sujets âgés, se produisant sans autre cause connue que l'usure liée au vieillissement.

Arthrose secondaire : elle apparaît sous l'effet d'affections connues atteignant l'articulation et les organes de soutien. C'est sans doute la forme la plus couramment observée chez les petits animaux. La plupart de nos expériences sur l'arthrose se rapporte au chien ; les chats font très rarement de l'arthrose, sauf à la suite de lésions évidentes.

II-3- Affections articulaires inflammatoires (Brinker et al., 1990) :

Les affections articulaires inflammatoires d'origine infectieuse ou immunitaire ne sont pas rares chez les petits animaux sans être fréquentes pour autant. Elles sont caractérisées par une inflammation de la synoviale entraînant des modifications de la synovie. La boiterie est le signe le plus souvent observé. Les symptômes généraux peuvent comprendre de la fièvre, de l'abattement, de l'anorexie et une leucocytose.

a) Origine infectieuse :

-Arthrite :

Les affections articulaires sont généralement dues à des bactéries parvenant dans l'articulation à travers des plaies pénétrantes ou par voie sanguine. L'infection articulaire était généralement provoquée par des blessures (par exemple, les opérations, plaies par projectiles, lacérations et blessures provoquées par frottement). La gravité des lésions articulaires dépend de la durée de l'infection et de la bactérie en cause.

b) Origine non infectieuse :

-Affections articulaires d'origine immunitaire :

Les affections articulaires considérées comme d'origine immunitaire peuvent être divisées en affections provoquant des érosions du cartilage articulaire et en affections n'en provoquant pas. Ces affections commencent à être mieux connues en médecine vétérinaire grâce aux cas cliniques décrits dans la littérature et au développement des moyens de diagnostic. La plus grande partie de nos connaissances proviennent de la médecine humaine où ces maladies sont fréquentes et peuvent être invalidantes ou mettre la vie en danger.

II-4- Affections articulaires tumorales :

Les tumeurs articulaires sont rares. De 1952 à 1978 la littérature n'en rapporte que 29 cas chez le chien et 3 chez le chat (Madewell MR., Pool R, 1978). Les tumeurs primitives sont des synoviomes, des synoviosarcomes et des tumeurs à cellules géantes. Elles se caractérisent par l'apparition lente et progressive d'une déformation articulaire associée parfois à une douleur lors de la mobilisation articulaire. Dans un premier temps, la radiographie ne montre qu'une déformation des tissus mous au sein desquels peuvent se déposer des amas calciques. Plus tardivement, apparaît une destruction des corticales épiphysaires avant que l'os spongieux ne soit lui-même atteint (Brinker et *al.*, 1990).

II-5- Affections articulaires traumatiques :

Les affections articulaires traumatiques comprennent les luxations, les fractures et les instabilités dues à des ruptures ligamentaires. On peut les classer parmi les affections articulaires dégénératives (Brinker et *al.*, 1990).

a) Luxation

Une luxation est la dislocation d'une articulation avec perte totale de contact entre les surfaces articulaires. Tandis qu'une sub-luxation est une luxation incomplète, c'est-à-dire que les surfaces articulaires sont déplacées mais encore en contact en entraînant des troubles fonctionnels mécaniques évidents.

b) Fracture :

La fracture d'un os ou d'un cartilage peut être décrite comme une rupture de la continuité d'un tissu conjonctif vivant. On peut aussi la définir comme cassure de l'os ou du cartilage par l'effet d'une force extérieure ou par celui de la maladie, et dans ce cas on parle en général de fracture spontanée.

c) Instabilité :

L'instabilité par rupture ligamenteuse atteint souvent le grasset. Elle est constatée dans les laxités congénitales telles que la dysplasie de la hanche en provoquant des microtraumatismes des surfaces articulaires, une déformation des surfaces osseuses et finalement une érosion des cartilages et de l'arthrose.

III- Cicatrisation osseuse :

Tout traumatisme de l'os, dès lors qu'il est à l'origine d'une fracture, déclenche la mise en œuvre de mécanismes complexes aboutissant, lorsque les conditions environnementales le permettent, à la restauration de l'os original, sans formation d'une cicatrice. Cette régénération tissulaire est tout à fait particulière puisqu'elle restitue, à terme, les propriétés mécaniques et biologiques de l'os fracturé. La cicatrisation osseuse ne peut cependant se produire que si deux conditions sont réunies :

- une **vascularisation adéquate**, pour un apport dans le foyer fracturé de nutriments et cellules indispensables à la reconstruction osseuse.

-une **stabilité du foyer de fracture**.

Le processus de cicatrisation ne sera pas le même selon que la stabilité du foyer est complète ou non (Viateau 2004-2005 ; Johnson *et al.*, 2005).

III-1- Evolution histologique :

La cicatrisation osseuse peut être décomposée en trois grandes étapes histologiques: la phase inflammatoire, la phase de réparation avec formation successive d'un cal fibreux puis cartilagineux et enfin osseux, et la phase de remodelage-modelage. Ces trois phases s'étendent respectivement sur approximativement 10%, 40% et 70% du temps total de la cicatrisation osseuse, comme le montre la (figure 9), mais peuvent être présentes simultanément sur un site donné (CHANOIT G, MATHON DH, AUTEFAGE A).

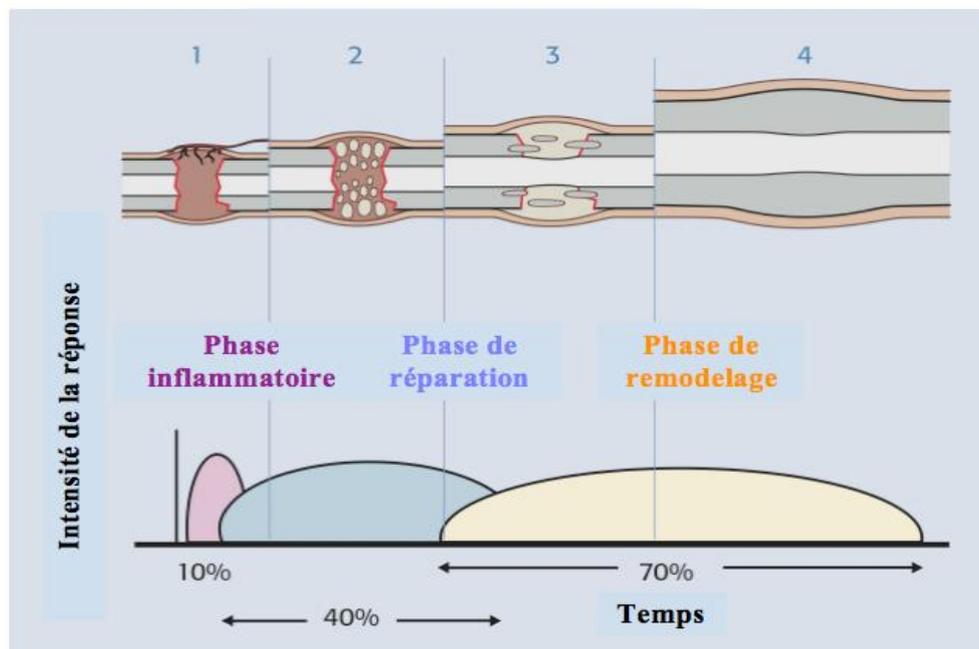


Figure 9 : D'après (Johnson *et al.*, 2005), Cicatrisation osseuse par seconde intention.

- (1) Constitution de l'hématome dans le foyer de fracture et nécrose ischémique de l'os lésé,
- (2) Formation du tissu de granulation, puis d'un cal fibreux et enfin d'un cal fibrocartilagineux
- (3) Remplacement du cal osseux en os lamellaire,
- (4) Phase d'ostéogénèse et ostéoclasie.

A-Phase inflammatoire :

Cette phase s'opère dès les premières heures après la rupture initiale de l'os et persiste jusqu'à trois semaines après le traumatisme, une fois que la formation du cartilage ou de l'os est initiée, comme le montre la (fig.9 (1)) d'après (Johnson et *al.*, 2005).

Lors du traumatisme osseux, les saignements qui surviennent aux extrémités fracturaires induisent la formation d'un caillot sanguin. Durant le temps vasculaire initial, la thrombose ou la section du réseau capillaire intra-osseux induit une nécrose osseuse localisée par la mort des ostéocytes. Cette nécrose pérennise la réaction inflammatoire.

L'accumulation de produits de la nécrose tissulaire induit une réponse inflammatoire aiguë dont les manifestations sont habituelles : vasodilatation, œdème et afflux de polynucléaires et de macrophages. Le rôle mécanique de l'hématome au sein du site de fracture est négligeable dans le maintien de la stabilité du foyer de fracture. Il sert cependant de trame fibrineuse aux éléments vasculaires et cellulaires de la réparation tissulaire. L'hématome fracturaire se résorbe avant la fin de la première semaine, sauf s'il y a une infection, des mouvements excessifs, ou une nécrose (Viateau, 2004-2005).

Cliniquement, la fin de la phase inflammatoire coïncide avec une diminution de la douleur et de la déformation locale.

B-Phase de réparation

La phase inflammatoire est suivie par la phase de réparation proprement dite. Cette phase comprend elle-même trois étapes :

- **consolidation conjonctive :**

De la 1^{ère} à la 48^{ème} heure après le traumatisme, l'hématome est progressivement colonisé par des cellules mésenchymateuses indifférenciées, formant le tissu de granulation (fig.9 (2)). Ces cellules mésenchymateuses sont d'origines diverses : vaisseaux, cambium, endoste, muscles. Les caractéristiques mécaniques de ce tissu sont intéressantes à ce stade de la cicatrisation où l'instabilité est maximale. Ce nouveau tissu tolère en effet un allongement égal à deux fois sa longueur (100 %).

Les cellules du tissu de granulation synthétisent du collagène qui assure sa transformation en tissu conjonctif qui englobe les abouts fracturaires. Du collagène de type I, II et III est initialement déposé, mais quand le processus de réparation se poursuit, le collagène de type I prédomine. Ce tissu (cal conjonctif) présente une rigidité supérieure à celle du tissu qu'il remplace mais son allongement jusqu'à la rupture ne peut dépasser 5 à 17 % (Viateau, 2004-2005 ; Johnson *et al.*, 2005).

- **Consolidation osseuse :**

Il s'agit d'une phase s'étalant de 3 semaines à 3 mois après le traumatisme. La (fig. 10 et 11) montre les différentes phases du foyer fracturaire.

Lors de **stabilité absolue au niveau du foyer de fracture**, l'ossification du cal conjonctif peut se faire directement. Dans ce cas, les cellules mésenchymateuses se différencient en ostéoblastes qui synthétisent la matrice osseuse sans passer par la phase cartilagineuse. C'est l'ossification endoconjonctive telle qu'elle est décrite chez le fœtus. Les ostéoblastes synthétisent le collagène de la matrice qui se minéralisera secondairement par dépôt des cristaux d'hydroxyapatite.

Lors d'**instabilité relative**, l'ossification se fait en passant par le stade du cal fibrocartilagineux. Ce type de guérison est considéré comme la guérison indirecte ou secondaire. Le gain de stabilité par la formation du cartilage permet la mise en œuvre du processus d'ossification endochondrale, conduisant à la formation du cal osseux. Il y a différenciation des cellules mésenchymateuses en chondroblastes, minéralisation de la matrice cartilagineuse et destruction du cartilage formé par les ostéoclastes. À la place se construit un os nouveau.

À la fin de la phase de réparation, l'os formé est, dans les deux cas, primitif et immature. Il est non lamellaire et caractérisé par l'orientation anarchique des fibres de collagène. L'organisation non lamellaire du cal explique la fragilité du cal osseux à ce stade. Il doit être remodelé pour présenter à terme des caractéristiques histologiques et biomécaniques propres au tissu osseux d'origine.

Le temps nécessaire pour réaliser l'union varie considérablement selon la configuration de la fracture, son emplacement, la mobilité du foyer, l'état des tissus mous adjacents, ainsi que les caractéristiques du patient (espèce, âge, état de santé, blessures / maladies concomitantes).

À la fin de la phase de réparation, l'os blessé retrouve assez de force et de rigidité pour permettre un retour à une fonction locomotrice normale.

(Viateau, 2004-2005 ; Johnson *et al.*, 2005).

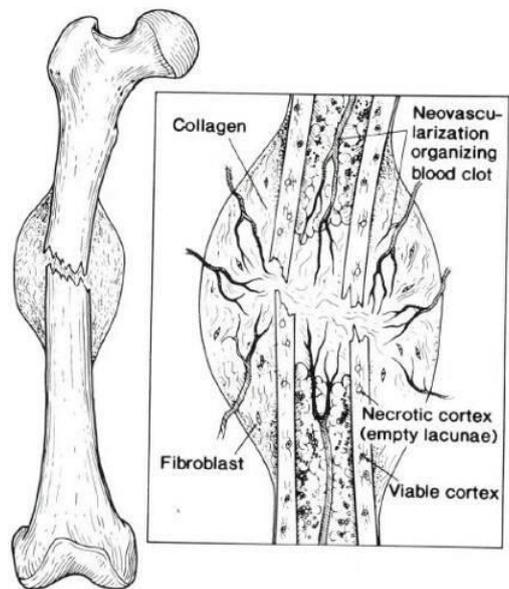


Figure 10 : D'après (Woodward et Riser 1991), aspect de la zone fracturaire une à deux semaine après le traumatisme. Le tissu de granulation a remplacé l'hématome et une vascularisation extra-osseuse s'est mise en place.

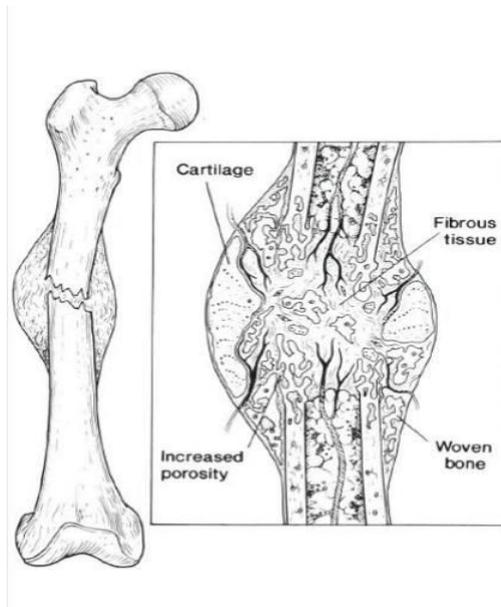


Figure 11 : D'après (Woodward et Riser 1991), aspect du foyer fracturaire 3 à 4 semaines après le traumatisme. Un tissu osseux immature s'est constitué à la périphérie de fragments osseux formant le début du cal osseux périphérique. Des îlots cartilagineux se sont développés au sein du foyer fracturaire. Une résorption de l'os nécrosé des extrémités osseuses est en cours.

c-Phase de remodelage :

Cette phase débute avant la fin de la phase de réparation (en moyenne dès la troisième semaine après le traumatisme) et constitue l'étape la plus longue de la cicatrisation osseuse, pouvant durer plusieurs mois voire plusieurs années, comme le montre la (fig.9 (3 et 4)). Son intensité et sa durée sont fortement liées aux contraintes mécaniques qui s'exercent sur le foyer de fracture. C'est la phase au cours de laquelle l'os immature du cal osseux est remplacé par un os lamellaire, dont les caractéristiques biomécaniques et histologiques sont proches de celles de l'os initial.

Conformément à la loi de Wolff, les régions biomécaniquement inefficaces du cal, sont résorbées par ostéoclasie, les régions sollicitées sont renforcées par apposition d'os lamellaire, comme le montre la (fig.12). Ce remodelage serait sous la dépendance de phénomènes piézoélectriques. Les parties convexes du cal seraient ainsi chargées positivement, et subiraient une résorption par stimulation de l'ostéoclasie. Les parties concaves seraient chargées négativement et subiraient une ostéogénèse. Le remodelage conduit au remaniement des corticales et au creusement de la cavité médullaire (Viateau, 2004-2005 ; Johnson *et al.*, 2005).

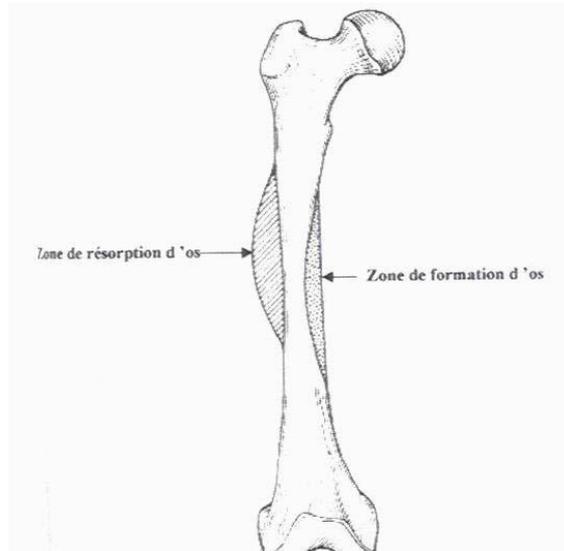


Figure 12 : D'après la loi de Wolff, au cours du remodelage, le cal inutile est résorbé alors que les zones sollicitées mécaniquement sont renforcées.

III-2- Les différents types de cal :

Le cal de fracture est en général composé de trois couches histologiquement distinctes, le **cal périosté**, le **cal cortical** et le **cal médullaire**, comme le montre la (fig.13).

- **Le cal périosté** est situé sur les faces externes des corticales, il est vascularisé par le réseau extra-osseux. Le périoste entourant le site de fracture s'épaissit avant de subir une transformation chondrogénique, produisant ainsi un cal externe.
- **Le cal intercortical** occupe l'espace inter fragmentaire situé entre les deux corticales opposées. L'importance de ce cal dépend de l'espace séparant les abuts osseux.
- **Le cal médullaire** est situé uniquement dans la cavité médullaire et vascularisé par l'artère médullaire, il constitue le premier pont osseux survenant sur le site fracturaire. Il se développe à partir de la couche de cellules endo-osseuses.

(Viateau, 2004-2005 ; Johnson *et al.*, 2005).

Une réduction imparfaite de la fracture ou une angulation trop importante entre les fragments osseux conduisent à la formation d'un **cal vicieux**, d'une **pseudarthrose** ou à un **retard de cicatrisation**, selon le degré d'instabilité. La présence d'une infection entretient la réaction inflammatoire. Elle favorise la résorption osseuse et augmente de façon indirecte

l'instabilité du site de fracture (CHANOIT G, MATHON DH, AUTEFAGE A). Le sepsis se traduit ensuite cliniquement par un retard de cicatrisation ou une pseudarthrose suppurée.

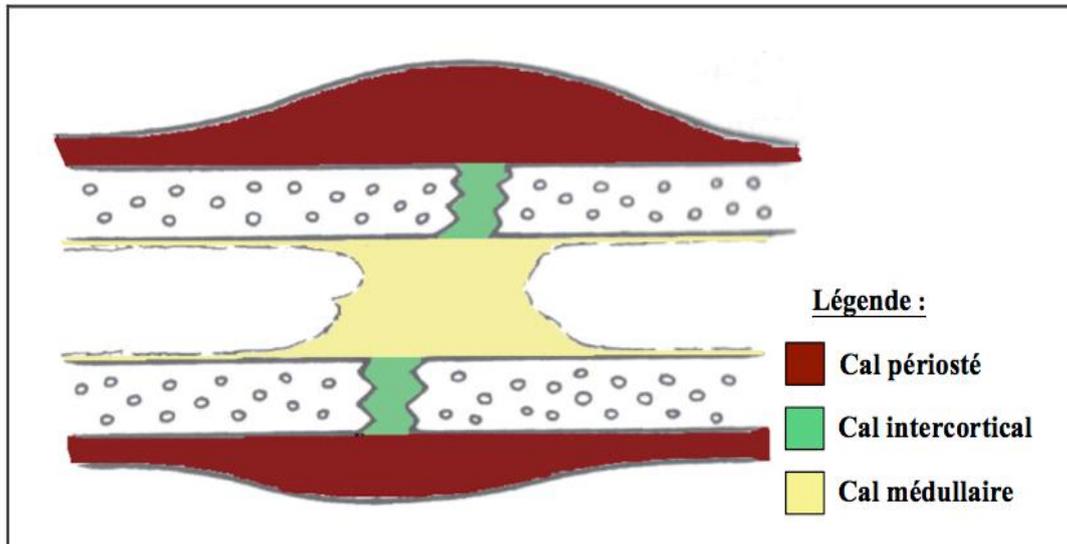


Figure 13 : Structure histologique d'un cal de fracture (d'après Beale, 2007).

III-3- La cicatrisation par première intention :

La cicatrisation par première intention se déroule sans formation de cal externe (DENNY HR, BUTTERWORTH SJ, 2000. HARRIS R, 1990). La cicatrisation par première intention est réalisée si les abouts osseux sont parfaitement apposés et comprimés l'un contre l'autre. L'absence de mouvements le long de la ligne de fracture inhibe le signal pour la formation d'un cal (RAHN BA 1982).

a) Intérêts de la recherche d'une cicatrisation par première intention (RAHN BA, 1982) :

- La fixation interne nécessaire à la mise en place d'une cicatrisation par première intention permet une restauration de la vascularisation médullaire plus précoce. Elle maintient de plus une réduction anatomique de l'os.
- La mobilisation précoce du membre est possible. Le risque de développement d'une maladie fracturaire est donc limité.
- Un cal exubérant ne se forme pas.

b) Désavantages et risques associés à la recherche de la cicatrisation par première intention (RAHN BA, 1982) :

- La solidité de l'os à travers la zone cicatrisée est plus longue à venir à la normale que lors d'une cicatrisation spontanée associée à la formation d'un cal osseux.
- Des dommages nerveux et vasculaires sont possibles au cours de l'intervention chirurgicale menée pour mettre en place la plaque vissée.
- Le développement d'ostéoporose est possible suite à une perturbation de la supplémentation vasculaire due à la présence de la plaque vissée à la surface de l'os.
- Un traitement chirurgical comporte toujours un risque septique.
- Dans certains cas, des réactions à corps étranger peuvent être observées.

III-4- La cicatrisation par seconde intention :

La radiographie nous a permis de suivre les différentes étapes de la cicatrisation par seconde intention comme le montre le tableau récapitulatif suivant.

Tableau 1 : Images radiographiques lors de cicatrisation osseuse normale par seconde intention. L'imagerie médicale du chat et du chien au service du praticien © 2013, Elsevier Masson SAS.

Le temps :	les signes radiographiques :
Immédiat après la fracture	Les abouts osseux sont bien délimités et aigus. Une tuméfaction des tissus mous est présente.
7-10 jours	Les abouts osseux apparaissent émoussés, à contours légèrement flous en raison de leur déminéralisation et de l'élimination des fragments non vascularisés. En cas de montage d'ostéosynthèse présent, le trait de fracture s'élargit légèrement (en cas de fracture en bois vert, la solution de continuité osseuse devient alors plus évidente). Une discrète irrégularité du périoste est visible à proximité du foyer de fracture.

<p>2-3 semaines</p>	<p>Un cal fait pontage entre les abouts osseux mais n'est pas minéralisé et donc de visualisation difficile dans un premier temps (aspect un peu plus dense des tissus au niveau du trait de fracture). Une sclérose médullaire modérée est présente à proximité du foyer de fracture.</p>
<p>3-5 semaines</p>	<p>Le cal devient de plus en plus minéralisé et donc plus opaque (ossification endochondrale).</p> <p>Une ostéoprolifération périostée participe au cal à proximité des marges du foyer de fracture, conférant un aspect épaissi aux corticales.</p> <p>L'ostéocondensation médullaire augmente nettement, conduisant parfois à une perte du contraste cortico-médullaire.</p> <p>Chez le jeune, lors du traumatisme osseux, un arrachement du périoste est plus facilement présent, conduisant à une ostéoprolifération périostée plus étendue de part et d'autre du foyer de fracture. Ceci est particulièrement observé au niveau du fémur dans l'insertion du muscle adducteur. Un arrachement périosté important à ce niveau peut conduire à une extension osseuse du cal caudalement au fémur (image décrite comme un « cal en corne de rhinocéros »).</p>
<p>6-8 semaines</p>	<p>Une continuité des corticales des abouts est visible.</p> <p>Le trait de fracture n'est plus radiotransparent.</p>
<p>Plusieurs mois</p>	<p>Le remodelage osseux du cal se fait progressivement selon les forces de pression qui s'y exercent.</p> <p>Réduction progressive du diamètre du cal osseux.</p>

IV- Les facteurs conditionnant la Cicatrisation osseuse :

IV-1- Ouverture : contamination / infection du foyer :

La vascularisation extra-osseuse joue un rôle primordial, en particulier lorsqu'il reste une certaine mobilité entre les fragments. Or, lors de fracture, les tissus mous environnants sont lésés par le déplacement des fragments et par l'objet du trauma. Le délabrement des tissus mous et d'autant plus important que le déplacement des fragments, la comminution et le grade de la fracture ouverte, selon la classification de Gustillo, sont importants. Plus les lésions

des tissus mous sont importantes, plus la cicatrisation est lente (Autefage, A, 1992. Mills, D.L. and Jackson, A.M, 2003).

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 la nécrose osseuse. Elle peut être à l'origine d'une ostéomyélite dont la chronicité peut engendrer un retard voir une absence de consolidation. Toutefois, lors de fracture correctement stabilisée, la cicatrisation peut être effective malgré un phénomène infectieux (Autefage, A, 1992. Caywood, DD., Wallace, LJ., and Braden, TD, 1978. Gustilo, RB. and Anderson, JT, 1976. Kanakaris, NK., Paliobeis, C, Manidakis, N., and Giannoudis, PV,2007. Rochat, MC, 2001).

IV-2- Stabilité de la fracture :

La stabilité du montage est indispensable pour une bonne cicatrisation. En cas d'instabilité, le cal qui se met en place est régulièrement lésé, ce qui retarde donc la cicatrisation. Ce cal instable a un diamètre plus important (photo 1).

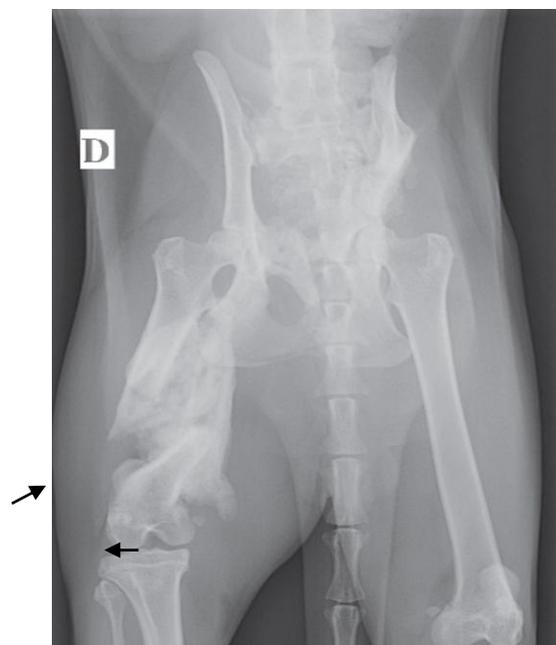


Photo 1 : Fracture ancienne de l'aile iliaque gauche et du fémur droit chez un chat. En l'absence de stabilisation des fractures, un cal osseux exubérant s'est développé (voir la petite flèche). L'imagerie médicale du chat et du chien au service du praticien © 2013, Elsevier Masson SAS.

IV-3- Réduction foyer ouvert ou fermé :

Lors de la réduction à foyer ouvert, l'acte chirurgical et le rinçage abondant du foyer de fracture peuvent provoquer l'élimination de l'hématome fracturaire et le caillot qui contiennent une grande quantité de cellules différenciées et de facteurs ostéoinducteurs. Ils doivent être préservés autant que possible lors de la réduction sanglante. De la même façon, le geste chirurgical se doit d'être le moins traumatisant possible afin de préserver les attaches musculaires, la vascularisation extra-osseuse et le périoste dont le rôle est primordial dans la cicatrisation osseuse.

IV-4- 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. Ainsi, les fractures du jeune guérissent mieux et plus vite que chez l'adulte. Les chats séniors sont prédisposés aux non-unions fracturaires (Autefage, A, 1992. Mills, D.L. and Jackson, A.M, 2003. Oni, OOA., Hui, A., and Gregg, PJ, 1988).

IV-5- 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 de 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 influençait la vitesse de cicatrisation et qu'une comminution sévère augmentait le risque de retard de consolidation et de non-union (Ellis, H, 1958. Nolte, A.M., Fusco, J.V., and Peterson, M.E, 2005. Oni, OOA., Hui, A., and Gregg, PJ, 1988). Les pertes de substance osseuse, présentes sur certaines fractures, peuvent, lors d'immobilisation correcte, cicatriser normalement (selon les mêmes modalités décrites précédemment). Mais lorsque la perte de substance est trop importante, les bouts fracturaires cicatrisent chacun pour leur propre compte et l'espace est comblé par du tissu fibreux (Mills, D.L. and Jackson, A.M, 2003. Nolte, A.M., Fusco, J.V., and Peterson, M.E, 2005). Ainsi, il a été émis l'hypothèse que, sur un os long, si la longueur du défaut osseux excédait 1,5 fois le diamètre de la diaphyse, les

capacités de cicatrisation du tissu osseux d'un chien adulte seraient dépassées (hypothèse de Key) (Autefage, A, 1992). Il semblerait que chez le chat, cette capacité soit plus faible et que de plus petites pertes de substances peuvent mener à une absence de cicatrisation (Toombs, J.P., Wallace, L.J., Bjorling, D.E., and Rowland, G.N, 1985).

IV-6- Déplacement :

L'amplitude du déplacement des abouts osseux avant traitement chirurgical pourrait jouer un rôle dans la vitesse de consolidation. En toute logique, plus le déplacement osseux est important, plus les lésions des tissus mous et des structures vasculaires osseuses et extra-osseuses sont importantes. L'influence du degré de déplacement des abouts fracturaires sur la vitesse de consolidation a été démontrée chez l'homme et chez les carnivores domestiques (Ellis, H, 1958. Nolte, A.M., Fusco, J.V., and Peterson, M.E, 2005. Richardson, E.F. and Thacher, C.W, 1993).

IV-7- Qualité de la réduction :

La cicatrisation dépend fortement de l'immobilisation des fragments osseux. Une immobilisation insuffisante est défavorable au développement du tissu faiblement tolérant au mouvement. Une instabilité empêche les vaisseaux provenant de chacun des éléments osseux de s'anastomoser. Cette mobilité provoque une hypoxie au sein du foyer de fracture qui induit le passage par un stade fibreux ou fibrocartilagineux et donc une ossification secondaire qui sera d'autant plus retardée que la mobilité dans le foyer sera importante. Ce retard de consolidation peut conduire à une non-union. Toutefois, une rigidité parfaite ralentit la cicatrisation en diminuant, voire en supprimant les contraintes supportées par les tissus en formation. La mise en charge du membre accélère la solidité du cal (suivant la loi de Wolff) et évite l'amyotrophie et l'ankylose articulaire (Autefage, A, 1992. Mills, D.L. and Jackson, A.M, 2003). Il faut donc trouver le juste équilibre entre réduction, stabilité et mise en contrainte du foyer de fracture en fonction du potentiel de cicatrisation propre à chaque fracture.

V- Les fractures :

Une fracture est une rupture de continuité complète ou incomplète. Elle s'accompagne de lésions plus ou moins graves des tissus mous environnants notamment des vaisseaux sanguins, et des troubles fonctionnels du système locomoteur.

V-1- Biomécaniques des fractures :

La biomécanique des fractures étudie les forces qui se sont exercées sur l'os au moment de sa rupture et leurs conséquences sur les caractéristiques des traits de fracture ainsi que sur les possibilités de cicatrisation.

Le type de fracture d'un os est sous la dépendance directe du type de forces qu'il subit. Ces forces peuvent être regroupées en 5 grands types qui peuvent s'associer entre eux (Autefage, A, 1992), comme le montre la (fig.14) :

- les forces de tension,
- les forces de compression,
- les forces de torsion,
- les forces de flexion,
- les forces de cisaillement.

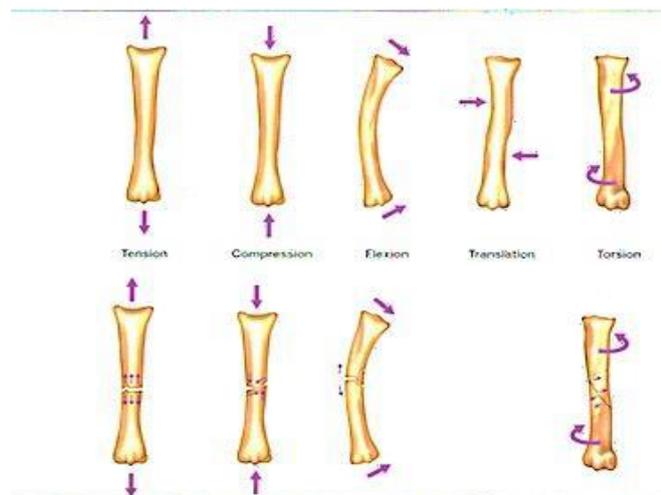


Figure 14 : Forces appliquées aux os longs et morphologie des fractures correspondantes d'après (LAUNOIS T, 2012).

L'os fracturé subit en principe les mêmes sollicitations que l'os intact (poids du corps, action des muscles). En revanche, il est dans l'incapacité de transmettre les charges qui lui sont appliquées du fait de sa perte de continuité, la majorité des os longs étant soumis à des contraintes mixtes de flexion et de compression. Les extrémités des fractures et les tissus environnant l'espace fracturaire sont sujets à de hautes déformations quand la stabilisation n'est pas adéquate.

V-2- Classification des fractures :

Il existe de nombreux systèmes de classification qui sont utiles pour la description des fractures (Brinker *et al.*, 1994). Les fractures peuvent être classées comme simples ou fermées quand la plaie qu'elles comportent ne communique pas avec l'extérieur, ou comme exposées ou ouvertes comme on dit aussi, Quand la plaie qu'elles comportent est à ciel ouvert.

Du point de vue clinique cependant, toute région fracturée qui comporte une plaie doit être considérée comme exposée, qu'il y ait ou non communication avec l'extérieur du corps, et souvent la fracture ne tarde pas dans ce cas à devenir effectivement exposée du fait d'une nécrose des tissus fortement endommagés qui l'environnent. Si l'on préfère classer les fractures en fonction de l'étendue des dommages subis par l'os, on peut les considérer comme complètes ou comme incomplètes (Brinker *et al.*, 1994).

La fracture complète est celle où s'est produite une rupture totale dans la continuité de l'os. En ce cas le tracé de la fracture peut être simple ou multiple. Si il est multiple, on parle de fracture comminutive, alors que si il est simple on recourt à des désignations qui évoquent la direction du trait de fracture par rapport à l'os, et on parle de fracture transverse, oblique, spiroïde, esquilleuse ou longitudinale (Brinker *et al.*, 1994).

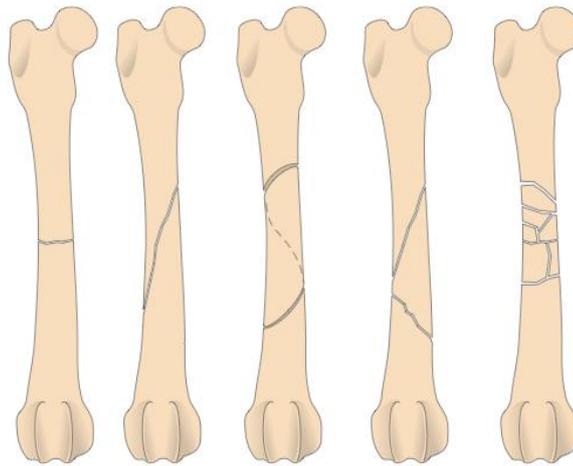


Figure 15 : D'après (Fossum et *al.*, 2013) Représentation des différents types de fracture (exemple d'un fémur). A) transverse, B) oblique longue, C) spiroïde, D) esquilleuse, E) comminutive. En ce qui concerne les fractures longitudinales, elles se produisent rarement sauf au niveau des os du carpe et du tarse.

La fracture incomplète se caractérise par une solution de continuité seulement partielle et par un déplacement seulement léger. Chez le chien, nous rencontrons couramment deux types de ces fractures, fractures par fissure et fractures en bois vert :

- La fracture par fissure est celle où une fente mince et guère plus épaisse qu'un cheveu pénètre le cortex de l'os sur une courte distance.
- La fracture en bois vert; l'appellation de cette fracture se fonde sur la ressemblance de l'os fracturé avec une branche d'arbre verte cassée. Ce type de fracture se produit d'habitude chez les chiens dont les os ne sont pas vraiment durs, et par exemple chez les chiots ou chez les chiens souffrant de rachitisme.

Les fractures peuvent aussi être classées en fonction du déplacement de l'os brisé, et dans ce cas les types les plus courants sont les fractures par tassement et les fractures par arrachement :

- Les fractures par tassement sont celles où les bouts osseux sont télescopés l'un dans l'autre, ou bien celles où un os a été télescopé dans l'emplacement d'un autre os, comme par exemple le cas lorsque la tête d'un fémur se télescope dans une cavité cotyloïde fracturée.

- Les fractures par arrachement se produisent quand la traction exercée par la musculature a une force suffisante pour qu'elle sépare les segments respectifs de l'os accidenté, comme par exemple le cas de la fracture de l'olécrane.

Une terminologie de description des fractures (PERRIN) a été réalisée afin de permettre une bonne communication entre les différents intervenants dans la prise en charge du patient fracturé.

De plus elle apporte des informations permettant d'élaborer un pronostic ainsi qu'un traitement.

Tableau 2: Classification des différents types de fracture d'après (LAUNOIS T, 2012).

Type de fracture :	Définition :
Ouverte	Fracture avec atteinte de la peau
Fermée	Fracture sans atteinte de la peau
Articulaire	Fracture intéressant une surface articulaire
Non articulaire	Fracture qui ne passe pas par une surface articulaire
Complète	Fracture qui intéresse les deux cortex opposés
<i>Incomplète</i>	Fracture qui ne concerne qu'un cortex
Simple	Fracture avec une seule ligne de fracture
Comminutive	Fracture à fragments multiples
Complexe	Fracture ayant plusieurs fragments intermédiaires
Déplacée	Fracture pour laquelle les fragments osseux n'ont pas conservés leur position anatomique
Oblique	Fracture avec un angle non perpendiculaire à l'axe de l'os
Spirale	Fracture résultant d'un mouvement de torsion

Sagittale	Fracture provenant de la surface articulaire proximale et se propageant suivant l'axe longitudinal de l'os
Sagittale distale	Fracture provenant de la surface articulaire distale et se propageant suivant l'axe longitudinal de l'os
Frontale dorsale	Fracture provenant de la surface articulaire proximale, dans le plan frontal, et progressant vers sa face dorsale
Transverse	Fracture perpendiculaire au grand axe de l'os
Physéale	Fracture intéressant la plaque de croissance de l'os

V-3- Les causes des fractures :

Les différentes causes de fractures sont (Brinker *et al.*, 1994) :

- **traumatisme atteignant directement l'os** : les statistiques indiquent qu'au moins 75 à 80 % des fractures sont provoqués par des automobiles ou d'autres engins motorisés ;
- **traumatisme indirect** : les forces sont transmises à travers l'os ou les muscles jusqu'en un point éloigné où se produit la fracture ;
- **affections osseuses** : certaines affections osseuses entraînent la destruction de l'os ou sa fragilisation à un point tel qu'un traumatisme banal peut provoquer une fracture (par exemple, tumeur de l'os ou troubles nutritionnels atteignant l'os) ;
- **mises en charges répétées** : les fractures de fatigue se rencontrent le plus souvent chez les petits animaux au niveau des os de l'extrémité des membres antérieurs ou postérieurs (par exemple, métacarpes ou métatarses chez le lévrier de course).

V-3-1- Généralités sur le diagnostic des fractures :

A- Diagnostic :

D'ordinaire, les signes de fractures sont manifestes et frappants et leur diagnostic n'exige par conséquent qu'un minimum d'attention. Mais il arrive aussi que leurs signes soient parfaitement obscurs. En d'autres circonstances également, il peut être extrêmement difficile de distinguer entre une fracture, une luxation ou une simple distension.

Il est important de rechercher la présence de troubles plus sérieux tels qu'un choc, une hémorragie ou une blessure interne lors de la prise en charge d'un patient présentant une fracture. Lorsqu'il est possible que l'animal ait eu un accident de la voie publique, il convient de prendre des clichés radiographiques du thorax afin de détecter tout signe de blessure grave tel qu'une fracture d'une côte, un pneumothorax ou un épanchement dans la plèvre. Dans beaucoup de cas, en particulier lors de traumatisme au niveau d'un membre postérieur, il faut vérifier l'intégrité du système urinaire et effectuer une radiographie de l'abdomen. Il faut surveiller de près la fonction circulatoire en s'attardant notamment sur la qualité du pouls périphérique, la couleur des muqueuses et le TRC.

Les analyses sanguines et biochimiques sont aussi utiles, bien que toute modification de ces variables ne soit pas nécessairement à la hauteur de l'importance des modifications pathologiques pouvant affecter les organes et les systèmes du corps.

A.1. Commémoratifs :

-Le recueil des informations : il faut recueillir les informations telles que l'âge, la race, le sexe, l'histoire du traumatisme, le membre concerné par la boiterie, l'intensité de la boiterie ou de la douleur, l'ancienneté de celles-ci et leurs variations avec le temps, l'exercice ou le repos, le moment de la journée, l'atteinte d'autres membres, les traumatismes connus et les traitements pratiqués. (Brinker et *al.*, 1990).

A.2. L'évaluation clinique de l'altération de la marche :

a. Examen clinique :

a.1. Examen clinique à distance :

Examen du chien à l'arrêt :

Il faut noter l'habitus de l'animal.

-Exprime t-il une douleur spontanée ? Quelle est la qualité de l'appui : appui franc au repos, décharge, suppression d'appui ? Quelle est la position du membre ? Sur un animal sain, la position des membres à l'arrêt est en règle générale symétrique. L'examen se doit d'être comparatif avec le membre controlatéral.

-Il faut apprécier la répartition du poids entre l'avant et l'arrière main. Selon que la douleur concerne les membres postérieurs ou les antérieurs, l'animal peut être amené à déplacer son centre de gravité crânialement ou caudalement. Ce report de poids est souvent plus évident sur l'animal à l'arrêt que sur l'animal en mouvement.

-On visualise à distance les reliefs osseux, leurs apparences normales ou leurs modifications, l'existence de déformations.

-Il faut examiner les angles articulaires en ayant à l'esprit les angles physiologiques d'appui.

Il est important d'examiner l'axe des membres de façon comparative, par rapport à la norme en fonction de la race.

Enfin il faut examiner l'état d'usure des griffes et l'état général de l'animal : abattement, vigilance, état d'embonpoint, éventuelle déformation de la sangle abdominale, amplitude respiratoire (thèse de Sophie GIBERT, 2009).

Examen de l'animal en mouvement :

L'examen de l'animal en mouvement doit nous permettre d'identifier le ou les membres responsables de la boiterie. Dans un premier temps au cours de l'observation, on note si l'animal boite d'un ou de plusieurs membres, s'il s'agit effectivement d'une boiterie ou plutôt d'une incoordination motrice de type ataxie. Pour cela l'animal en mouvement est observé aux allures lentes puis, si nécessaire aux allures plus rapides, voire en terrain varié avec une petite côte et une descente, sur sol dur et sol souple, avec des exercices en cercles serrés.

Lorsqu'il s'agit d'une boiterie d'un seul membre, on cherche à la latéraliser pour l'identifier. Ainsi on peut observer au cours de la marche (thèse de Sophie GIBERT, 2009) :

- les positions anormales des doigts
- les défauts d'aplomb
- les mouvements anormaux des articulations (amplitude limitée, rotation interne ou externe)
- les mouvements anormaux du membre : par exemple l'aspect de la démarche en crawl du chien atteint de contracture du sous-épineux.

a.2. Examen manuel : palpation et tests articulaires:

Il est nécessaire de réaliser cet examen dans les meilleures conditions possibles. Il nécessite donc (thèse de Sophie GIBERT, 2009) :

- une connaissance parfaite de l'anatomie musculo-squelettique du chien.
- de la patience.
- un contact doux et progressif, ni brusque ni brutal.

La palpation pression proprement dite se fait en deux étapes. Un premier passage superficiel sur l'ensemble du corps et des masses musculaires. Ensuite une palpation plus précise. Elle intéressera :

- **la peau.**
- **les muscles et les tendons** : on recherche une amyotrophie, une tonicité accrue ou diminuée d'un côté ou de l'autre, une douleur, la présence d'adhérences, de contractures ou de points de tension.
- **les segments osseux** : on cherche à apprécier les axes et les courbures des os et ceci toujours en comparant les côtés opposés.
- **les articulations** : on cherche une déformation articulaire, une différence de température ou une douleur à la palpation. Là encore, on s'aidera du côté opposé afin d'avoir un point de comparaison.

Les tests articulaires : Ils sont destinés à mettre en évidence d'éventuelles restrictions de mobilité ou au contraire, des signes d'instabilité, et devront intéresser toutes les articulations. En plus de l'appréciation de l'amplitude articulaire, il s'agit également d'apprécier la qualité du mouvement passif imposé, et la qualité du retour des surfaces articulaires à leur position initiale. Ensuite les articulations sont mobilisées dans le sens des mouvements majeurs : en flexion et en extension. Pour les membres, il est très utile de mesurer les amplitudes maximales confortables avec un goniomètre. Et finalement on s'intéressera aux mouvements « mineurs » en testant la mobilité de chaque segment dans ses mouvements latéraux, rotatoires et de glissements. Evidemment, cet examen comprendra les tests orthopédiques classiques tels que les tests d'Ortolani pour explorer la stabilité des hanches, les tests directs et indirects du tiroir crânial pour évaluer l'intégrité du ligament croisé crânial. (thèse de Sophie GIBERT, 2009).

B. Examen neurologique :

Un examen neurologique est indispensable pour un bilan orthopédique complet de l'animal. Il consiste à de différentes étapes d'évaluation de :

- L'état de conscience de l'animal ainsi que la nature de la démarche ;
- La proprioception qui doit être testée sur les membres thoraciques et pelviens alors que l'animal est en station quadrupodale, membres en position physiologique sans abduction, on évalue les réactions posturales lors d'une proprioception antérieure et postérieure. Le pincement des orteils doit stimuler la perception douloureuse et provoquer le retrait du membre, ce qui indique que la fonction neuronale est normale. Il arrive que l'on soit obligé de pincer tout le doigt (avec l'os et tous les tissus mous) fermement avec un clamp pour que l'animal réagisse ce qui nous permettra de déceler une sensibilité profonde. L'absence de retrait du membre indique une lésion nerveuse (Brinker et *al.*, 1990);
- le nystagmus physiologique, si c'est rotatoire ou horizontale sa indique un problème nerveux.

C'est pourquoi il est impératif de signaler tout problème nerveux concomitant au trouble locomoteur de votre animal, afin de pouvoir adapter au cas par cas un bon diagnostic, des préconisations et un traitement de choix.

ÉTUDE EXPERIMENTALE

I. Objectif de l'étude

Ce travail a pour objectif d'étudier les données recueillies sur des cas cliniques de fractures et de tester la faisabilité et la fiabilité de certaines techniques chirurgicales dans le traitement des fractures fémorales diaphysaires chez le chat et celle du radius-cubitus chez le chien.

II. Matériel et méthodes :

II-A- Matériel :

Deux animaux ont été inclus dans notre étude, un chien et un chat présentés en consultation respectivement au cabinet vétérinaire privé à la wilaya de Mila et au cabinet vétérinaire privé à Dely Brahim entre le mois de janvier et mars 2016, nous avons choisi ces deux carnivores dans la réalisation de cette étude dont le but était de présenter des cas de fractures.

II-B- Méthode :

Le critère de choix des animaux de l'étude était basé sur le motif de consultation et l'examen clinique :

- La présentation d'une boiterie.
- Diagnostic radiographique d'une affection osseuse ou d'une fracture lors de l'examen clinique.

Certaines radiographies préopératoire et postopératoire ont été perdues ou ne sont pas interprétables, tandis qu'une radiographie de contrôle pour le chien a été réalisée chez le vétérinaire traitant. C'est pour cela que les radiographies préopératoires pour le cas du chien et les postopératoires pour le cas du chat ne sont pas disponibles.

Un examen général incluant un examen orthopédique complet était réalisé sur chaque animal présenté pour une suspicion de fracture ou d'une affection orthopédique.

III. Résultats :

III-1- Diagnostic et choix thérapeutique :

III-1-1 Cas n°1 :

Chat mâle de race européenne pesant 4,5 kg.

Motif de consultation : Le chat est présenté pour une instabilité du membre postérieur droit apparue après un accident de la voie publique.

Examen orthopédique : Le chat présente une boiterie de soutien du membre pelvien droit. Aucune plaie n'est observée sur la face latérale du membre atteint. Une instabilité importante de l'articulation coxo-fémorale est également mise en évidence.

Examen clinique : Son état général est légèrement dégradé, mais il présente une légère tuméfaction de la cuisse droite associée à une mobilité anormale de l'extrémité distale du fémur. Le chat tient difficilement debout. L'auscultation révèle une tachycardie (150 batt/mn), la fréquence respiratoire est élevée et les muqueuses sont rosées.

Examen radiologique : le diagnostic est confirmé par une radiographie médio-latérale qui montre une fracture du segment moyen de la diaphyse fémorale, celle-ci est fermée, de type oblique déplacée (photo 2). L'examen neurologique des membres postérieurs ne met en évidence aucune anomalie.

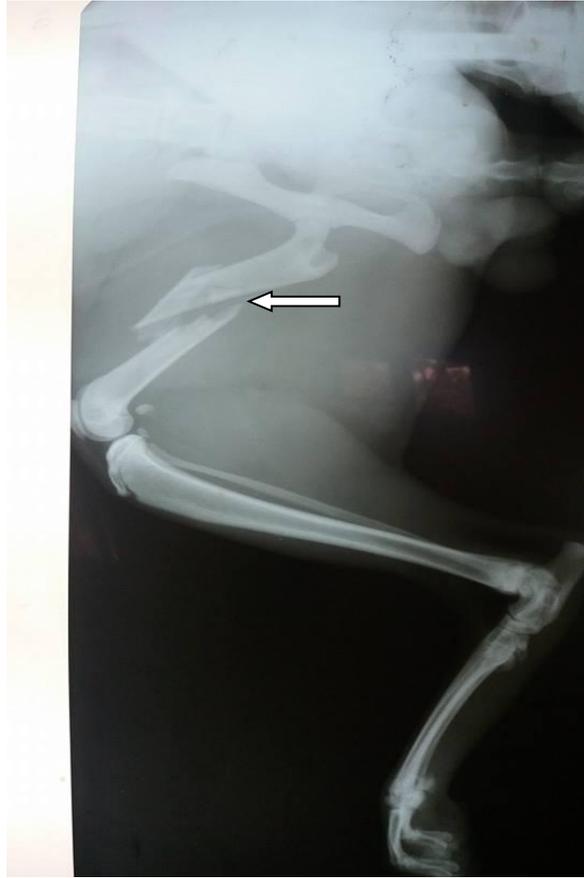


Photo 2 : Aspect radiologique de la fracture. Incidence médio-latérale.
La flèche indique une fracture fémorale de type oblique longue.

Traitement de choix :

Le traitement consiste à la mise en place d'une broche intramédullaire sur le fémur.

Objectif :

- Parvenir à réduire anatomiquement les traits de la fracture simple.
- La broche intramédullaire neutralise les forces de flexion appliquées sur le foyer de fracture ; elle peut être associée à un fixateur externe tout comme pour ce type de fracture oblique courte afin de neutraliser les forces de rotation et de compression axiale.

III-1-2- Cas n°2 :

Un chien mâle berger Allemand âgé de 5 ans.

Motif de consultation :

Le chien est présenté en consultation le 16 Janvier 2016 au sein de la clinique privée pour les signes locaux suivants : tuméfaction du membre antérieur droit ; douleur et chaleur ainsi qu'une hyperthermie.

Commémoratifs et anamnèse :

Un chien berger allemand mâle âgé de cinq ans, pesant 30 kilos, à jour de ses vaccinations au fil des rappels annuels, est suivi chez son vétérinaire traitant pour une fracture ouverte du membre antérieur droit qu'il a éventuellement traité par un enclouage centromédullaire et une plaque d'ostéosynthèse. Celle-ci est provoquée par une morsure d'un autre chien.

Un mois plus tard, l'animal revient avec une boiterie persistante et franche avec appui. Il présente en outre une hyperthermie et une tuméfaction du membre antérieur droit. Ainsi l'animal est hospitalisé et mis sous perfusion. Le traitement entrepris associe une antibiothérapie à base de céfalexine (Rilexine, 30 mg/kg/j par voie orale) et une corticothérapie (prednisone, Cortancyl, 1 mg/kg/j par voie orale).

Examen clinique :

L'examen clinique révèle des épisodes récurrents d'anorexie et de dépression. La boiterie du membre antérieur droit est persistante ou récurrente. Il arrive néanmoins que l'animal n'exerce aucun appui sur son membre. Le membre est amyotrophié, ainsi qu'une légère douleur à la palpation-pression en parties médiale et distale du radius-ulna.

Hypothèses diagnostiques :

L'examen clinique permet de situer le lieu de l'affection à la partie diaphysaire radius-ulna droit. Le gonflement, la chaleur et la douleur évoquent un processus inflammatoire qui peut correspondre à :

- Affection osseuse d'origine bactérienne ou fongique.

- Une ostéomyélite suite à une fracture avec un cal osseux malsain ou à la chirurgie orthopédique qui a mal évolué.

Examen radiologique :

L'examen radiographique pratiqué montre une réaction périostée intense sur la diaphyse du radius-ulna mais sans envahissement du cartilage de croissance et des os adjacents (photo 3). Outre cette ostéo-prolifération, une perte de densité osseuse localisée à contours peu nets est observée, pouvant correspondre à un début de foyer lytique (zone de destructions osseuses). On note également la présence de « séquestres » : qui sont des fragments osseux devascularisés. Ces lésions osseuses agressives sont fortement évocatrices d'une ostéomyélite.



Photo 3 : Aspect radiographique de la fracture. Incidence médio-latérale. La petite flèche est un séquestre, la grande flèche est un enclouage centromédullaire associé à une plaque d'ostéosynthèse.

Traitement de choix :

Dans ce cas une chirurgie réparatrice sera nécessaire dont l'objectif est :

- Parvenir à réduire anatomiquement et à comprimer les traits de fracture ou à restaurer l'alignement normal de l'os.

III-2- Technique chirurgicale :

Dans la majorité des cas l'animal était hospitalisé le soir précédent la chirurgie ou le soir même de la chirurgie.

a- Examen préopératoire :

Un examen préopératoire incluant une auscultation cardio-respiratoire, une mesure de temps de recoloration capillaire, une mesure de la fréquence cardiaque et respiratoire était réalisée avant l'intervention afin de s'assurer que l'animal pouvait subir une anesthésie et une intervention chirurgicale.

b- Anesthésie et antibioprophylaxie :

Après pose d'une voie veineuse, chaque animal était perfusé par un soluté de Ringer-Lactate à un débit de 10ml/Kg/h jusqu'à son réveil complet.

Le protocole d'anesthésique fixe était adapté en fonction de l'animal. Dans la majorité des cas, la prémédication était réalisée à l'aide de diazépam (1-2 mg/kg en IM) ou la xylazine (1-2 mg/kg en IM) et l'induction à l'aide de kétamine (10-30 mg/kg en IM).

L'antibioprophylaxie était à base d'amoxicilline (Clamoxyl), d'association amoxicilline/acide clavulanique (Augmentin), selon le protocole suivant : injection intraveineuse à double dose classique (Clamoxyl : 10 mg/Kg, Augmentin : 12 mg/Kg) 8 heures après la fin de la chirurgie. En cas de chirurgie longue ou de faute d'asepsie, une antibiothérapie était mise en relai de l'antibioprophylaxie.

c- Matériel utilisé :

Une trousse de chirurgie standard, un élévateur à périoste, des écarteurs de Gelpi, des écarteurs de Hohmann ou de Myerding, des daviers réducteurs à pointes, un davier réducteur de Kern, une poignée mandrin de Jacob, des broches centromédullaires « clous de STEINMANN (WELCH FOSSUM T, 2007) », du fil de cerclage, un serre-fil, une pince coupe-fil, une curette osseuse pour prélever le greffon d'os spongieux, des daviers auto-centreurs pour tenir les plaques, un ancillaire de pose pour plaques vissées.

III-2-1 Cas n°1 :

Considérations anatomiques :

La partie la plus étroite de la cavité médullaire, appelée l'isthme, est située dans le tiers proximal de l'os, juste distalement au troisième trochanter. Le fémur distal a une courbure crâniale prononcée chez la plupart des chiens, mais il est rectiligne chez le chat. Ces deux caractéristiques anatomiques imposent le diamètre de la broche intramédullaire. La fosse trochantérienne est dans l'alignement de la cavité médullaire, autorisant une insertion antérograde ou rétrograde pour les broches intramédullaires. Le muscle grand adducteur s'attache sur la face caudale du fémur et sert de guide pour l'alignement en rotation.

Préparation et positionnement :

Les préparatifs d'un acte chirurgical aseptique peuvent être répartis en trois séries principales de mesures :

- 1- la préparation des matériels tels que les champs, vêtements, gants et instruments.
- 2- Préparation du patient :

C'est seulement après que le patient ait été anesthésié que peut commencer la véritable préparation des champs opératoires et surtout après avoir lavé et raser la zone à opérer (photo 4) et attendre que tout mouvement soit dument contrôlé. Là on prépare le membre postérieur sur toute sa circonférence depuis la ligne médiane dorsale jusqu'au tarse.



Photo 4 : face latérale du membre pelvien droit.

Placer l'animal en décubitus latéral, le membre atteint suspendu. Recouvrir le membre suspendu de champs stériles pour permettre une amplitude de manipulation maximale en cours de chirurgie (photo 5).



Photo 5 : positionnement : les champs sont disposés de façon à ce qu'ils recouvrent le membre symétrique ainsi que le corps du patient.

Procédé :

- **Abord :**

Un des avantages principaux de l'enclouage centromédullaire est de pouvoir traiter certaines fractures fémorales à foyer fermé. Pour ce faire il est nécessaire de pouvoir accéder au sommet du grand trochanter ou bien au nœud intercondylien. L'enclouage rétrograde étant également couramment utilisé en chirurgie vétérinaire, nous détaillerons également la voie d'abord correspondante.

-Abord du sommet du grand trochanter (PIERMATTEI D. L., JOHNSON K.A., 2004) :

- L'animal est placé en décubitus latéral, du côté opposé au membre affecté. L'incision cutanée débute dorsalement et légèrement crânialement au grand trochanter, se poursuit sur la partie latérale du grand trochanter et se termine distalement au premier tiers proximal de la diaphyse fémorale (photo 6).



Photo 6 : incision de la peau et le tissu sous-cutané.

- La graisse sous-cutanée et les fascias sont incisés et réclinés de telle sorte que l'on visualise correctement le fascia lata. L'incision du fascia est réalisée le long du bord crânial du biceps fémoral.
- Le biceps est récliné caudalement et le fascia lata crânialement. Les bords du muscle fessier superficiel sont dégagés par dissection du fascia environnant et son tendon est coupé près du fémur. La partie distale du tendon sectionné doit être suffisante pour être suturée lors de la reconstruction.
- Le muscle fessier superficiel est récliné proximalelement pour faire apparaître le grand trochanter et le muscle fessier moyen. On réalise une incision au travers des fibres de l'origine du muscle vaste latéral le long de l'arête du troisième trochanter. L'incision est approfondie chez les jeunes animaux pour y inclure le périoste. Le nerf sciatique émerge du bassin sous le muscle fessier superficiel, caudalement au muscle fessier profond. Puis, il traverse les muscles jumeaux et l'obturateur interne et plonge sous le biceps fémoral.
- Afin de réduire le risque de lésion du nerf sciatique, il faut éviter d'utiliser des écarteurs traumatiques comme ceux de MEYERDING pour récliner le biceps fémoral, ou bien mettre la hanche en extension et le membre en adduction pour éviter de léser le nerf sciatique (Palmer RH, Aron DN, Purinton PT, 1988).

- **Mise en place du montage**

(1) Mise en place du clou de STEINMANN (ORMROD A. N., 1968)

Pour la mise en place du clou de STEINMANN ; la voie rétrograde est choisie, le segment proximal de l'os est extrait de la plaie en le levant pour permettre l'insertion du clou. Il est ensuite poussé dans le canal médullaire et il perfore la corticale de l'extrémité proximale, puis les tissus mous et enfin la peau (photo 7). Puis, il est retiré entièrement, le mandrin est enlevé et le clou retourné, de sorte que sa pointe se trouve dans le mandrin et que son extrémité mousse se trouve en avant. Elle est alors introduite à nouveau dans le canal et parcourt le même trajet jusqu'à ce qu'elle émerge à nouveau de la peau.

Le mandrin est, ensuite, remplacé à l'extrémité mousse du clou, les os sont mis en alignement à l'aide d'un davier à os et le clou est enfoncé dans le canal médullaire du segment distal jusqu'à ce que la pointe soit dans l'os réticulé de l'épiphyse distale (Photo 8).



Photo 7: insertion de la broche centromédullaire montrée par voie rétrograde (en direction de la flèche).

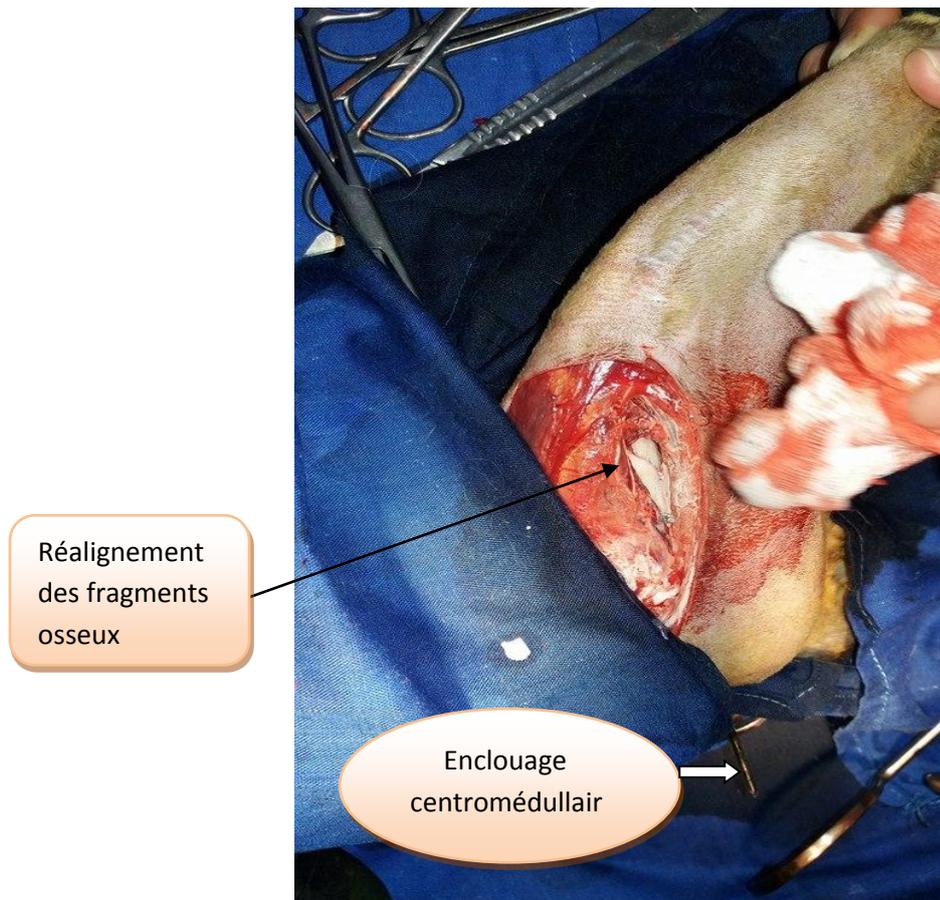


Photo 8: L'enclouage poussé et ancré dans l'os spongieux épiphysaire distal.

(2) Stabilisation :

Dans le cas d'une fracture fémorale oblique longue il est indispensable d'insérer une broche centromédullaire avec des fils de cerclages qui présentent une résistance omnidirectionnelle aux forces de flexion (photo 9). La fixation doit être très stable parce que s'il est immobilisé, l'os peut cicatriser en présence d'une infection (BRINKER W.O., PIERMATTEI D.L., FLO G.L., 2009).

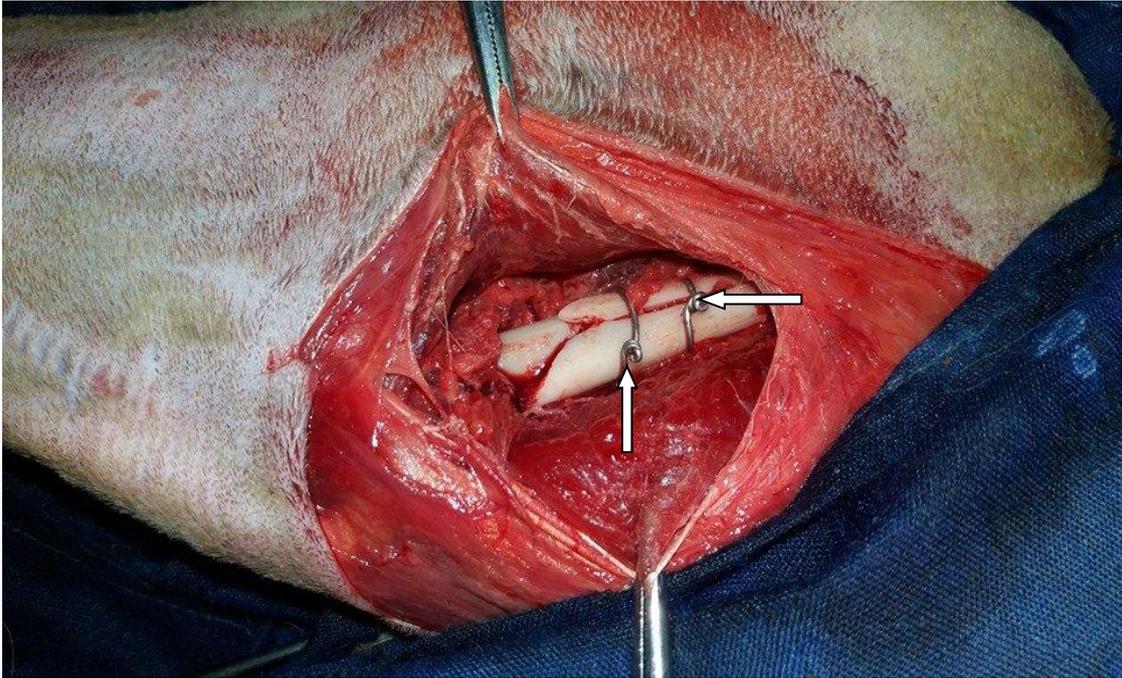


Photo 9 : Solidarisation de la broche centromédullaire par les fils de cerclages indiqués par les flèches.

Postopératoires :

(1) Reconstruction

Pour l'abord du sommet du grand trochanter, le muscle vaste latéral est réinséré médialement aux tendons des muscles fessiers profond et moyen et latéralement au tendon du muscle fessier superficiel. Des points en U sont utilisés pour suturer le tendon du muscle fessier superficiel (photo 10). Le fascia lata est, ensuite, suturé au biceps fémoral. Puis on réalise un surjet sous cutané et la peau est suturée (photo 11).

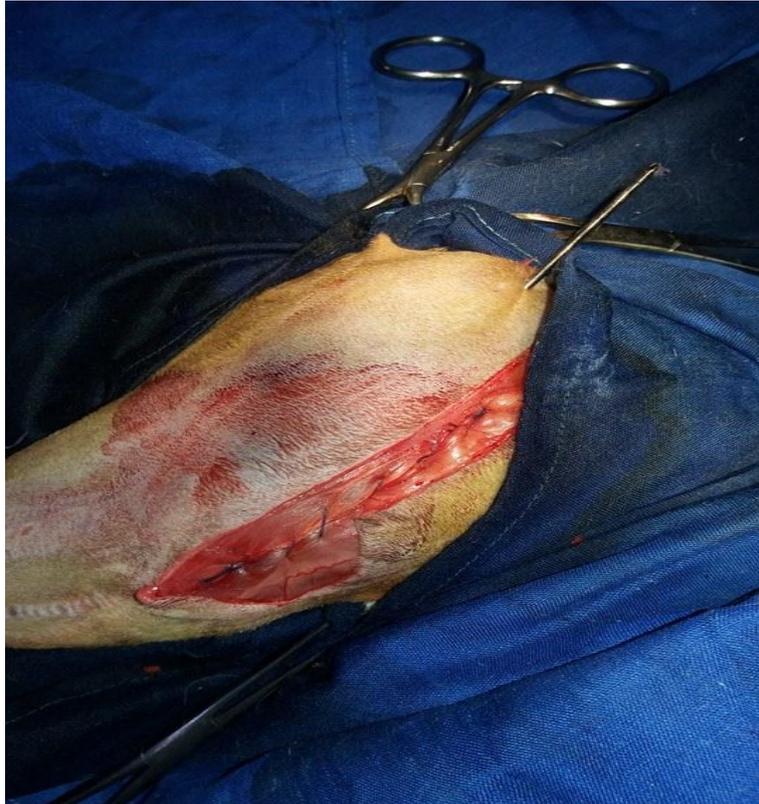


Photo 10: Suture du tendon et du muscle fessier superficiel par des points en U.



Photo 11: Suture du plan cutané par des points simples séparés.

- Afin de réduire les risques d'infections de la plaie chirurgicale un spray antiseptique cutané est appliqué tout au long de la plaie.
- L'animal est confiné et l'exercice restreint à des promenades en laisse jusqu'à consolidation de la fracture. La consolidation osseuse est généralement obtenue en 12 à 18 semaines, en fonction du type de fracture et des caractéristiques de l'animal.
- La dernière étape consiste à la mise en place d'un plâtre autour du foyer fracturaire (photo 12).



Photo 12 : Mise en place d'un plâtre autour du membre opéré.

- Des clichés radiographiques doivent être réalisés toutes les 6 semaines jusqu'à l'obtention d'une image satisfaisante.

III-2-2- Cas n°2:

Considérations anatomiques :

La surface crâniale plane du radius est idéale pour y apposer une plaque; cependant, une interférence avec les tendons est possible. La face médiale peut être utilisée pour stabiliser les fractures distales du radius en y apposant une plaque. La veine céphalique croise la face médiale du radius distal. La faible épaisseur des tissus mous et l'irrigation vasculaire marginale explique le pourcentage élevé des retards de consolidation et de non-unions chez les chiens de race miniature (Welch JA, Boudrieau RJ, DeJardin LM et coll, 1997).

Procédé :

- **Abord**

- Après avoir anesthésié le patient, on prépare le membre antérieur sur toute sa circonférence depuis la région supérieure de l'épaule jusqu'aux phalanges. Placer l'animal en décubitus dorsal. Recouvrir le membre suspendu de champs stériles (Voir photo 13).



Photo 13: positionnement des champs opératoires sur toute la circonférence du membre.

- La prochaine étape consiste à enlever les fils de sutures, nettoyer et enlever les tissus nécrosés sur la plaie chirurgicale.

- Palper le radius, directement accessible à la plaque d'ostéosynthèse. Ecarter les deux berges de la plaie pour exposer la plaque. A l'aide d'un tournevis d'orthopédie ou d'une

vrille à manche on retire les visses pour permettre le retrait de la plaque d'ostéosynthèse comme le montre la (photo 14,15).



Photo 14: Les visses retirées à l'aide d'un tournevis muni d'un système de préhension.



Photo 15 : les visse se trouvent loin du bord court et de la plaque et du segment osseux, la flèche indique la plaque vissée.

- **Stabilisation**

- Dans le cas d'une non-union d'une fracture du radius-cubitus une immobilisation est réalisée par fixation externe, dans ce cas clinique le moyen employé est la coaptation qui fait appel à un matériel de pansement.

- Sans qu'on ait besoin de raser les poils, le pansement est suffisamment serré pour qu'il force les segments fracturés à rester en opposition tout en permettant une ample circulation du sang dans la région traumatisée.

- Une bande est ensuite déroulée à la hauteur de la fracture et en continuant vers le haut et vers le bas du membre en s'assurant que la pression est uniforme. Une fois le bandage est terminé l'enclouage centromédullaire est retiré en toute sécurité (photo 16).



Photo 16 : Application d'un bandage et retrait de l'enclouage centromédullaire.

- **Postopératoire**

Un cliché radiographique réalisé 14 jours après la chirurgie réparatrice montre au niveau du radius un cal qui fait pontage entre les bouts osseux et qui commence à se minéraliser, une irrégularité du périoste est visible à proximité du foyer de fracture (photo 17).

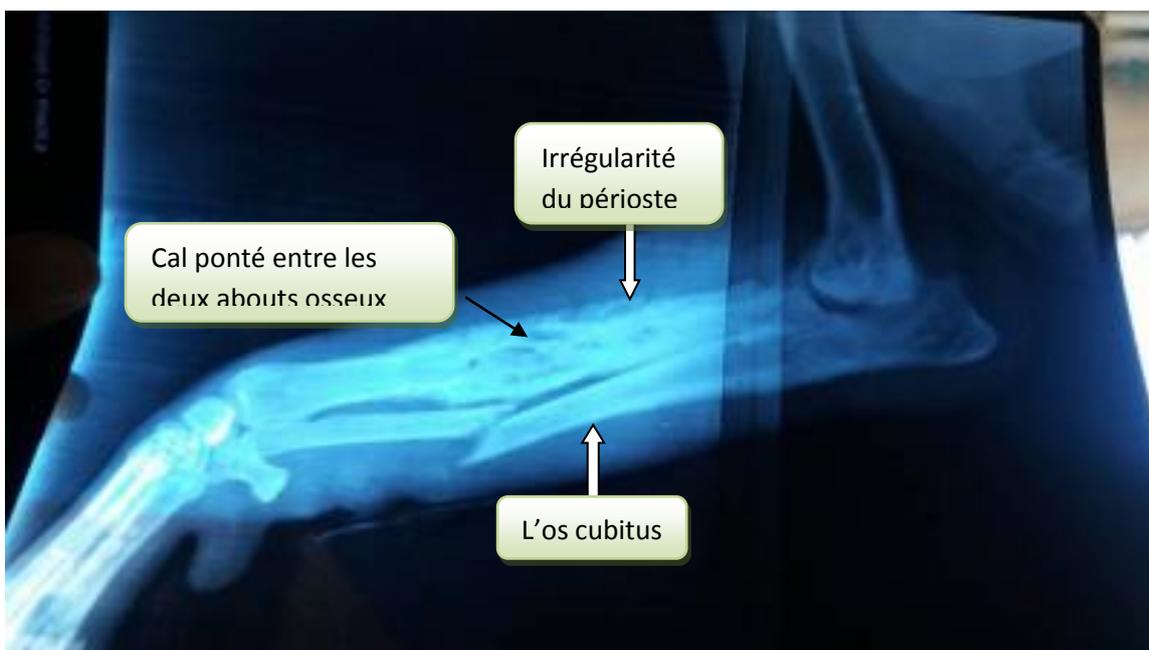


Photo 17 : Aspect radiographique de la fracture 14 jours après la chirurgie réparatrice, Incidence médio-latérale.

IV. Discussion :

IV-1- Cas n°1 :

Le cas n°1 présentant une fracture fémorale diaphysaire a été traité par un enclouage centromédullaire. A l'heure actuelle, les avantages de l'enclouage centro-médullaire dans le traitement des fractures fémorales diaphysaires sont bien connus : bonne réduction, respect de la vascularisation périostée, stabilité et résistance mécanique. Il est indiqué dans les fractures diaphysaires de l'humérus, du fémur, du tibia ainsi que des métacarpiens et des métatarsiens. Il est contre-indiqué dans les fractures du radius à cause du point d'insertion qui interfère avec l'articulation du carpe. L'intérêt biomécanique des clous centromédullaires réside dans leur excellente résistance aux forces de flexion (WELCH FOSSUM T., 2007). Contrairement à d'autres implants tels que les plaques et les fixateurs externes, les clous centromédullaires présentent une résistance omnidirectionnelle aux forces de flexion, en outre leur pose est relativement aisée et le coût est limité. Rappelons qu'ils permettent le traitement de la fracture à foyer fermé ce qui constitue un avantage majeur. La seule résistance à la rotation qu'offre le clou centromédullaire provient du frottement entre l'os et le clou. Le contact et le frottement entre le clou et l'os spongieux épiphysaire dépendent de la quantité de ce dernier et du bon positionnement du clou. En fait, le contact os-clou n'est pas efficace car le diamètre de la cavité médullaire varie le long du fémur, limitant le frottement généré entre les deux surfaces (WELCH FOSSUM T., 2007). En effet, chez le chat, l'adéquation entre le diamètre du clou et celui de la cavité médullaire est aisée, en revanche chez le chien, elle est limitée par l'incurvation de l'os et les importantes variations des sections diaphysaire (DUHAUTOIS, 1993), Le stress associé à une fracture instable et les micromouvements au niveau du clou qui en résultent, peuvent être à l'origine d'une destruction osseuse et d'une migration du clou. A cause de cette limitation mécanique, les enclouages simples doivent être complétés par d'autres implants tels que des cerclages ou des fixateurs externes, pour accroître la résistance rotationnelle et axiale. Lors de ces associations, le rapport entre le diamètre du clou et la diaphyse fémorale est ajusté en fonction du matériel choisi : ce rapport est de 60 à 70 % pour une association avec un cerclage, de 50 à 60 % avec un fixateur externe et de 40 à 50 % avec une plaque (WELCH FOSSUM T., 2007).

Le traitement des fractures chez le chaton est délicat étant donné la fragilité des corticales et la présence d'un os spongieux abondant. Pour cette raison, un traitement conservateur peut être choisi. Il consiste en la mise en place d'un pansement contentif ou d'un plâtre. Ce choix présente l'avantage de permettre une fixation non rigide du foyer fracturaire et d'éviter l'aggravation des dommages vasculaires. Il nécessite une surveillance attentive, en outre, les indications sont limitées et les complications peuvent se révéler dramatiques (PUCHEU, 2003).

Les mauvais résultats de l'enclouage centromédullaire simple sont la plupart du temps liés à une migration de l'implant, à un télescopage ou à la rotation du fragment distal par rapport au fragment proximal, limitant les indications de cette technique aux fractures simples et engrenées (DUHAUTOIS, 1995). Pour cela Le clou verrouillé est indiqué, c'est un clou centromédullaire dont les parties proximale et distale sont fixées au fémur par des visses transfixantes, permettant une stabilisation axiale et en torsion nécessaire à l'extension des indications de l'enclouage centro-médullaire (BRINKER W.O., PIERMATTEI D.L., FLO G.L., 2009). Le verrouillage proximal et distal d'un enclouage permet de neutraliser les contraintes de rotation et de translation.

Ne pas placer de visses de verrouillage près du foyer de fracture (les études préconisent une distance de 5 à 10 cm mais cela n'est pas toujours possible). En effet, la présence de visses de verrouillage au voisinage du foyer de fracture favorise une rupture de fatigue de l'implant au niveau des orifices de verrouillage (DUHAUTOIS, 2001).

IV-2- Cas n°2 :

Pour le cas n°2 une association plaque d'ostéosynthèse et un enclouage centromédullaire a été effectué pour le traitement de l'os radius-ulna. Nous verrons, ici, le résultat de l'étude réalisée afin de comparer la résistance mécanique de ces deux types de montage aux différentes contraintes. Les différentes études qui se sont intéressées à ces implants ont montré une meilleure résistance du clou verrouillé aux contraintes en torsion, en flexion et en cisaillement par rapport à une plaque (DUHAUTOIS, 2001). Par contre, l'association d'une plaque d'ostéosynthèse et d'un clou centro-médullaire de Steinmann se révèle plus rigide que le clou verrouillé (CHAMBON, 2003). Le clou verrouillé offre un avantage majeur par rapport à la plaque car siégeant très près de l'axe neutre du radius fracturé, il n'entraîne pas de déminéralisation osseuse par décharge de contrainte selon la loi de Wolf (DUHAUTOIS, 1995), la mise en place d'un clou verrouillé nécessite une dissection et une exposition réduite des tissus mous et si la vascularisation médullaire est lésée lors de l'introduction, elle est rétablie en quelques semaines contrairement à la pose d'une plaque qui endommage fortement la vascularisation périostée et nécessite une dissection et une exposition plus importante des tissus mous. Enfin, la position intramédullaire du clou verrouillé évite l'apparition de lésions des muscles, des nerfs et des tissus adjacents (DUHAUTOIS, 2001).

Les fractures du radius et de l'ulna représentent de 8,5 à 17% de toutes les fractures rencontrées chez le chien, dans le cas clinique présenté le traitement consistait à l'association d'une plaque d'ostéosynthèse à un enclouage centro-médullaire sur le radius, tandis qu'aucun traitement orthopédique ou chirurgical n'ait été effectué sur l'ulna.

Les complications postopératoires à long terme (dans les 3 à 6 semaines voir des mois suivant l'intervention) ne sont diagnostiquées que plusieurs semaines après le traitement chirurgical. Elles peuvent mettre en cause le traitement chirurgical mais peuvent aussi être secondaires à l'étendue des lésions initiales (comminution, lésions des tissus mous et infection chronique), c'est le cas de l'ostéomyélite chronique qui fait généralement suite à une ostéomyélite aiguë incorrectement ou non traitée mais peut aussi se développer de manière insidieuse autour de corps étrangers (surtout sur le matériel d'ostéosynthèse). Le diagnostic d'ostéomyélite chronique se base sur l'examen clinique, mais aussi sur les signes radiographiques qui révèlent une lyse osseuse au sein de l'os, ainsi qu'une réaction

périostée irrégulière, en « séquestres ». Un séquestre correspond à un fragment osseux au sein du site de fracture ou à proximité, sans vascularisation et pouvant s'infecter. Dans ce dernier cas, il forme une source de réinfection chronique qu'il faut retirer chirurgicalement pour traiter l'ostéomyélite qui en découle. À la radiographie, les séquestres sont mis en évidence comme des éléments osseux entourés par une plage de densité diminuée au sein ou à proximité du fût osseux. L'os normal en périphérie est généralement de densité augmentée en raison d'une sclérose réactionnelle.

L'aspect de l'os en contact avec le matériel d'ostéosynthèse doit aussi être inspecté à la radiographie. Des signes de lyse autour des implants ou de prolifération périostée, peuvent signer un processus infectieux. Celui-ci peut engendrer une mobilité excessive de l'implant et donc une perte de stabilité défavorable au processus de cicatrisation. L'ostéomyélite chronique est donc souvent responsable du retard de consolidation voire de pseudarthrose. Il est intéressant, lors de reprise chirurgicale, d'effectuer un examen bactériologique (outil diagnostique et thérapeutique) (Kanakaris, NK., Paliobeis, C, Manidakis, N., and Giannoudis, PV, 2007. Milovancev, M, Muir, P, Manley, P.A., Seeherman, H.J., and Schaefer, S, 2007. Piermattei, DL., Flo, GL., and DeCamp, CE, 2006).

La principale cause de l'ostéomyélite dans ce cas est le traitement chirurgical inadéquat, La plaque d'ostéosynthèse posée sur le radius devait être plus longue pour maintenir toute la longueur du radius avec une transfixation proximale et distale. Dans le cas des fractures du radius cubitus chez le chien il est souvent difficile d'obtenir un alignement parfait des abouts osseux sans aide à une bonne réduction osseuse et une stabilisation rigide. Il existe plusieurs moyens de réduction indirecte du foyer de la fracture (C.C. Hudson, D.D. Lewis, A. Pozzi, 2012) : suspension du membre, utilisation des fixateurs externes et insertion d'un enclouage centromédullaire dans l'ulna.

L'enclouage de l'ulna maintient efficacement l'alignement du membre dans les plans crânio-caudal et latéro-médial pendant la mise en place de la plaque. Il peut se faire de manière directe ou rétrograde mais la voie directe est beaucoup plus difficile.

V. Conclusion :

Les fractures de la diaphyse fémorale et celle du radius-cubitus sont très fréquentes chez les carnivores domestiques, mais néanmoins souvent citées comme un cas particulier de fracture de l'ulna. Si les auteurs indiquent souvent une méthode de réparation basée sur leurs connaissances et expérience chirurgicale, il est rarement fait allusion aux complications et au suivi.

Il existe plusieurs méthodes de reconstruction osseuse des membres antérieurs ou postérieurs. La plus répandue étant probablement l'utilisation de plaque vissée. Les fixateurs externes sont de plus en plus laissés de côté au profit des nouvelles techniques même s'ils gardent toute leur place dans certains types de fractures, notamment les fractures très comminutives du troisième degré et celles incluant une grande perte de substance osseuse. L'enclouage centromédullaire et les cerclages sont encore utilisés seuls dans le cas des fractures fémorales diaphysaires ou comme moyen de fixation complémentaire lors d'utilisation de plaques vissées (Ex : fracture du radius) ou de fixateurs externes. Le clou verrouillé est quant à lui peu utilisé de nos jours.

La stabilisation et la fixation par plaque vissée est très certainement la méthode la plus utilisée pour la réparation des os des membres, celle-ci est indiquée dans le cas des fractures du radius. Tout comme il est convenable d'utiliser l'enclouage centromédullaire pour les fractures de l'ulna.

Pour conclure ce travail, il est bon de choisir avec beaucoup de soin la méthode qui permettra le mieux de réparer la ou les fractures chez les carnivores domestiques, et de donner la préférence à celle qui est la plus conservatrice tout en étant celle qui convient le mieux au cas considéré.

Références bibliographiques :

1. Anonyme1:

<http://www.votreveto.net/cliniqueveterinairedelaposte/Publication/Show.aspx?item=1310>, consulté Février 2016.

2. Autefage, A, 1992 : Consolidation des fractures. Encyclopédie Vétérinaire, Orthopédie, n°3100, 8p.

3. Barone R., (1999) Anatomie Comparée des mammifères domestiques. Tome 1: Ostéologie, 4^{ème} ed. Vigot Frères, Paris, 761 p.

4. BEALE BS, 2007: Practical treatment of comminuted fractures for the general practitioner. Annual North American Veterinary, Conference, Orlando (USA).

5. Brinker et al., 1990 : Manuel d'orthopédie et de traitement des fractures des petits animaux, 2^{ème} édition, copyright 1990 BRINKER. PIERMATTEI, FLO.

6. BRINKER W. O., HOHN R. B., PRIEUR W.D, 1984: Manual of internal fixation in small animals. Springer-Verlag, pp.64–69.

7. BRINKER W.O., PIERMATTEI D.L., FLO G.L. (2009) Manuel d'orthopédie et traitement des fractures des animaux de compagnie Med'com, 100 à 112 et 512-557.

8. C.C. Hudson, D.D. Lewis, A. Pozzi, 2012: Minimally Invasive Plate Osteosynthesis in Small Animals Radius and Ulna Fractures. Vet. Clin. Small Anim. 42; 983-996.

9. Caywood, DD., Wallace, LJ., and Braden, TD, 1978 : Osteomyelitis in the dog : a review of 67 cases. J Am Vet Med Assoc., 172, 943-946.

10. CHAMBON M, 2003 : Etude mécanique comparative de deux montages d'ostéosynthèse en soutien : association clou centro-médullaire et plaque sécable VCP versus clou verrouillé.

11. CHANOIT G, MATHON DH, AUTEFAGE A. Aspects fondamentaux de la cicatrisation osseuse et de sa pathologie. Application aux cas particuliers des pertes de substances osseuses diaphysaires. *Revue Méd Vét.*1999; 150(11):851-68.

12. CHANOIT G.,MATHON D.H.,AUTEFAGE A. Aspects fondamentaux de la cicatrisation osseuse et de sa pathologie : Application aux pertes de substances osseuses diaphysaires. *Revue Méd Vét.* 1999 ; 150(11) : 851-868.

13. DENNY HR, BUTTERWORTH SJ, 2000: Fracture healing. In: A guide to canine and feline orthopaedic surgery, 4ème Ed. Paris: Blackwell Science Ltd, 2000. 3-17.

14. **DENNY HR, BUTTERWORTH SJ.** Fracture healing. In: A guide to canine and feline orthopaedic surgery, 4ème Ed. Paris: Blackwell Science Ltd, 2000. 3-17.)(HARRIS R. Fracture healing. In: WHITTICK WG Canine orthopedics, 2ème Ed. Londres: Lea et Febriger, 1990. 158-165.
15. **DENNY HR, BUTTERWORTH SJ.** Fracture healing. In: A guide to canine and feline orthopaedic surgery, 4ème Ed. Paris: Blackwell Science Ltd, 2000. 3-17.
16. **DUHAUTOIS B.** (1993) L'enclouage verrouillé en chirurgie vétérinaire : de la conception aux premiers cas cliniques Prat. Med. Chir. Anim. Comp. 28, 657-683.
17. **DUHAUTOIS B.** (1995) L'enclouage verrouillé vétérinaire : etude retrospective sur 45 cas Prat. Med. Chir. Anim. Comp. 30, 613-630.
18. **DUHAUTOIS B.** (2001) L'enclouage verrouillé dans le traitement des fractures du chien et du chat : étude rétrospective sur 121 cas Prat. Med. Chir. Anim. Comp. 36, 481-496.
19. **Ellis, H, 1958:** The speed of healing after fracture of the tibial shaft. J. Bone Joint Surg., 40 B, 1 (Feb 1958), 42-46.
20. **Evans H. E., 1993:** Miller's anatomy of the dog, 3rd ed. W. B. Saunders, Philadelphia, 1113 p.
21. **F. Collard, 2002 :** "Les Greffes Osseuses en médecine vétérinaire," Thèse vétérinaire, Paul Sabatier, Toulouse.
22. **FOSSUM TW, DEWEY CW, HORN CV et al. Small animal Surgery.** 4th ed. Elsevier Mosby, St Louis, Missouri, 2013, 1619 p.
23. **Freyberg Rw, 1967:** The joints. In Sodeman WA, Sodeman WA, Jr. (eds) : Pathologic Physiology : Mechanisms of Disease, Philadelphia, W. B. Saunders company, 1967, Chapter 32.
24. **Gardner E, 1972:** Structure and function of joints. In Hollander JL (ed) : Arthritis and Allied Conditions. Philadelphia, Lea & Febiger, 1972, pp 32-50.
25. **Genevois J.-P., 2003:** *Cours magistral E.N.V.L.*, Document pédagogique interne à l'Ecole Nationale Vétérinaire de Lyon.
26. **Gibson, 1982:** The mechanics of two dimensional cellular materials, Proc R soc Lond. Londres.

27. **Gustilo, RB. and Anderson, JT, 1976** : Prevention of infection in the treatment of one thousand and twenty-five open fractures of long bones: retrospective and prospective analyses. *J. Bone Joint Surg.Am.*, 58, 453-458.
28. **HARRIS R, 1990**: Fracture healing. In: WHITTICK WG *Canine orthopedics*, 2ème Ed. Londres: Lea et Febriger, 1990. 158-165.
29. **Johnson et al., 2005**: HOUTLON JEF et VANNINI R. *AO principles of fracture management in the dog and cat*. Thieme, Davos (Suisse), 529 p.
30. **Kanakaris, NK., Paliobeis, C, Manidakis, N., and Giannoudis, PV, 2007**: Biological enhancement of tibial diaphyseal aseptic non-union: the efficacy of autologous bone grafting, BMPs and reaming by-products. *Injury, Int. J. Care Injured*, 38S, S65-S75.
31. **Kanakaris, NK., Paliobeis, C, Manidakis, N., and Giannoudis, PV, 2007** : Biological enhancement of tibial diaphyseal aseptic non-union : the efficacy of autologous bone grafting, BMPs and reaming by-products. *Injury, Int. J. Care Injured*, 38S, S65-S75.
32. **Leonard et al., 1974** : *Chirurgie orthopédique du chien et du chat* par Ellis P. LEONARD, B.S., D.V.M. Vigot frères 1974.
33. **Madewell MR., Pool R**: Neoplasms of joints and related structures. *Vet Clin North Am* 20 : 511-521,1978. *Manual of internal fixation in small animals* Springer-Verlag, 165-176.
34. **Mills, D.L. and Jackson, A.M, 2003**: Delayed unions, nonunions, and malunions. In *Textbook of small animal surgery*. 3rd ed. Philadelphia: Saunders, 1849-1861.
35. **Milovancev, M, Muir, P, Manley, P.A., Seeherman, H.J., and Schaefer, S, 2007**: Clinical application of recombinant human bone morphogenetic protein-2 in 4 dogs. *Vet Surg.*, 36, 132-140.
36. **Nolte, A.M., Fusco, J.V., and Peterson, M.E, 2005** : Incidence of and predisposing factors for nonunion of fractures involving the appendicular skeleton in cats: 18 cases (1998-2002). *J Am Vet Med Assoc*, 226(1), 77-82.
37. **Oni, OOA., Hui, A., and Gregg, PJ, 1988** : The healing of closed tibial shaft fractures: the natural history of union with close treatment. *J Bone Joint Surg.*, 70-B(5), 787- 790.
38. **ORMROD A.N.,1968**: *Guide pratique de chirurgie opératoire du chien et du chat*, Vigot, 178-192.

39. **Palmer RH, Aron DN, Purinton PT, 1988:** Relationship of fémoral intramedullary pins to the sciatic nerve and gluteal muscles after retrograde and normograde insertion. *Vet Surg* 17 : 65.
40. **Phillips IR, 1979:** A Survey of bone fractures in the dog and cat. *Journal of Small Animal Practice* 1979, 20: 661-674.
41. **PIERMATTEI D. L., JOHNSON K.A, 2004:** An atlas of surgical approaches to the bones of dog and cats Saunders, 333-355.
42. **PIERMATTEI DL, FLO GL et DECAMP E, 2009 :** Manuel d'orthopédie et traitement des fractures des animaux de compagnie. Quatrième édition, Med'com.
43. **Piermattei, DL., Flo, GL., and DeCamp, CE, 2006:** Fractures of the tibia and fibula. In *Handbook of small animal orthopedics and fracture repair*. 4th ed. Philadelphia : Saunders, 633-660.
44. **PUCHEU B., BARREAU P., DUHAUTOIS B, 2003:** Fractures diaphysaires chez le chiot et le chaton *Point vét.* Vol. 34, 124-127.
45. **PUCHEU, 2003 :** Fractures diaphysaires chez le chiot et le chaton *Point vét.* Vol. 34, 124-127.
46. **RAHN BA, 1982:** Bone healing: histologic and physiologic concepts. In: SUMMER-SMITH G. *Bone in clinical orthopaedics-A study in comparative osteology*. Londres: WB Saunders Company. 335-386. Thèse de doctorat vétérinaire, Toulouse.
47. **Richardson, E.F. and Thacher, C.W, 1993 :** Tibial fractures in cats. *Compend Contin Educ Pract Vet*, 15, 383-394.
48. **Rochat, MC, 2001:** Preventing and treating osteomyelitis. *Vet Med*, 96, 678-685.
49. **T. Launois, R. Perrin, J. Denoix, and C. Defline :** *Guide Pratique d'orthopédie et de chirurgie équine*, Med'com. 2012.
50. **Toombs, J.P., Wallace, L.J., Bjorling, D.E., and Rowland, G.N, 1985 :** Evaluation of Key's hypothesis in the feline tibia: an experimental model for augmented bone healing studies. *Am J Vet Res.*, 46(2), 513-518.
51. **Viateau V.** *Traitement général des fractures*. Polycopié. Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort, Unité pédagogique de Pathologie chirurgicale, 2004-2005, 72 p.
52. **WELCH FOSSUM T, 2007:** *Small animal surgery* Mosby, 930-1051.
53. **Welch JA, Boudrieau RJ, DeJardin LM et coll, 1997:** The intraosseous blood supply of the canine radius: Implications for healing of distal fractures in small dogs. *Vet Surg* 26:57.

54. WOODWARD J.C. et RISER W.H, 1991: Morphology of fracture nonunion and osteomyelitis, in fractures complications. *Vet Clin. North. Am. (Small Anim. Pract.)*, 21, 4, 813-844.