



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 DESCRIPTIVE DES FRACTURES DU MEMBRE PELVIEN CHEZ LE
CHIEN (REVUE BIBLIOGRAPHIQUE)**

Présenté par
AKNINE KENZA

Soutenu le 15/07/2021

Devant le jury :

Président(e) :	TRIKI, R.R.Y.	PR	ISV-BLIDA
Examineur :	TARZAALI, D.	MAA	ISV-BLIDA
Promoteur :	BESBACI, M.	MCA	ISV-BLIDA
Co-Promoteur :	YAHIMI, A.E.K	MCB	ISV-BLIDA

Année : 2020/2021

REMERCIEMENTS

Je remercie dieu de m' avoir guidé et donné la force et le courage pour terminer ce travail.

Je tiens à remercier mon promoteur monsieur Besbaci Mohamed et mon Co-promoteur monsieur Yahimi Abed-el-Karim pour leurs soutien et leurs encouragements.

Je tiens à remercier les membres du jury d' avoir accepté d' examiner et de juger ce modeste travail.

Président du jury monsieur Triki Yamani.

A madame Terzali Dalila, l' examinatrice de mon projet.

Au docteur Mimouni, pour avoir mis son cabinet à ma disposition, et pour tous ces conseils et son aide.

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail :

À ma super maman chérie, mon héroïne, ma source d'inspiration. Tu as toujours été là pour moi, et à aucun moment tu n'as cessé de me couvrir de ta tendresse. Tout ce que je pourrais écrire ne pourra jamais suffire à exprimer tout ce que je te dois, et si je suis arrivée là aujourd'hui c'est grâce à toi. Merci pour ton soutien de tous les instants, qui m'a encouragé à poursuivre mon chemin.

À mes frères Billel et Karoune, je suis tellement chanceuse d'avoir des frères biens veillant comme vous, vous êtes ma source de joie et de bonheur je vous aime beaucoup.

À toutes la famille Kaciane, merci pour votre amour, présence, soutien et bienveillance.

À Salah et toute la famille Mestoui.

À monsieur Yahimi, pour sa patience, sa disponibilité et son aide précieuse.

Je remercie particulièrement le docteur Mimouni, pour le temps qu'il m'a consacré, le savoir et l'amour du métier qu'il m'a transmis.

À ma très chère Baya, à part le chocolat tu es ma préférée.

À mes amis Hanna, Sarah, Inés, Sarah gigi, Yasmine, Assala, Anis, Kamel, merci pour tous nos bons souvenirs.

Résumé

Une fracture est une rupture du tissu osseux qui provoque une douleur aiguë, nécessitant l'intervention du vétérinaire.

En effet, les petits carnivores sont souvent exposés à des accidents, qui provoquent des fractures (Les accidents de la voie publique, bagarre avec un autre animal, chute d'une fenêtre ou d'un balcon...). D'autres causes pathologiques peuvent également être responsables de fracture telle qu'une tumeur osseuse ou une ostéoporose.

Chaque fracture reste unique et a ces propres caractéristiques, car elle dépend de plusieurs conditions (l'âge de l'animal, son état général, le type et la localisation de la fracture elle-même), d'où la diversité des traitements envisagés.

Le vétérinaire doit suivre un protocole défini : un examen clinique en premier pour localiser le lieu de la douleur, puis un examen radiologique sous plusieurs angles est exigé pour confirmer l'existence de la fracture suspectée.

L'analyse radiographique constitue la pièce maîtresse qui déterminera le choix du traitement (traitement conservateur ou chirurgical).

Ce dernier doit offrir une stabilité complète et une récupération fonctionnelle rapide.

Le pronostic dépendra de l'état général du chien. Une surveillance accrue doit être effectuée durant les premières 48h qui suivent l'accident pour veiller à couvrir l'état de choc et stabiliser l'état général du chien. Aucun traitement ne peut être entrepris avant la stabilisation.

Il existe aujourd'hui plusieurs méthodes thérapeutiques : traitement orthopédique, remplacement prothétique, les possibilités d'ostéosynthèse sont nombreuses : broches, plaques, fixateurs externes.

Un traitement postopératoire adapté est nécessaire pour obtenir une bonne cicatrisation et de diminuer les risques de contaminations et de séquelles (anti inflammatoires, antalgiques, antibiotiques ...).

Des contrôles postopératoires sont nécessaires pour suivre l'évolution de la cicatrisation osseuse.

Mots-clés : Fracture – chien- vétérinaire – ostéosynthèse- carnivores

ملخص

الكسر هو كسر في أنسجة العظام يسبب ألمًا شديدًا يتطلب تدخلًا بيطريًا.

في الواقع، غالبًا ما تتعرض الحيوانات آكلة اللحوم الصغيرة للحوادث تسبب الكسور (حوادث الطرق، القتال مع حيوان آخر، السقوط من التي النافذة أو الشرفة، إلخ). يمكن أن تكون الأسباب المرضية الأخرى مسؤولة أيضًا عن كسر مثل ورم العظام أو هشاشة العظام.

يبقى كل كسر فريدًا وله خصائصه الخاصة، لأنه يعتمد على عدة شروط (عمر الحيوان، حالته العامة، نوع الكسر نفسه وموقعه)، ومن هنا تنوع العلاجات التي يتم أخذها في الاعتبار.

يجب أن يتبع الطبيب البيطري بروتوكولًا محددًا: الفحص السريري أولاً لتحديد مكان الألم، ثم الفحص الإشعاعي من عدة زوايا لتأكيد وجود الكسر المشتبه به.

بعد التحليل الشعاعي هو المحور الذي سيحدد اختيار العلاج (العلاج المحافظ أو الجراحي).

يجب أن يوفر الأخير استقرارًا كاملاً واستردادًا وظيفيًا سريعًا.

سيعتمد التكهن على الحالة العامة للكلب. يجب إجراء مراقبة متزايدة خلال الـ 48 ساعة الأولى بعد الحادث للتأكد من تغطية حالة الصدمة واستقرار الحالة العامة للكلب. لا يمكن بدء العلاج قبل التثبيت.

يوجد الآن العديد من الطرق العلاجية: علاج تقويم العظام، واستبدال الأطراف الاصطناعية، وإمكانيات تركيب العظام عديدة: دبابيس، ولوحات، ومثبتات خارجية.

العلاج المناسب بعد الجراحة ضروري للحصول على شفاء جيد وتقليل مخاطر التلوث والمضاعفات (الأدوية المضادة للالتهابات والمسكنات والمضادات الحيوية وما إلى ذلك).

الفحوصات بعد الجراحة ضرورية لمراقبة تقدم التئام العظام.

الكلمات المفتاحية: كسر - كلب - طبيبيطري - تخليق عظم - آكلات اللحوم

Abstract

A fracture is a break in bone tissue that causes severe pain, requiring veterinarian intervention.

Indeed, small carnivores are often exposed to accidents, which cause fractures (road accidents, fighting with another animal, falling from a window or a balcony, etc.). Other pathological causes can also be responsible for a fracture such as a bone tumor or osteoporosis.

Each fracture remains unique and has its own characteristics, because it depends on several conditions (the age of the animal, its general condition, the type and location of the fracture itself), hence the variety of treatments considered. .

The veterinarian must follow a defined protocol: a clinical examination first to locate the place of pain, then a radiological examination from several angles is required to confirm the existence of the suspected fracture.

The radiographic analysis is the centerpiece that will determine the choice of treatment (conservative or surgical treatment).

The latter must offer complete stability and rapid functional recovery.

The prognosis will depend on the general condition of the dog. Increased surveillance should be carried out during the first 48 hours after the accident to ensure that the state of shock is covered and the general condition of the dog is stabilized. No treatment can be started before stabilization.

There are now several therapeutic methods: orthopedic treatment, prosthetic replacement, the possibilities of osteosynthesis are numerous: pins, plates, external fixators.

Appropriate postoperative treatment is necessary to obtain good healing and to reduce the risk of contamination and sequelae (anti-inflammatory drugs, analgesics, antibiotics, etc.).

Postoperative checks are necessary to monitor the progress of bone healing.

Keywords: Fracture - dog - veterinarian - osteosynthesis - carnivores

Introduction Générale :	1
Chapitre 1 :	2
Système squelettique :	2
1. Rappel anatomique et histologique	2
1.1 .Anatomie des os longs	2
1.1.1 Tissu osseux	3
1.1.1.1 Périoste	4
1.1.1.2 Tissu osseux compact	4
1.1.1.3 Tissu osseux spongieux	5
1.1.2 Moelle osseuse	5
1.1.3 Tissu cartilagineux	6
1.2 Anatomie des os courts, plats et irréguliers :	6
1.3. Formation, croissance et réparation de l'os	7
2. Ostéologie de la ceinture et membre pelvien	9
2.1. Os coxal	9
2.2. Fémur	10
2.3 Les os de la jambe (Tibia et fibula)	11
2.4. Tarse et métatarse	12
3. Arthrologie du membre pelvien	13
3.1. L'articulation de la hanche ou articulation coxo-fémorale	13
3.1.1. Les surfaces articulaires	13
3.1.2. Les moyens d'unions, formations complémentaires et moyens complémentaires d'unions	14
3.2 - L'articulation du grasset ou articulation fémoro-tibio-patellaire	15
3.2.1. Surfaces articulaires	15
3.2.2. Les ménisques	15
3.2.3. Capsule articulaire et synoviale	16
3.2.4. Les ligaments	17
3.3. Les articulations du tarse	18
3.3.1. L'articulation cruro-tarsienne	19
3.3.2. Les articulations intrinsèques du tarse	21
3.3.2.1. L'articulation Talo-calcaneenne	21
3.3.2.2. L'articulation médio-tarsienne	21

3.3.2.3. Les articulations inter-tarsiennes distales	22
3.3.3. Les articulations tarso-métatarsiennes	23
3.3.3.1. Les surfaces articulaires	23
3.3.3.2. Les moyens d'union	24
4. Myologie du membre pelvien	24
4.1. Les muscles pelviens profonds	24
4.2. Les muscles postérieurs de la face médiale	25
4.3. Les muscles postérieurs de la face latérale :	26
4.4. Les Muscles de la voute sous-lombaire	27
4.5. Les muscles du genou	28
5. Innervation et vascularisation du membre pelvien	29
5.1 Le système nerveux autonome de la partie pelvienne	29
5.2 Le système vasculaire des membres postérieurs	29
5.2.1 Les artères	29
5.2.2. Réseau superficiel veineux	30
5.2.3. Réseau veineux profond	31
Chapitre 2 :	33
Généralités sur les fractures	33
1. Définition des fractures	33
2. Classification des fractures	33
2.1. Les causes des fractures	33
2.2. Présence d'une plaie externe communiquant avec le foyer de fracture	34
2.3. Localisation, morphologie et gravité des fractures	34
2.3.1. Nomenclature utilisée par l'AO Vet	34
2.3.2. Description des fractures selon l'orientation du trait de fracture	35
2.3.3. Description de l'étendue des fractures	36
2.3.4. Fractures particulières	36
2.4. Classification des fractures de l'épiphyse	37
2.5. Fracture du jeune en croissance	37
3. Diagnostic des fractures	38
3.1 L'examen clinique	39
3.2 Examen complet du membre	40
3.3 Evaluation du degré de contamination	40
3.4. Examen neurovasculaire	41
3.5. Examen radiologique	43
4. Mécanisme de consolidation osseuse	44
4.1. L'hématome fracturaire	45

4.2. Stade de cal mou ou stade primaire	46
4.3. Le cal dur	46
Chapitre 3 :Stratégie thérapeutique (Les traitements des fractures)	48
1. Traitement antalgique	48
2. Antibiothérapie.....	48
2.2. Antibiothérapie locale	51
3. Traitement orthopédique.....	51
4. Traitement chirurgical	51
4.1. Ostéosynthèse par enclouage centromédullaire	51
4.1.1. Clous sans alésage	52
4.1.2. Clous avec alésage	52
4.2. Ostéosynthèse par cerclages.....	52
4.3. Ostéosynthèse par plaques	52
4.4. Ostéosynthèse par fixation externe	53
Chapitre 4 : Pronostic et complications	54
1. Pronostic	54
2. Complications	54
2.1. Complications immédiates	54
2.1.1. Complications générales	54
2.1.1.1. Choc hypovolémique.....	54
2.1.1.2. Embolie graisseuse	55
2.1.1.3. Gangrène gazeuse	55
2.1.1.4. Complications cutanées	55
2.1.1.5. Complications vasculaires	56
2.1.1.6. Complications nerveuses	56
2.1.1.7. Syndrome des loges.....	56
2.2. Complications secondaires.....	56
2.2.1. Pseudarthroses	56
2.2.2. Cals vicieux.....	57
2.2.3. L'ostéomyélite	57
2.2.4. Retard de consolidation	58
2.2.5. Ostéite.....	58

Liste des tableaux :

Tableau 1 :Classification des fractures selon l'AO/ASIF..... 43

Tableau 2 : Molécules employées pour le traitement antibiotique des fractures ouvertes et leurs posologies.....56

Liste des figures :

Figure 1 : Os long sectionné partiellement.	3
Figure 2 : Structure des os longs (Périoste)	4
Figure 3 : Coupe au niveau d'un os long.	6
Figure 4: Histologie du tissu osseux ; os long, court et plat	7
Figure 5 : Croissance et métabolisme osseux	9
Figure 6 : Vue Latérale (A) et ventrale (B) de l'os coxal chez le chien.	10
Figure 7 : Vues craniale(A), caudale(B) et latérale(C) du fémur chez le chien	11
Figure 8 : vues latérale (A), crâniale(B) et caudale(C) du Tibia et fibula chez le chien	11
Figure 9 : vue latérale du pied chez le chien	12
Figure 10 : Articulation coxo-fémorale – vue ventrale –	13
Figure 11 : Coupe frontale et vue latérale de l'acétabulum.	14
Figure 12 : Moyens d'unions de l'articulation de la hanche - vue ventrale	14
Figure 13: Vue proximale du tibia gauche et des ménisques	16
Figure 14 : Articulation du grasset; vue latérale et médiale	17
Figure 15 : Articulation du Grasset chez le chien	18
Figure 16 : Articulations de tarse chez le chien.	20
Figure 17 : Articulations du jarret chez le chien	23
Figure 18 : Schéma représentant les muscles pelvens profonds chez le chien	24
Figure 19 : Muscles profonds de la hanche chez le chien	25
Figure 20 : Schéma représentant les muscles postérieurs chez le chien – médialement-	25
Figure 21 : Schéma représentant les muscles postérieurs chez le chien – latéralement-	26
Figure 22 : Membre postérieur de chien vue latérale (A) – médiale (B)	26
Figure 23 : Schéma représentant les muscles de la voute sous lombaire chez le chien	27
Figure 24 : Muscles sous lombaires du chien, vue latérale	27
Figure 25 : Schéma représentant les muscles du genou chez le chien	28
Figure 26 : Muscles du membre postérieur	28
Figure 27 : Artères du membre pelvien gauche du chien, vue médiale	32
Figure 28 : Situation de l'os et localisation de la fracture sur le fût osseux	35
Figure 29 : Classification des fractures fémorales diaphysaires selon l'AO/ASIF.	36

Figure 30 : la classification des fractures de l'épiphyse selon Salter-Harris	37
Figure 31 : Fracture diaphysaire du fémur avec un grand troisième fragment chez un chien	44
Figure 32 : Les phases de consolidation osseuse	45
Figure 33 :Formation d'un cal osseux	47
Figure 34 :Stabilisation par plaque vissés sur une fracture tibia droit chez un chien.....	53
Figure 35 :Fracture du tibia réparée par un fixateur externe	53

Liste des abréviations :

AMM : autorisation de mise sur le marché.

TGF β : Le transforming growth factor beta.

l'AO Vet : Association d'ostéosynthèse vétérinaire.

l'AO/ASIF : Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthese / Association for the Study of Internal Fixation.

M : muscle.

PDGF: Le platelet-derived growth factor.

PIM : la mesure des pressions intramusculaires.

Introduction Générale :

Les fractures sont des urgences traumatiques fréquentes en médecine vétérinaire, souvent causées par des accidents de la voie publique, des chutes de certaines hauteurs, la chasse, des bagarres entre animaux, et dans certains cas des maltraitances.

Ces traumatismes sont l'une des principales menaces pour la survie des animaux domestiques et sauvages. Ils sont aussi une cause majeure des incapacités et des séquelles fonctionnelles graves qui peuvent avoir des répercussions à court ou à long terme.

Le type de fracture est déterminé par l'accident en cause et l'animal lui-même, son état de santé, son âge, sa race et la partie de l'os atteint. Ainsi il existe plusieurs types de fractures.

D'après certains auteurs. (Harasen, 2003)(Unger, et *al.*, 1990), les fractures diaphysaires comminutives sont très fréquentes en traumatologie vétérinaire canine, le fémur est affecté dans 39 à 45% des cas de fractures des os longs et le tibia dans 15 à 26%, généralement 25 à 35% des fractures fémorales et 23% des fractures tibiales sont comminutives. (Braden, et *al.*, 1995)

Le plus souvent le traitement est chirurgical, il dépend d'une bonne connaissance des bases anatomiques et biomécaniques, des clichés radiologiques pour le suivi de l'évolution du traitement.

Une reconstruction anatomique imparfaite, associée à un temps opératoire prolongé et des dégâts tissulaires iatrogènes, était souvent à l'origine de l'échec de ce type de traitement et d'une prévalence élevée des complications majeures telles que retard ou absence de cicatrisation, refracture, infection, ou lâchage d'implants. (Perren, 2002) (Claes, et *al.*, 1999)

L'intérêt de cette étude est de mettre en évidence l'importance des fractures de os pelviens, leurs détection et d'acquérir les notions favorisant la compréhension de ce phénomène et les différentes options médicales et chirurgicales pour les traiter.

Chapitre 1 : Système squelettique

Introduction : Ce premier chapitre est destiné à citer brièvement les caractéristiques et propriétés physiologiques du tissu osseux, avant d'envisager, dans une deuxième étape, les causes et les types des problèmes osseux notamment les fractures survenant au cours de la vie des animaux, notamment chez le chien. Les os sont des éléments durs et résistants, constituent la charpente du corps de l'animal et l'homme, ont pour plusieurs rôles à savoir ; servent comme un support mécanique, permettent la locomotion en transmettant les forces issues de la contraction musculaire et également protègent les organes internes.

Les os interviennent dans de nombreuses fonctions d'échange avec l'organisme, participant à la formation des cellules sanguines, au stockage de minéraux et au métabolisme du calcium. Dans cette première partie, nous intéressons aux aspects cellulaires et morphologiques du tissu osseux chez les carnivores domestiques.

1. Rappel anatomique et histologique

1.1. Anatomie des os longs

Les os longs se composent de trois principaux fragments anatomiques (Figure 1) :

- L'épiphyse : c'est le centre d'ossification localisée aux extrémités distales et proximales des os longs. Du cartilage est présent à la surface de la région lisse dite « articulaire » de l'épiphyse afin de permettre le glissement interosseux et les mouvements souples. C'est également un important site d'attache musculaire.
- La métaphyse : zone évasée comprise entre les épiphyses et la diaphyse, elle incorpore également la zone de la plaque de croissance osseuse.
- La diaphyse : c'est la partie élancée et compacte, mais la moins épaisse, de l'os qui contient en son centre la cavité médullaire et la moelle osseuse. (Figure1) (Dupuy, 2020).

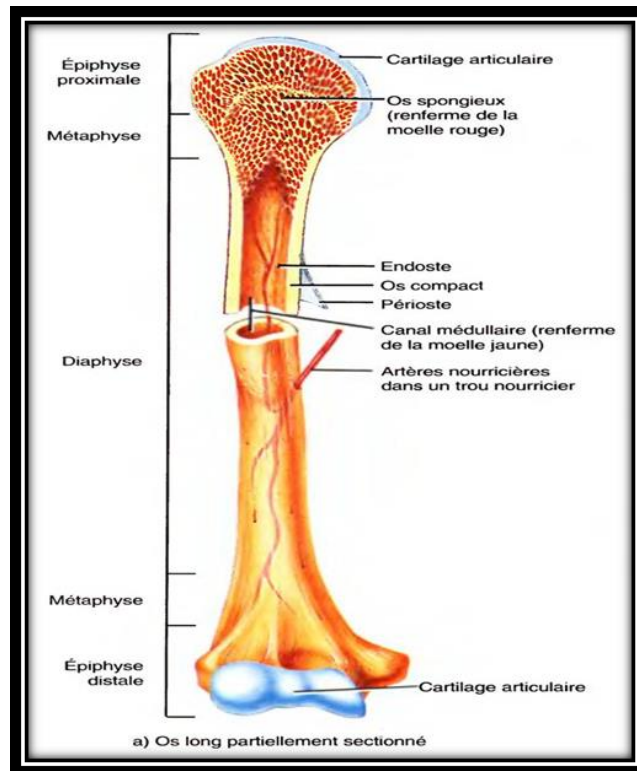


Figure 1 : Os long sectionné partiellement. (A.M.A.R, 2019)

Les os sont composés d'un tissu osseux périphérique compact, dénommé os cortical, et d'un tissu osseux spongieux central. Le périoste est constitué de l'ensemble des couches osseuses périphériques de l'os, en dehors des surfaces articulaires, assurant la croissance en épaisseur de l'os. (Dupuy, 2020)

1.1.1 Tissu osseux

Est un tissu conjonctif dur, spécialisé, vivant et calcifié permettant d'apporter une rigidité au squelette. Le tissu osseux se compose d'une matrice intercellulaire calcifiée, et renforcée par divers minéraux, de fibres de collagène et de cellules conjonctives définissant le type de tissu osseux rencontré. C'est un tissu vivant, dur mais non figé et en perpétuel renouvellement

Plusieurs types cellulaires y sont retrouvés :

- Les ostéoblastes : ont une importante activité de synthèse d'ostéoïde et de minéralisation de la matrice osseuse.

- Les ostéocytes sont eux issus de la différenciation terminale des ostéoblastes, inclus dans la matrice osseuse minéralisée, et ont un rôle de maintien de l'architecture osseuse et de l'équilibre phosphocalcique. Ils peuvent persister plusieurs dizaines d'années.

- Le remodelage et la résorption osseuse sont assurés par les ostéoclastes. (Dupuy, 2020)

1.1.1.1 Périoste

Le périoste est la membrane vascularisée, résistante, qui recouvre l'os sur toute sa surface, à l'exception du cartilage articulaire. Le périoste contient les vaisseaux sanguins qui apportent les nutriments indispensables à la réparation de l'os. Le périoste facilite également le remaniement de l'os en servant de membrane de confinement pour le dépôt de nouvelles cellules osseuses et en assurant que l'os nouvellement formé s'ajoute au tissu osseux déjà existant. (Figure2) (Doctissimo, 2018)

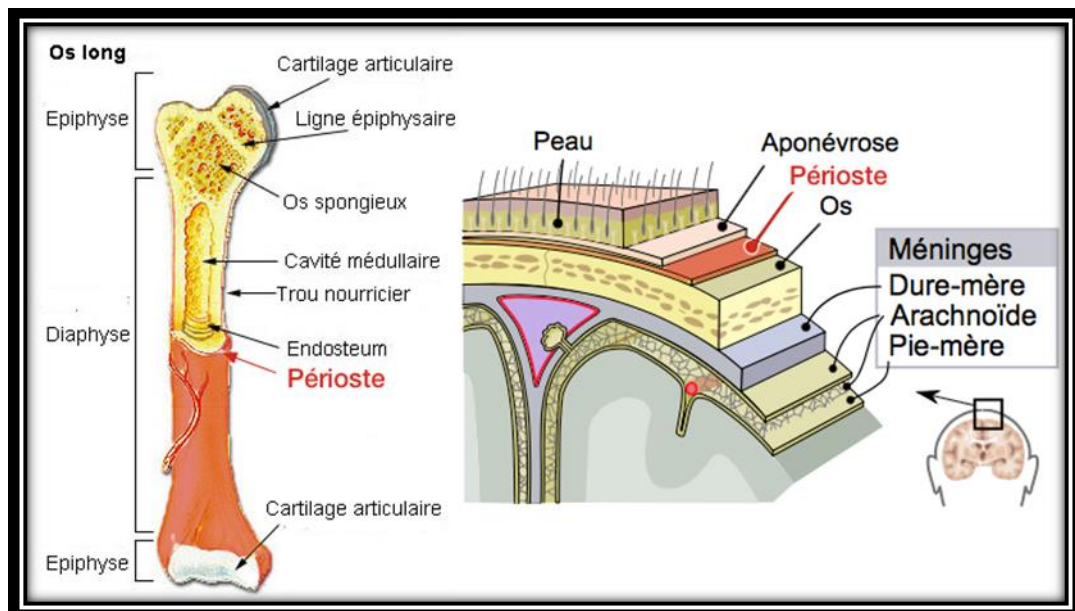


Figure 2 : Structure des os longs (Périoste) (Wikipedia, 2020)

1.1.1.2 Tissu osseux compact

Également appelé os cortical, os lamellaire ou tissu haversien, c'est un tissu osseux dense et uniforme qui forme la corticale périphérique de tous les os du corps et qui entoure l'os spongieux. Il est constitué du système de Havers appelé ostéon, l'ensemble forme un système

lamellaire osseux cylindrique et vertical avec en son centre un canal de Havers, comprenant lui-même des amas nerveux amyéliniques et un amas vasculaire. (Dupuy, 2020)

Sur la diaphyse des os longs, les systèmes lamellaires s'organisent sur deux niveaux délimitant le système circonférentiel externe et le système circonférentiel interne. L'architecture particulière du tissu osseux compact lui confère une excellente résistance physique. (Dupuy, 2020)

1.1.1.3 Tissu osseux spongieux

Il est appelé aussi os trabéculaire, formé de spicules d'os entourant la cavité intra-médullaire contenant elle-même les cellules hématopoïétiques.

Il est présent notamment dans les épiphyses des os longs, mais essentiellement dans les os plats et les os courts, c'est un réseau complexe et ramifié qui délimite des espaces intercommunicants contenant le réseau vasculaire intra-médullaire et la moelle osseuse. De par son architecture de type lamellaire, il enclave la cavité médullaire. (Dupuy, 2020)

1.1.2 Moelle osseuse

La moelle osseuse, localisée dans les cavités médullaires osseuses, permet le développement des cellules sanguines et la vascularisation de l'os. Elle se compose de deux types de moelle :

- La moelle osseuse rouge : encore appelée tissu myéloïde, elle est la source de l'érythropoïèse. Située dans les cavités intra-médullaires de l'os spongieux, elle permet la production quotidienne d'érythrocytes, de thrombocytes et de leucocytes. La moelle rouge est éminemment présente dans les os courts et longs chez les adultes, particulièrement dans les portions proximales des humérus et des fémurs. (Jaffé, 1936)
- La moelle jaune : elle contient quelques leucocytes mais elle est surtout composée de cellules adipeuses. Elle se localise principalement au centre de la diaphyse des os longs de l'adulte et devient de la moelle grise avec le vieillissement. (Figure3) (Jaffé, 1936).

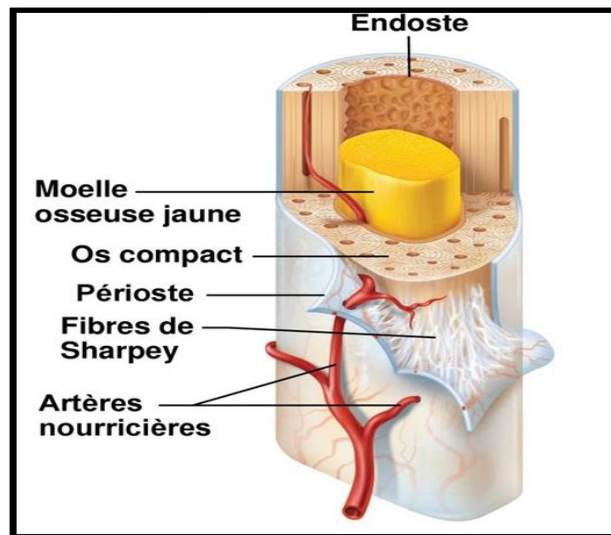


Figure 3 : Coupe au niveau d'un os long. (Slide Player, 2020)

1.1.3 Tissu cartilagineux

Il recouvre les extrémités des os longs. Non minéralisé, il est formé de chondrocytes et de matrice extracellulaire qui lui confère des propriétés semi-rigides et semi-élastiques permettant la facilité des mouvements osseux. Selon la richesse de la matrice extracellulaire en fibres élastiques ou de collagènes, trois catégories de cartilage ont été distinguées :

La première, le cartilage hyalin(1) ; c'est un réseau avec des mailles larges et abondantes de microfibrilles de collagènes, la deuxième est caractérisée par une densité forte de chondrocyte et de fibres élastiques qui lui donne son élasticité, nommée ainsi le cartilage élastique (2) . tandis que la troisième est riche en fibres de collagènes dirigées suivant les pressions que subissent les tissus, elle est nommée le cartilage fibreux (3) •(Dupuy, 2020)

1.2 Anatomie des os courts, plats et irréguliers :

Ils sont majoritairement constitués d'os spongieux et de moelle rouge. En effet, au cours de la vieillesse, seuls les os courts, les os plats et les épiphyses des os longs contiendront de la moelle hématopoïétique. Une fine couche d'os compact et de périoste entoure l'os spongieux. La vascularisation des os courts, plats et irréguliers diffère néanmoins des os longs de par un apport sanguin unique par les vaisseaux périostés. (Figure4) (Laroche, 2002).

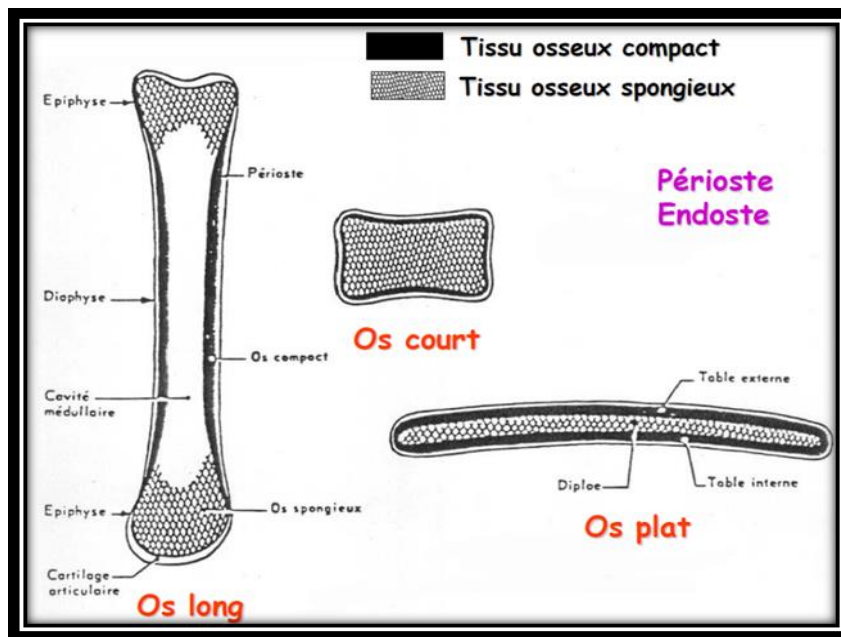


Figure 4: Histologie du tissu osseux ; os long, court et plat (Tutorat Associatif Toulousain, 2019)

1.3. Formation, croissance et réparation de l'os

Les os plats, et notamment ceux du crâne et de la face, sont formés par ossification membraneuse (ou endoconjonctive) directement à partir des cellules mésenchymateuses.

Celles-ci se condensent en des points de nucléations richement vascularisés et se différencient en ostéoblastes qui vont synthétiser la matrice osseuse. Il se forme des plaques osseuses fines qui croissent vers la périphérie et qui seront plus tard remaniées en lamelles osseuses (Bloom et Fawcett, 1968).

Les os longs sont formés à partir d'une ébauche cartilagineuse par ossification dite endochondrale (Bloom et Fawcett, 1968 ; Ortega et *al.*, 2004).

Les cellules du mésenchyme se condensent et se différencient en chondroblastes qui vont synthétiser une matrice cartilagineuse (collagène de type II) qui va être minéralisée. Les chondrocytes se différencient en chondrocytes hypertrophiques ce qui entraîne une elongation verticale de la matrice cartilagineuse par augmentation de leur volume. Par le centre de la diaphyse (Bonecollar) des vaisseaux sanguins pénètrent la matrice cartilagineuse et entraînent avec eux les précurseurs ostéoclastiques, qui vont dégrader l'ébauche cartilagineuse

minéralisée, et les précurseurs ostéoblastiques qui vont apposer le tissu ostéoïde et le minéraliser. Les chondroblastes sont repoussés vers les extrémités de la diaphyse, au niveau de la plaque de croissance, où ils vont continuer de synthétiser une matrice cartilagineuse. Des sites d'ossification secondaire indépendants de la diaphyse apparaissent au niveau des deux épiphyses qui vont donc être progressivement ossifiées. La croissance de l'os se réalise verticalement (dans l'axe de la diaphyse) au niveau de la plaque de croissance (Fig5). Dans cette zone les chondroblastes se multiplient et se différencient en chondroblastes hypertrophiques ce qui repousse vers le haut et le bas les limites de la pièce osseuse. Au fur et à mesure, la matrice cartilagineuse de la plaque de croissance est convertie en os minéralisé au niveau de la diaphyse et des deux épiphyses. La matrice cartilagineuse de la plaque de croissance subsiste dans l'os jusqu'à l'âge adulte de l'individu (arrêt de la croissance osseuse) où elle sera totalement transformée en os minéralisé pour donner la ligne épiphysaire. Le tissu osseux a la particularité de pouvoir se régénérer après une fracture ou une lésion limitée en taille. A la suite de la fracture, il se constitue un cal fibreux composé d'éléments sanguins coagulés et de tissu mésenchymateux informe qui relie les deux fragments d'os. Comme au cours de l'ossification endochondrale, le cal fibreux va être envahi par des chondroblastes qui vont synthétiser une matrice cartilagineuse en lieu et place du cal fibreux (Gerstenfeld et *al.*, 2003). Progressivement, les ostéoclastes vont envahir le cal cartilagineux, le dégrader et remodeler les surfaces des pièces fracturées. A la suite des ostéoclastes, les ostéoblastes synthétisent une nouvelle matrice osseuse minéralisée pour former le cal osseux. A ce stade, les pièces osseuses sont raboutées et un dernier processus de remaniement réduira le volume du cal osseux pour redonner à l'os sa forme et sa composition biochimique d'avant le traumatisme. (Figure5) (Gerstenfeld et *al.*, 2003).

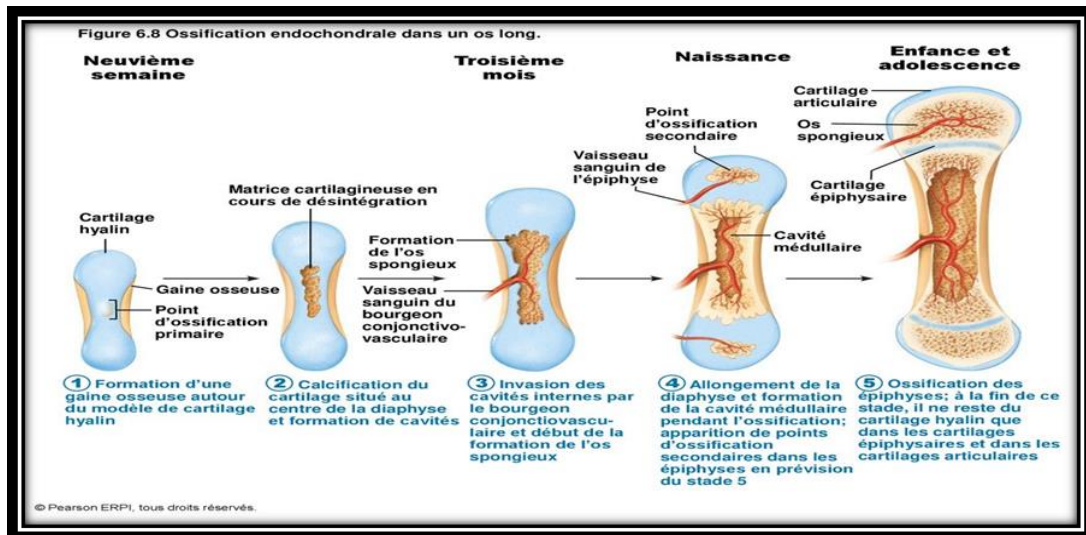


Figure 5 : Croissance et métabolisme osseux : (Slideplayer, 2021)

2. Ostéologie de la ceinture et membre pelvien

2.1. Os coxal

Il est composé de 3 parties (pubis, ilium, ischium) se développant à partir de centres d'ossifications séparés au sein d'un cartilage. Les limites entre les 3 parties sont formées de cartilage chez le jeune (pour la croissance), elles disparaissent ensuite.

- L'ilium forme la partie crânio-dorsale qui s'étend obliquement vers l'avant et s'articule avec le sacrum.
- Le pubis s'étend médialement et forme la partie crâniale du plancher pelvien.
- L'ischium est situé en arrière et forme la partie la plus grande du plancher pelvien.
- Les 3 parties envoient une prolongation qui entre dans la constitution de la cavité acétabulaire.
- Le pubis et l'ischium interviennent dans la constitution du plancher pelvien chez les animaux alors que chez l'homme on retrouve que le pubis (Figure6) (Barone, 1996).

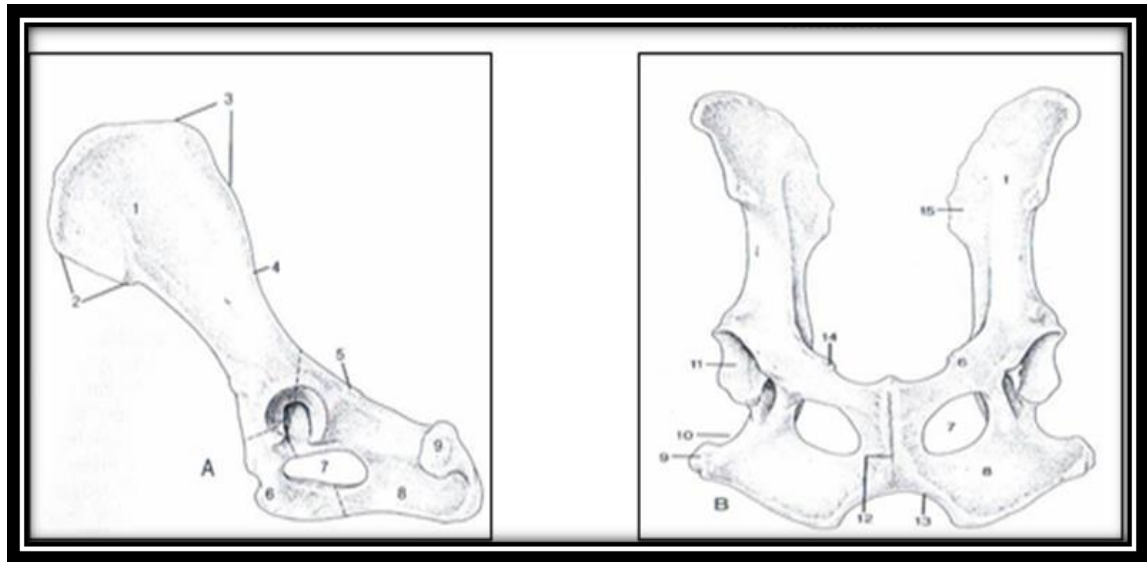


Figure 6 : Vue Latérale (A) et ventrale (B) de l'os coxal chez le chien. (Barone, 1996)

1 Aile de l'ilium, 2 Epine iliaque ventrale, 2' Coxal tuber (angle de la hanche), 3 Epine iliaque dorsale, 3' Sacral tuber (angle de la croupe), 4 Grande échancrure sciatique, 5 Epine ischiatique, 6 Pubis, 7 Foramen obturateur, 8 Ischium, 9 Ischial tuber (tubérosité ischiatique), 10 Petite échancrure sciatique, 11 Acetabulum, 12 Symphyse pelvienne, 13 Arcade ischiale, 14 Eminence ilio-pubienne, 15 Face auriculaire, 16 Sacrum.

2.2. Fémur

Le plus robuste des os longs ; il comporte :

- Extrémité proximale: se recourbe médialement de sorte que la tête est déplacée par rapport à l'axe de la diaphyse
- Tête hémisphérique, attachée au corps par un col, surtout visible chez les espèces de petite taille
- Surface articulaire interrompue par la fovéa (fossette d'insertion ligamentaire pour le ligament rond). Elle est centrale et arrondie chez le chien. (Figure7) (Barone, 1996).

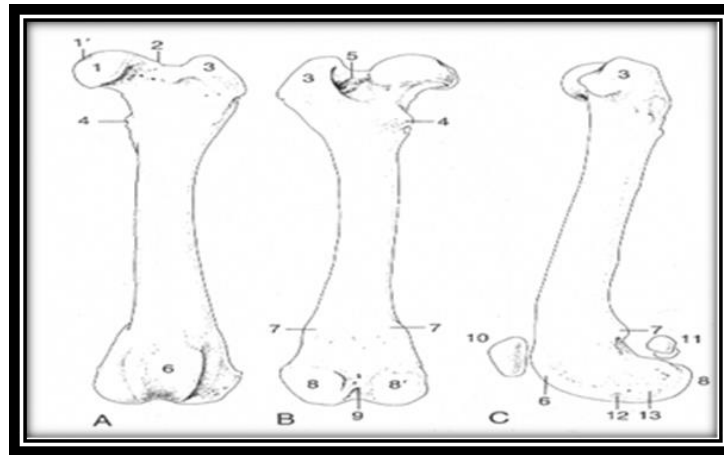


Figure 7 : Vues craniale(A), caudale(B) et latérale(C) du fémur chez le chien (Barone, 1996)

1 Tête 1' Fossette (fovea) 2 Col 3 Grand trochanter 3', 3'' Parties crâniale (convexité) et caudale (sommet du grand trochanter) 4 Petit trochanter 4' Troisième trochanter 5 Fosse trochantérienne 6 Trochlée 6' Extrémité proximale élargie de la lèvre médiale de la trochlée 7 Tubérosités supra-condyliennes 8, 8' Condyles latéral et médial 9 Fosse intercondylienne 10 Rotule 11 Os sésamoïdes (dans le gastrocnémien): fabelles 12 Fosse de l'extenseur 13 Fosse du M poplité

2.3 Les os de la jambe (Tibia et fibula)

Disposés côte à côte, ne se croisent pas. Le tibia est situé médialement, le plus développé et la fibula: ne s'articule pas avec le fémur et un contact restreint avec le jarret. Le tibia comporte deux extrémités proximale et distale et une partie moyenne (Figure 8).

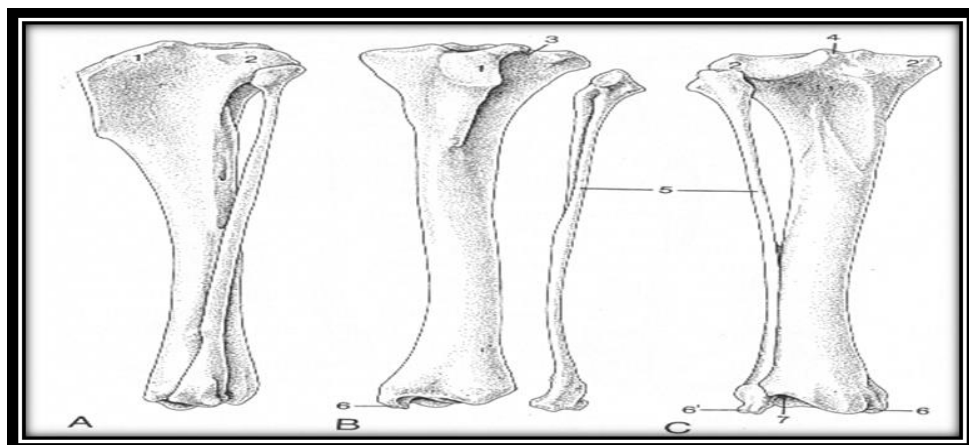


Figure 8 : vues latérale (A), crâniale(B) et caudale(C) du Tibia et fibula chez le chien (Barone, 1996)

1 Tubérosité tibiale 2, 2' Condyles latéral et médial 3 Sillon de l'extenseur 4 Eminence intercondyloire 5 Fibula 6, 6' Malléoles médiale et latérale 6'' Malléole latérale chez le cheval (représente l'extrémité distale de la fibula), 7 Cochlée

2.4. Tarse et métatarse

Les os du pied : Les os ressemblent à ceux du membre antérieur bien qu'ils soient moins robustes. Comporte :

- Talus: trochlée proximale. Sa face distale s'articule avec l'os central. Elle est arrondie chez les carnivores.
- Calcaneus: il est situé latéralement par rapport au talus, possède un prolongement qui déborde sur la face plantaire: le sustentaculum tali (coulisse pour le tendon du M fléchisseur profond des phalanges). Son extrémité proximale se projette vers le haut, forme une forte tubérosité et forme un puissant bras de levier qui reçoit l'attache de la corde du jarret. Son extrémité distale s'articule avec l'os tarsal 4.
- Les métatarsiens sont généralement plus longs (20%) que les métacarpiens et plus arrondis en coupe transversale. Le métatarsien I est rudimentaire chez le chien car peu de races possèdent un pouce au niveau du membre postérieur. (Figure9) (Lacouture, 2015).

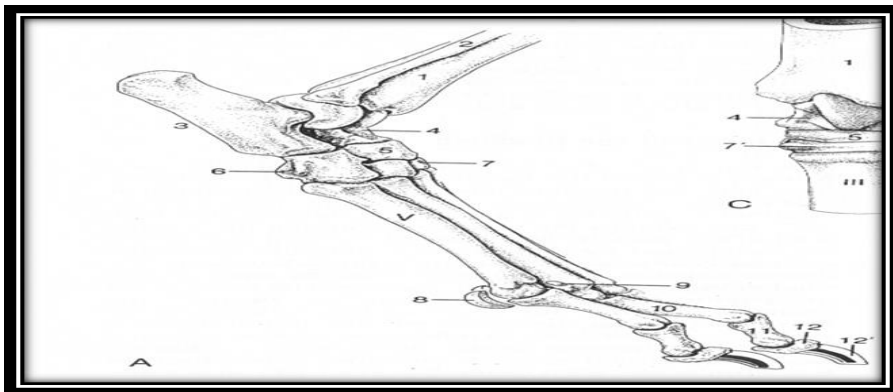


Figure 9 : vue latérale du pied chez le chien (Barone, 1996)

1 Tibia 2 Fibula 2' Malléole latérale 3 Calcaneum 3' Sustentaculum tali 3'' Sommet (tubérosité) du calcaneum (pointe du jarret) 4 Talus 5 Os central du tarse 6 Os tarsal 4 7 Os tarsaux 1, 2 et 3 de la rangée distale 7' Os tarsal 3 chez le cheval 8 Os sésamoïde proximal 9 Os sésamoïde dorsal 10, 11, 12: Phalanges proximale, moyenne et distale 12' Griffes

3. Arthrologie du membre pelvien

3.1. L'articulation de la hanche ou articulation coxo-fémorale

Est une diarthrose qui lie le membre pelvien au bassin.

3.1.1. Les surfaces articulaires

- L'extrémité proximale du fémur :

Elle présente médialement la tête fémorale portée par le col. C'est une formation régulièrement sphérique ponctuée d'une fossette d'insertion ligamentaire : la fovea capitis. Sous la tête fémorale se trouve le petit trochanter et caudalement la fosse trochantérique. Latéralement s'élève presque jusqu'à la tête fémorale le grand trochanter avec, à sa base, la tubérosité glutéale.(Figure10) (Barone, 1986).

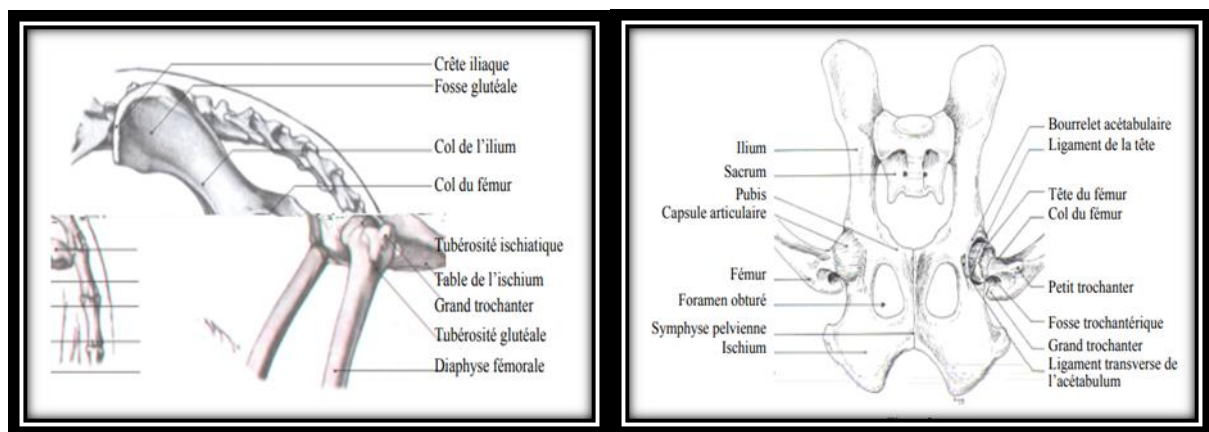


Figure 10 : Articulation coxo-fémorale – vue ventrale – (Barone, 1986)

- Acétabulum :

C'est la zone de fusion des trois parties osseuses formant le coxal. C'est une cavité large et profonde, orientée ventro-latéralement et limitée par un bord saillant régulièrement circulaire, le bourrelet acétabulaire. Ce bord est interrompu ventralement par une incisure acétabulaire importante, l'échancrure acétabulaire, qui aboutit, au centre de l'acétabulum, sur une dépression : la fosse acétabulaire. Cette fosse est entourée d'une surface articulaire divisée en deux cornes : la surface semi-lunaire. (Evans, 1993)

La crête iliaque : Limite cranio-dorsale de la fosse glutéale et la tubérosité ischiatique à l'angle caudo-latéral de l'ischium.(Figure11) (Evans, 1993).

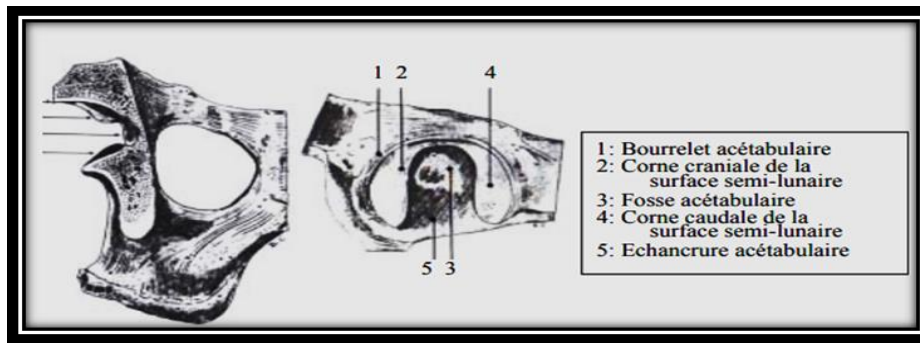


Figure 11 : Coupe frontale et vue latérale de l'acétabulum. (Barone, 1990)

3.1.2. Les moyens d'unions, formations complémentaires et moyens complémentaires d'unions

Dans ce paragraphe trois éléments qui indispensable à cette articulations ont été signalés (capsule articulaire, ligaments, bourrelet acétabulaire et synoviale)

La capsule articulaire : un manchon fibreux qui s'étend de la base du col du fémur au bourrelet acétabulaire : bourrelet fibro-cartilagineux inséré sur toute l'étendue du bord acétabulaire.

Ce bourrelet franchit l'échancre acétabulaire en formant le ligament transverse de l'acétabulum. (Evans, 1993)

Le ligament de la tête fémorale ; s'étend de la fovea capitis à la fosse acétabulaire en déléguant un faisceau accessoire vers l'incisure acétabulaire.

La synoviale tapisse la face interne de la capsule, les deux faces et le bord libre du bourrelet acétabulaire et se réfléchit autour du ligament de la tête fémorale. (Figure12) (Collin, 1973).

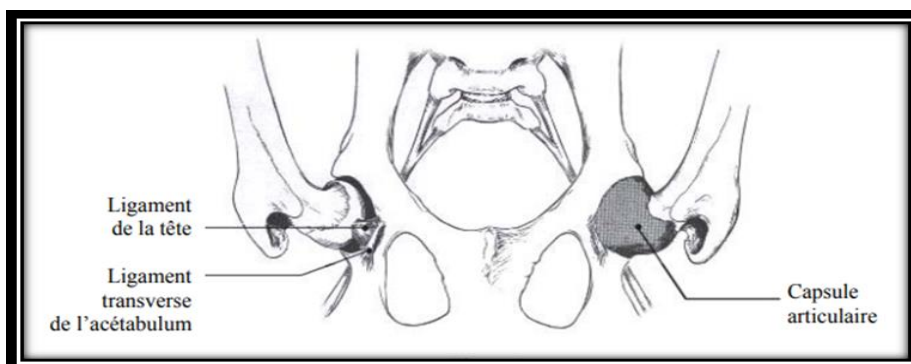


Figure 12 : Moyens d'unions de l'articulation de la hanche - vue ventrale (Evans, 1993)

3.2 - L'articulation du grasset ou articulation fémoro-tibio-patellaire

Est une diarthrose condyloïde composée de deux parties interdépendantes : l'articulation fémoro-patellaire et l'articulation fémoro-tibiale. L'articulation du grasset permet les mouvements de flexion et d'extension du tibia par rapport au fémur, mais aussi des mouvements latéraux (abduction, adduction) et des mouvements de rotation. (Barone, 1968)

3.2.1. Surfaces articulaires

- **Extrémité distale du fémur :**

Crânialement ; une trochlée, comporte une gouttière verticale limitée par deux lèvres médiale et latérale. La patelle s'articule en couissant dans la trochlée, elle se forme dans l'épaisseur du ligament tibio-patellaire, entourée par l'appareil para patellaire. (Barone, 1968)

Caudalement ; des condyles fémoraux ; sont le prolongement caudal des lèvres trochléaires, séparés par la fosse intercondylienne. Les os sésamoïdes supracondylaires se logent caudalement aux deux condyles, dans l'enthèse du muscle gastrocnémien. (Barone, 1968)

- **Extrémité proximale du tibia :**

Cette partie est composée de deux condyles médial et latéral asymétriques séparés par l'éminence inter condylienne. La surface formée correspond au plateau tibial. (Barone, 1968)

Cranialement, on retrouve la tubérosité tibiale qui constitue les empreintes d'insertion du ligament tibio-patellaire. Latéralement au tibia s'articule la fibula par l'articulation tibio-fibulaire. (Barone, 1968)

3.2.2. Les ménisques

Les ménisques sont au nombre de deux, l'un latéral, l'autre médial. Ce sont des structures fibro-cartilagineuses en forme de croissant intercalées entre le plateau tibial et les condyles fémoraux et qui assurent la congruence articulaire et l'amortissement entre le tibia et le fémur.

Le ménisque médial possède deux insertions ligamentaires au tibia : crâniale et caudale dans l'aire intercondylienne. Le ménisque latéral possède trois insertions ligamentaires : une crâniale tibiale et une attache caudale double, au tibia et au fémur.

Les ménisques glissent caudalement sur le tibia lors de la flexion du grasset. Leur mouvement est limité par la présence du système ligamentaire qui assure la stabilité passive du grasset. (Figure13) (Barone, 1968).

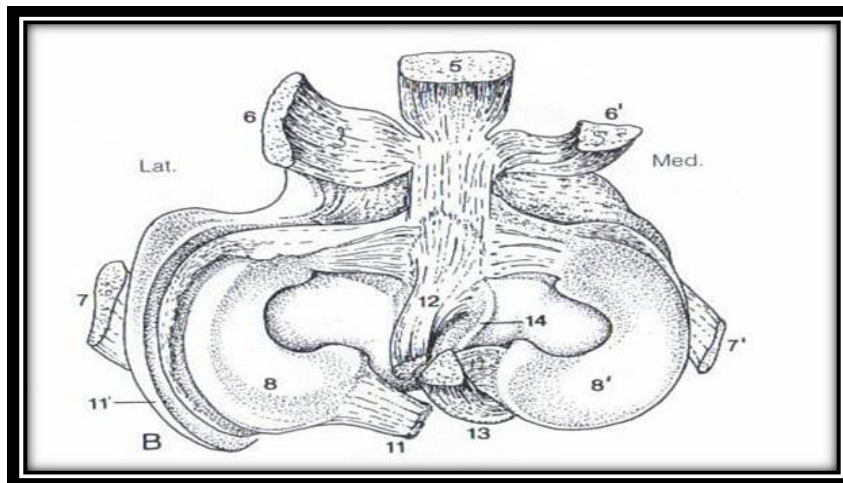


Figure 13: Vue proximale du tibia gauche et des ménisques. (Barone, 1968)

1 Rotule 2 Fibrocartilage patellaire 3 Lig fémoropatellaire médial 4 Lèvre médiale de la trochlée 5 Lig patellaire intermédiaire 6, 6' Lig patellaires lat et méd 7, 7' Lig collatéraux lat et méd 8, 8' Ménisques lat et méd 9 Insertion du M semi-membraneux 10 Insertion des M gracile et couturier 11 Lig ménisco-fémoral 11' Tendon du M poplité 12, 13 Lig croisés crânial et caudal 14 Eminence intercondylienne

3.2.3. Capsule articulaire et synoviale

- La capsule fibreuse est séparée en deux parties par les ligaments collatéraux médial et latéral : la capsule fémoro-patellaire assez fine, et la capsule fémoro-tibiale augmentée d'une lame fibreuse. (Barone, 1968)
- La synoviale articulaire forme trois sacs : un sac fémoro-patellaire et deux sac fémoro-tibiaux médial et latéral. (Figure14) (Barone, 1968).

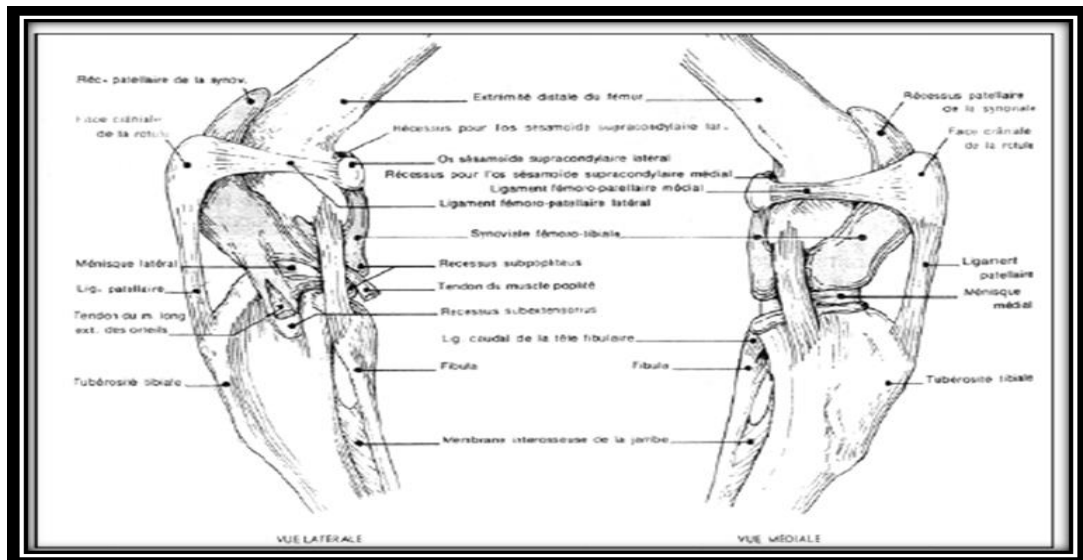


Figure 14 : Articulation du grasset; vue latérale et médiale. (Barone, 1980)

3.2.4. Les ligaments

On note plusieurs types de ligaments :

- Le ligament tibio-patellaire : Prolonge le tendon des muscles quadriceps distalement à la patelle et s'insère sur la tubérosité tibiale
- Les ligaments fémoro-patellaires latéraux et médiaux : S'insèrent sur les bords de la patelle et dans les os séamoïdes supra-condyliques. Ils participent à maintenir la patelle dans la trochlée.
- Les ligaments collatéraux : Prennent naissance sur leurs épicondyles respectifs et se terminent sur l'épiphyse tibiale proximale. Ils assurent la stabilité du grasset en varus, en valgus et en rotation. Le ligament collatéral médial est plus long que le latéral et est intimement lié à la face externe du ménisque médial.
- Les ligaments croisés : Sont deux ligaments intra-articulaires qui relient le tibia au fémur.
- Le ligament croisé crânial (LCCr) : Il s'insère proximale dans la fosse intercondylienne, médialement au condyle latéral du fémur. Il se termine crânialement sur l'éminence intercondylienne du tibia. Il possède une vascularisation propre. Il est composé de deux bandes entrelacées : une bande crânio-médiale et une bande caudo-médiale.

- Le ligament croisé caudal (LCCd) : Croise le ligament croisé crânial en prenant naissance médialement dans la fosse inter-condylienne et en se terminant dans l'incisure poplitée. (Figure15) (Barone, 1980).

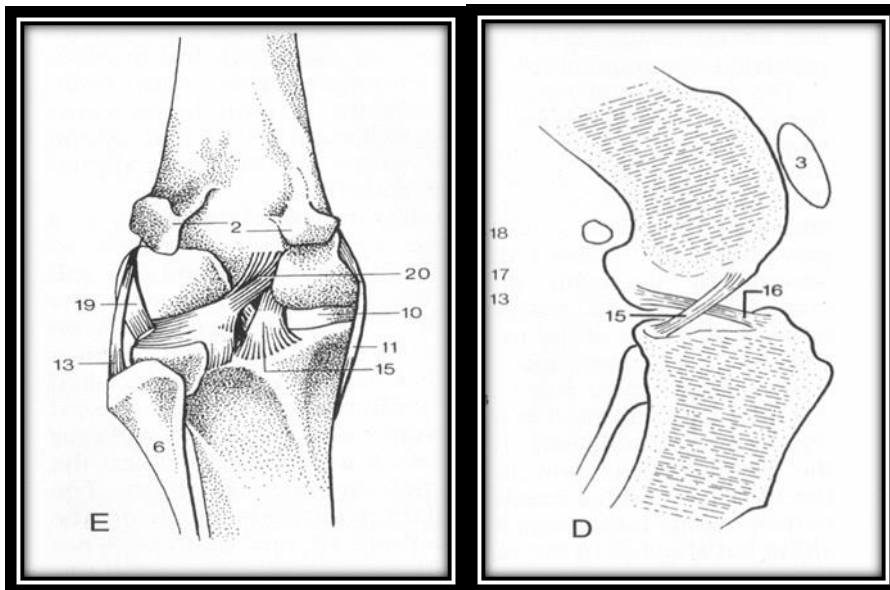


Figure 15 : Articulation du Grasset chez le chien (Barone, 1996)

Fémur, 2 Sésamoïdes du gastrocnémien, 3 Rotule, 4 Sillon de l'extenseur, 5 Tubérosité tibiale, 6 Fibula, 7 Tibia, 8 Lig rotulien, 9 Tendon de l'extenseur commun, 10 Ménisque médial, 11 Lig collatéral médial, 12 Lig fémoro-patellaire latéral, 13 Lig collatéral latéral, 14 Trochlée, 15 Lig croisé caudal, 16 Lig croisé crânial, 17 Ménisque latéral, 18 Extenseur commun, 19 Lig ménisco-fémoral

3.3. Les articulations du tarse

Les articulations du tarse sont multiples, de types synoviaux, intrinsèques ou extrinsèques.

Ces dernières représentent l'articulation cruro-tarsienne et les articulations tarsométatarsiennes. Tandis que, les articulations intrinsèques sont les articulations inter tarsiennes, solidarissant les os du tarse à l'intérieur de chaque rangée et les articulations medio-tarsiennes assurant l'union des deux rangées. (Barone, 1980)

3.3.1. L'articulation cruro-tarsienne

C'est une articulation totalement tibio-talienne, la fibula n'étant en relation qu'avec une petite surface articulaire talienne. Elle permet principalement les mouvements de flexion et d'extension du pied. Les mouvements d'abduction et d'adduction sont très minimes.

- **Surfaces articulaires :**

Aux deux gorges du tibia répondent les deux lèvres du talus. La lèvre médiale est plus étroite et moins saillante que la latérale qui porte sur son revers une surface articulaire avec la fibula.

- **Moyens d'unions :**

Ils sont représentés par trois types de ligaments (collatéraux, dorsaux et plantaires) et une capsule articulaire. (Barone, 1980)

- Le ligament collatéral latéral long :

Relativement grêle, il commence à la partie plantaire de la malléole latérale et se porte à la cote dorsale de la base du calcaneus, à laquelle il abandonne une forte attache. Le reste du ligament va s'insérer à l'extrémité proximale du métatarsien V, en prenant au passage insertion sur l'os tarsal IV. Sa terminaison est renforcée d'une expansion qui descend à son bord plantaire, à la base du calcaneus, à l'os métatarsien V. (Barone, 1980)

- Le ligament collatéral latéral court :

Partant de la partie craniale de la malléole latérale, solide et plat, il croise le ligament collatéral long et va se terminer sur le calcaneus. Il détache aussi une mince expansion vers le talus. (Barone, 1980)

- Le ligament collatéral médial long :

Plus fort que le ligament collatéral latéral long, il commence sur la malléole médiale et descend s'attacher aux os tarsaux et métatarsien II. (Barone, 1980)

- Le ligament collatéral médial court :

Il prend origine sur la malléole médiale, à la profondeur du précédent et plus cranialement. Puis il émet un faisceau qui va s'insérer sur le col du talus et un faisceau, plus long, qui après avoir croisé le ligament collatéral médial long s'insère sur l'extrémité du sustentaculum tali puis

sur l'os central du tarse et l'appareil fibro-cartilagineux plantaire de la base du tarse. (Barone, 1980)

- La membrane fibreuse dorsale :

Cette structure recouvre une partie importante de la face dorsale du tarse. Elle prend origine sur la fibula et le tibia et s'étend jusqu'à l'extrémité proximale des métatarses.

Latéralement et médialement, elle va se mettre en continuité avec le ligament collatéral long correspondant. (Barone, 1980)

- La membrane plantaire :

Lâche et extensible, elle émet deux ligaments, un latero-talien plantaire et un fibulo-talien plantaire. (Barone, 1980).

- La synoviale :

Elle est très étendue et forme, en face dorsale, un large récessus médial et un petit latéral et en face plantaire, sont moins développés. (Figure 16) (Barone, 1980).

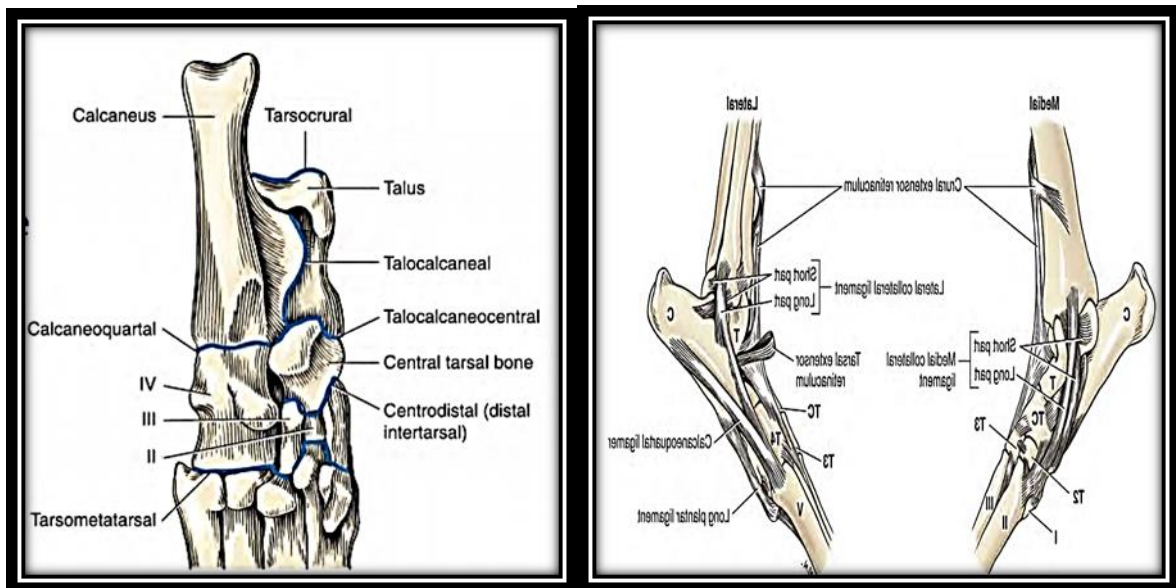


Figure 16 : Articulations de tarse chez le chien. (Benamou, 2012)

3.3.2. Les articulations intrinsèques du tarse

3.3.2.1. L'articulation Talo-calcaneenne

Cette articulation permet de petits mouvements d'adduction, d'abduction et de rotation du pied qui seraient impossibles par le seul jeu de l'interligne cruro-tarsien.

- Elles sont au nombre de trois :
 - Une première : met en œuvre le processus coracoïde du calcaneus qui vient s'enfoncer en face plantaire du talus.
 - La deuxième : correspond à l'articulation du sustentaculum tali derrière le col du talus.
 - La dernière : de petite taille, est distale. Une facette très étroite et allongée, portée par le revers - latéro-plantaire de la tête du talus répond à une surface similaire à la base du calcaneus.
- **Les moyens d'unions :**

Le principal est le ligament talo-calcaneen interosseux qui, logé dans le sinus du tarse, se subdivise en trois rangées correspondantes aux synoviales des trois articulations.

Il existe aussi un ligament Talo-calcaneen latéral assez large, allant du revers disto-plantaire de la lèvre latérale de la trochlée talienne jusqu'au ligament collatéral court. Enfin, le ligament talo-calcaneen plantaire, large, s'étend du revers plantaire de la lèvre latérale de la trochlée talienne au bord dorso-médial du processus coracoïde du calcaneus.

- **La synoviale :**

Ces articulations comprennent trois synoviales, sachant que l'articulation latéro-proximale est un simple prolongement de la synoviale medio-tarsienne.

3.3.2.2. L'articulation médio-tarsienne

Elle permet des mouvements de faible amplitude de flexion, d'extension, de latéralité, et de rotation de la rangée tarsienne sur la tête du talus.

- La tête du talus, convexe, s'articule sur l'os central. Le calcaneus s'articule sur l'ostarsal IV par une surface planiforme, ainsi que sur l'os central par une petite facette.
- Les moyens d'union :

Outre les ligaments collatéraux longs cruro-tarsiens déjà vus précédemment, trois groupes de ligaments, dorsaux, plantaires et interosseux, assurent la coaptation de l'interligne medio-tarsien. (Barone, 1980)

- Les ligaments dorsaux : le ligament calcaneen-tarsal IV, s'étendant de l'extrémité distale du calcaneus a la face dorsale de l'os tarsal IV ; le ligament dorsal intermédiaire qui s'attache de la membrane dorsale jusqu'aux os tarsal III et tarsal IV ; le ligament talo-central prenant origine a la face médiale du talus, passant proximatement au col de cet os et allant se terminer sur les faces médiale et dorsale de l'os central. (Barone, 1980)

- Les ligaments plantaires : le ligament plantaire long, très épais, du bord plantaire du calcaneus jusqu'à la partie proximale des os metatarsiens IV et V ; le ligament calcaneo-plantaire, très large et nacré, qui s'étend du bord distal du sustentaculum tali a la face plantaire de l'os central. (Barone, 1980)

- Le ligament interosseux ou ligament calcaneo-tarsal IV interosseux, qui, partant du revers médial de l'extrémité distale du calcaneus, vient finir à la face correspondante de l'os tarsal IV en déléguant un faisceau sur le bord adjacent de l'os central.

-La synoviale : Il n'existe qu'une seule synoviale pour l'ensemble de cet interligne. (Barone, 1980)

3.3.2.3. Les articulations inter-tarsiennes distales

Ce sont l'articulation centro-tarsale qui unissent l'os central a la série des os tarsaux, ainis unissent les os tarsaux entre eux, l'articulation centro-tarsal IV et l'articulation tarsal IV-tarsal III. (Barone, 1980)

- **Surfaces articulaires :**

L'ensemble des articulations inter-tarsiennes distales correspond à un ensemble de couples de petites surfaces articulaires. (Barone, 1980)

- **Les moyens d'unions :**

Les moyens d'union sont un ensemble de ligaments divisible en trois groupes.

- Les ligaments dorsaux : comprenant principalement un ligament tarsal III-tarsal IV, un ligament central-tarsal IV, un ligament tarsal I-tarsal II, un ligament tarsal II-tarsal III, un ligament central-tarsal II et un ligament central-tarsal III. (Barone, 1980)

- Les ligaments interosseux : comprenant principalement un ligament central-tarsal IV et un ligament tarsal III-tarsal IV. (Barone, 1980)

- Les ligaments plantaires : qui sont confondus avec le ligament métatarsien plantaire pour former une épaisse lame fibro-cartilagineuse. (Barone, 1980)

- **La synoviale :**

La synoviale centro-tarsal IV communique habituellement avec la synoviale tarso métatarsienne, mais ne communique jamais avec la medio-tarsienne. (Figure17) (Barone, 1980)

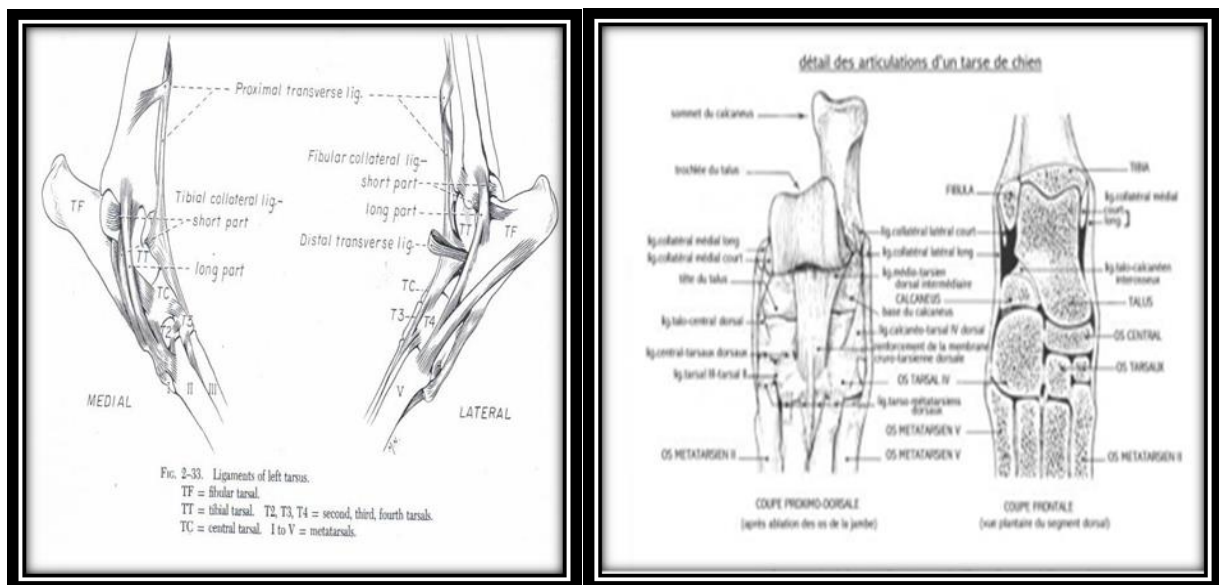


Figure 17 : Articulations du jarret chez le chien (Barone, 1980)

3.3.3. Les articulations tarso-métatarsiennes

Les articulations tarso-métatarsiennes unissent les os tarsaux aux os métatarsiens.

Les mouvements permis par cet interligne articulaire sont très limités. Seuls sont permis quelques mouvements de latéralité, de flexion et d'extension.

3.3.3.1. Les surfaces articulaires

Elles sont concavo-convexes et mettent en rapport l'os tarsal I avec le rudiment de l'osmétatarsien I, l'os tarsal II avec l'os métatarsien II, l'os tarsal III avec l'os métatarsien III, enfin l'os tarsal IV avec les os métatarsiens IV et V. (Barone, 1980)

3.3.3.2. Les moyens d'union

Trois catégories de ligaments ont été observées, une dorsale, une interosseuse et une plantaire, provenant de la capsule articulaire englobant tout l'interligne.

-Les ligaments dorsaux : Faibles, courts et rubanes, ils s'étendent des os tarsaux vers les métatarsaux.

-Les ligaments interosseux : Faibles, ils sont attaches dans les interstices des os tarsaux distaux et des os métatarsaux.

-Les ligaments plantaires : Ils sont confondus dans la masse fibro-cartilagineuse plantaire distale. (Barone, 1986)

4. Myologie du membre pelvien

Concernant les muscles du membre pelvien, cinq régions anatomiques ont été décrites. (Figures18,19,20,21,22,23,24,25,26) (de Nazelle, 2018).

4.1. Les muscles pelviens profonds

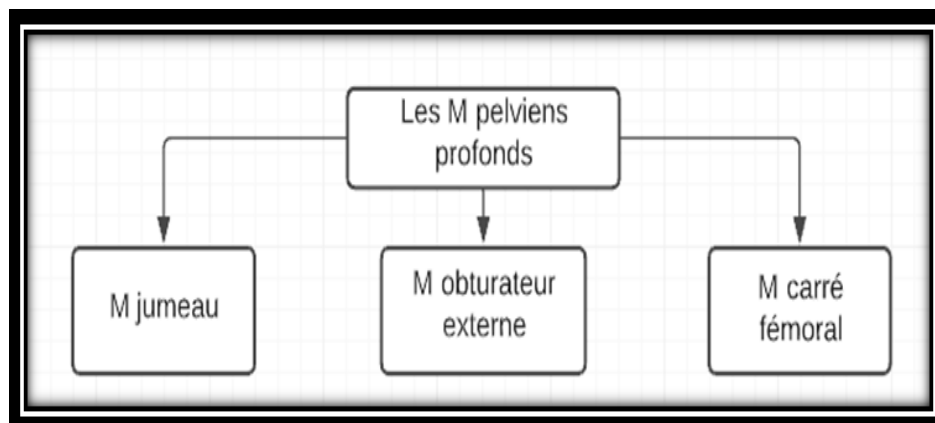


Figure 18 : Schéma représentant les muscles pelviens profonds chez le chien (de Nazelle, 2018)

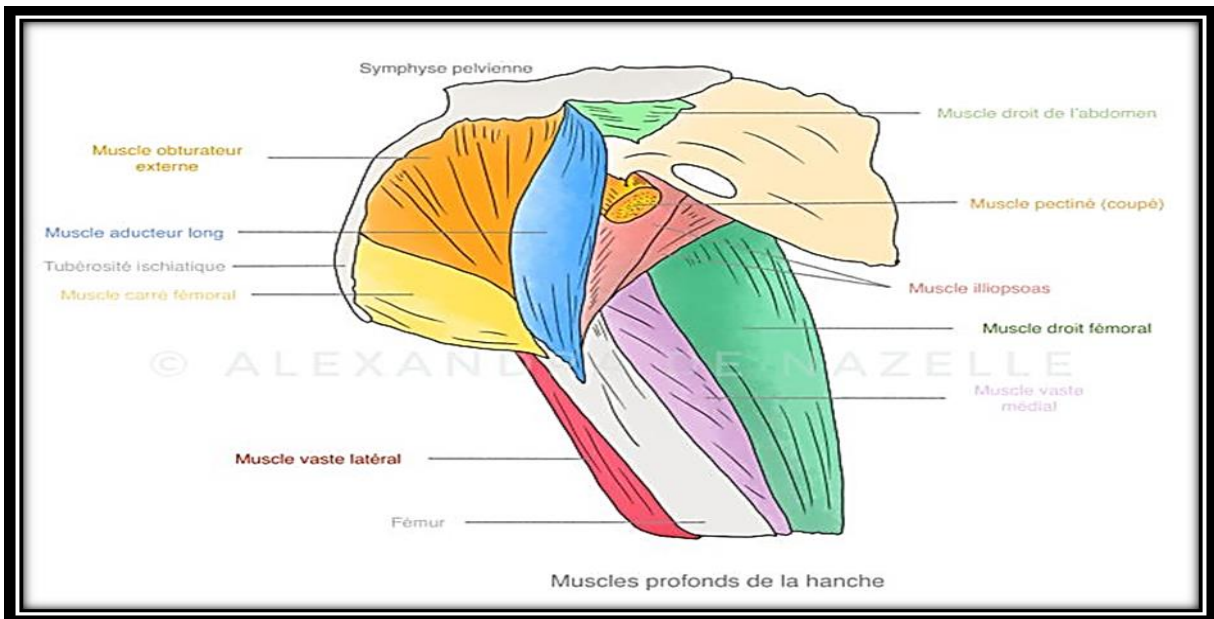


Figure 19 : Muscles profonds de la hanche chez le chien (de Nazelle, 2018)

4.2. Les muscles postérieurs de la face médiale

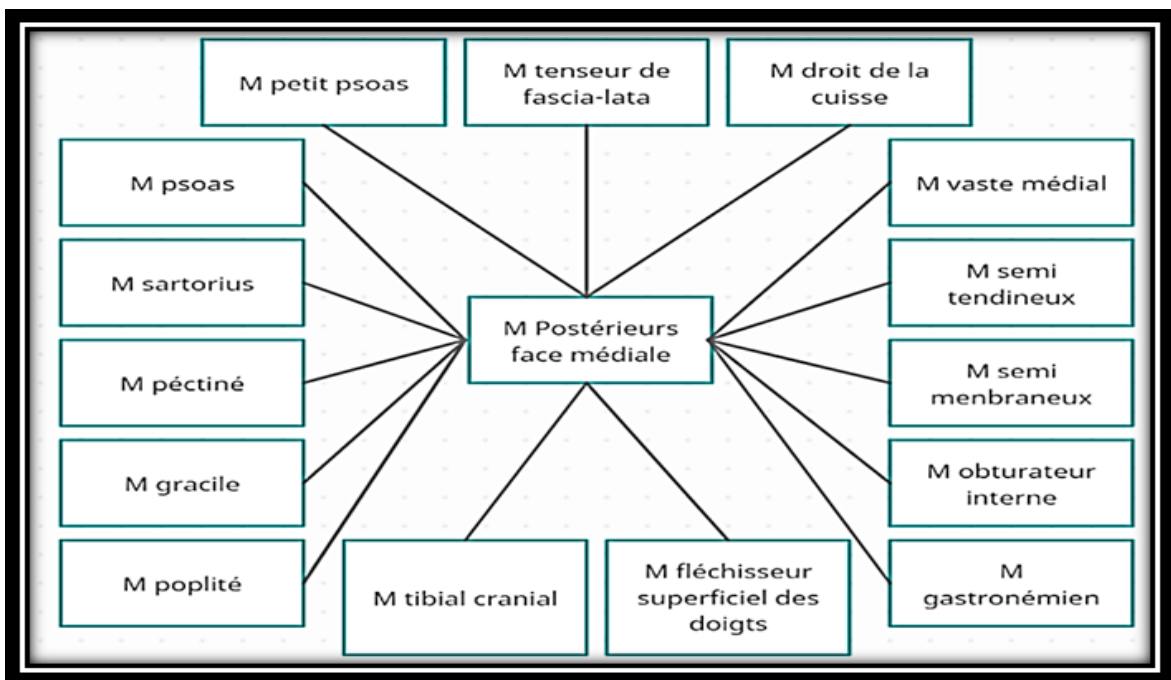


Figure 20 : Schéma représentant les muscles postérieurs chez le chien – médialement- (de Nazelle, 2018)

4.3. Les muscles postérieurs de la face latérale :

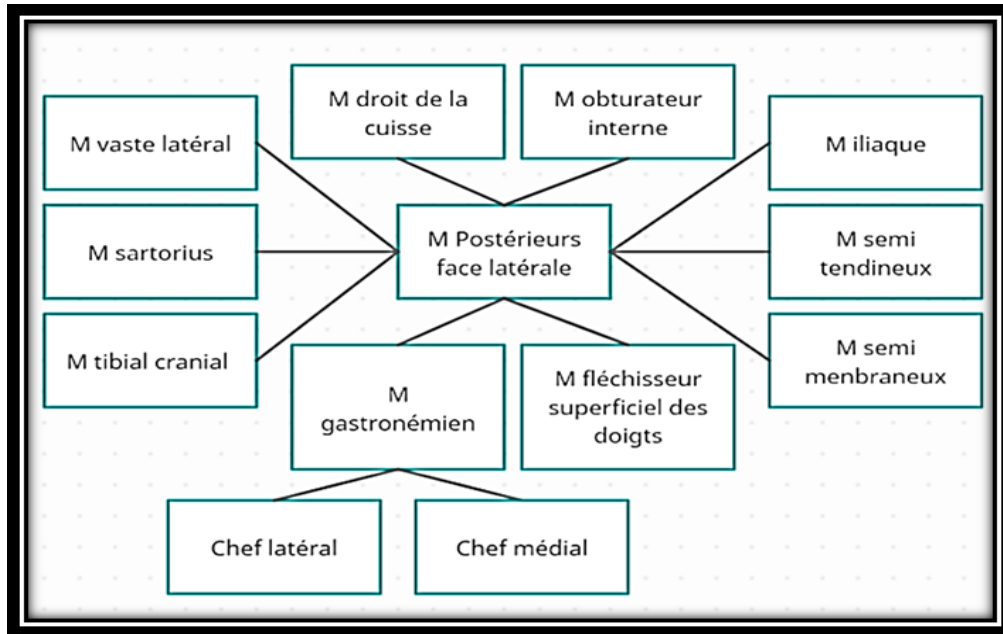


Figure 21 : Schéma représentant les muscles postérieurs chez le chien – latéralement- (de Nazelle, 2018)

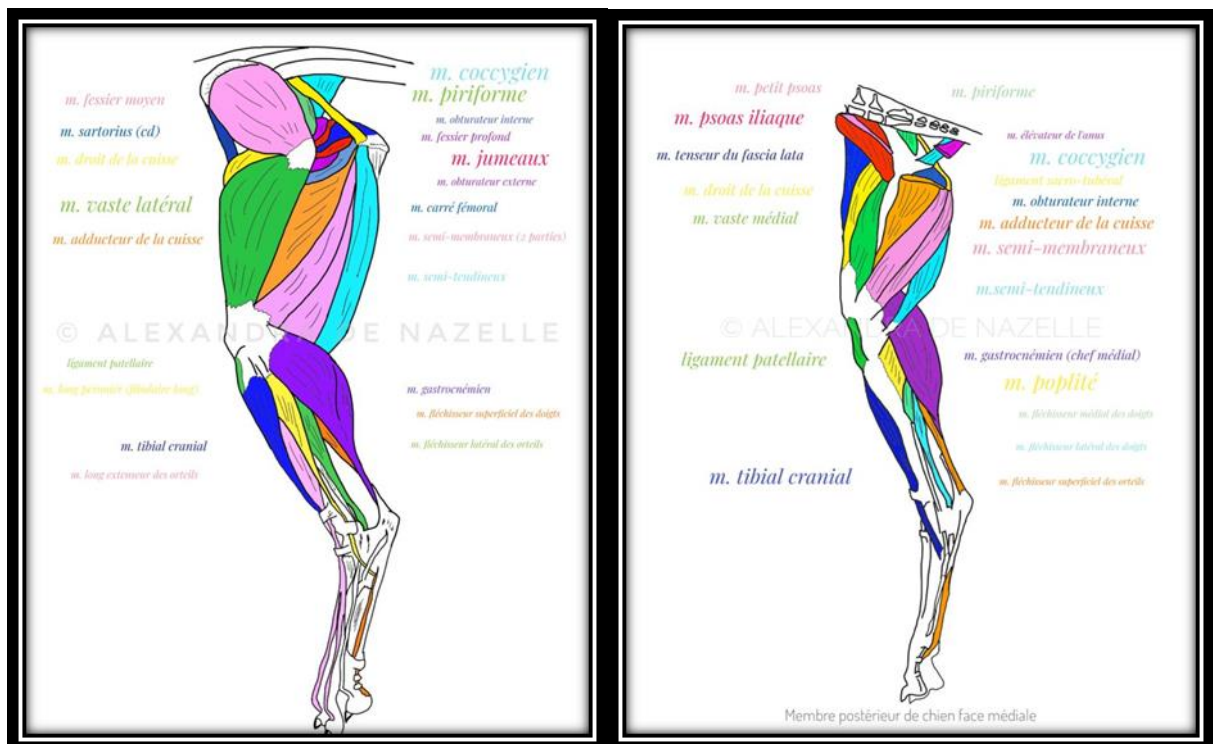


Figure 22 : Membre postérieur de chien vue latérale (A) – médiale (B)(de Nazelle, 2018)

4.4. Les Muscles de la voute sous-lombaire

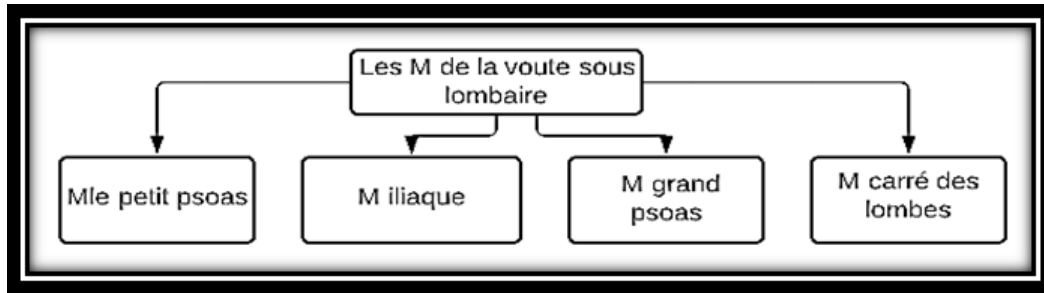


Figure 23 : Schéma représentant les muscles de la voute sous lombaire chez le chien (de Nazelle, 2018)

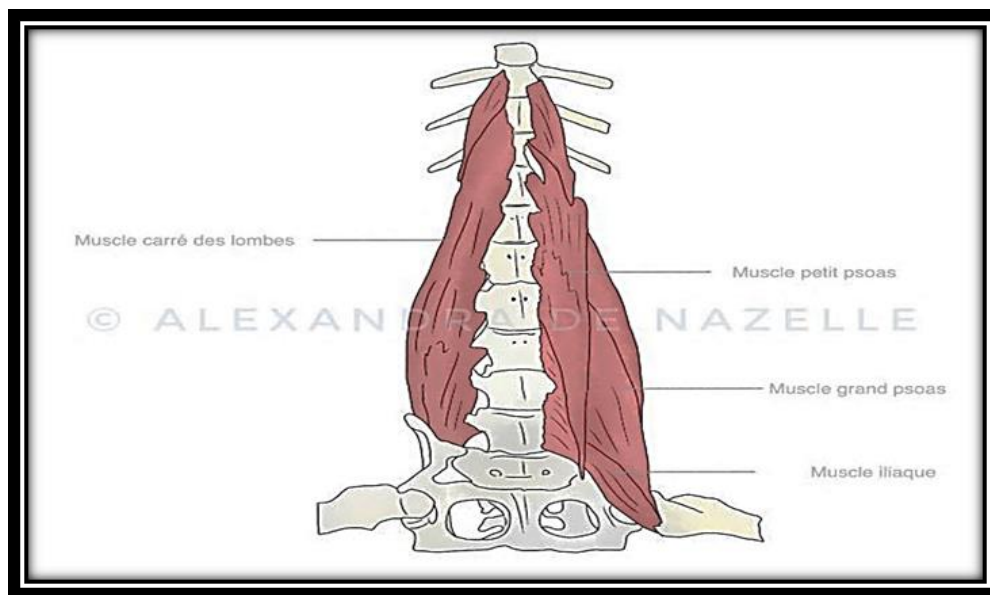


Figure 24 : Muscles sous lombaires du chien, vue latérale d'après (de Nazelle, 2018)

4.5. Les muscles du genou

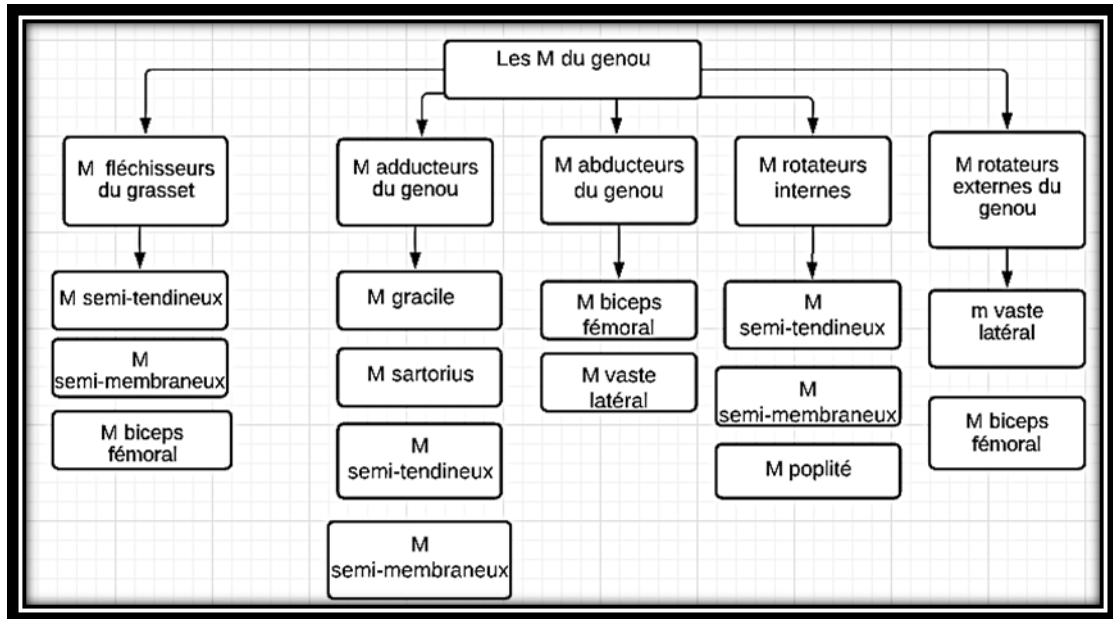


Figure 25 : Schéma représentant les muscles du genou chez le chien (de Nazelle, 2018)

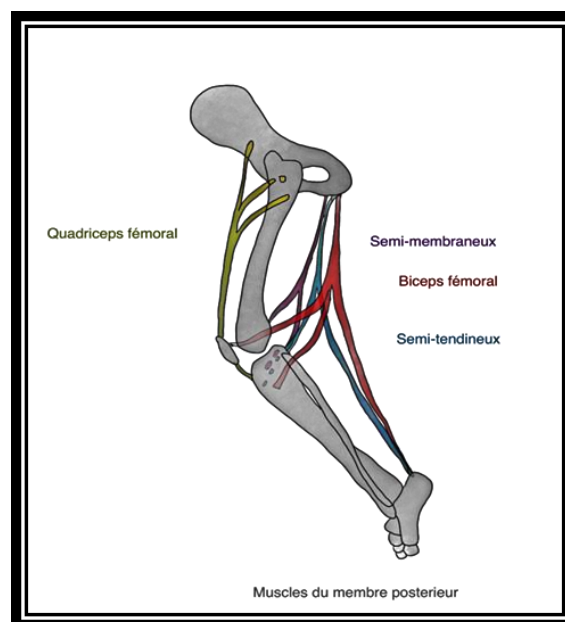


Figure 26 : Muscles du membre postérieur (de Nazelle, 2018)

5. Innervation et vascularisation du membre pelvien

5.1 Le système nerveux autonome de la partie pelvienne

Les troncs orthosympathiques sont accolés en région sacrale. Les ganglions sacraux sont placés sous le sacrum, en regard des foramens sacraux pelviens et délèguent les plexus splanchniques sacraux qui forment le plexus pelvien avec les nerfs pelviens parasymphatiques.

Le plexus pelvien reçoit la terminaison du nerf hypogastrique (orthosymphatique), et des nerfs pelviens (parasymphatiques). Ces nerfs pelviens sont composés de fibres pré-ganglionnaires parasymphatiques et de fibres afférentes des viscères (colon descendant, viscères pelviennes, vessie et tissus érectiles du pénis et du clitoris). (de Nazelle, 2018)

5.2 Le système vasculaire des membres postérieurs

5.2.1 Les artères

Artère iliaque interne ou artère hypogastrique : Se divise en plusieurs branches :

- Artère iliaque externe : Naît de l'artère iliaque primitive, traverse l'arcade crurale et devient artère fémorale. (Docplayer, 2016)
- Artère fémorale : Naît de l'artère iliaque externe (= artère principale de la cuisse) Se termine au niveau du bord postérieur du condyle interne et devient artère poplitée. Descend à la verticale et chemine à l'intérieur du muscle interne de la cuisse. (Docplayer, 2016)
- Artères pour collatérales :
 - Artère épigastrique superficielle (artère abdominale sous-cutané)
 - Artère circonflexe iliaque.
 - Artère fémorale profonde, qui donne naissance à l'artère circonflexe externe et aux artères perforantes. Ces artères vascularisent la tête fémorale, la diaphyse fémorale et l'articulation coxo-fémorale. (Docplayer, 2016)
- Artère poplitée : Naît de l'artère fémorale, descend dans le creux poplité en suivant une ligne médiane, ses collatérales sont :
 - Artère supéro-externe du genou.
 - Artère supéro-interne du genou.

- Artère moyenne
 - Artère inféro externe du genou
 - Artère inféro interne du genou
 - Rameaux artériels pour les téguments du genou. (Docplayer, 2016)
- Les artères de la jambe :
 - Artère tibiale antérieure : Naît du bord inférieur du muscle poplitée. Descend dans la jambe entre le tibia et le péroné, traverse la loge externe de la jambe jusqu'au coup de pied où elle donne l'artère pédieuse. (Docplayer, 2016)
 - Artère pour collatérales :
 - Artère récurrente tibiale postérieure
 - Artère récurrente circonflexe postérieure
 - Artère récurrente tibiale antérieure
 - Artères malléolaires entéroexternes et entéro internes.
 - Artère tibiale postérieure : Naît de l'artère poplitée et se termine au-dessous de la malléole interne où elle donnera les artères plantaires externes et internes. Vascularise la loge postérieure de la jambe. Se place entre le fléchisseur du gros orteil et le fléchisseur commun des orteils.
 - Les artères des pieds : Sont constituées de l'artère dorsale, de l'artère plantaire externe et interne.
 - Artère dorsale ou pédieuse : C'est au niveau de son passage entre le 1er et de 2ème métatarsien qu'on peut la palper (pouls pédieux). (Docplayer, 2016)

5.2.2. Réseau superficiel veineux

Les veines du réseau superficiel ont des valvules permettant le retour veineux vers le réseau profond. (Docplayer, 2016)

Veine saphène interne : Elle draine le sang venant du pied. Elle passe en avant de la malléole interne, sur la face interne du tibia, en arrière du genou, sur la face interne de la cuisse puis sur sa face antérieure. Elle se termine dans la veine fémorale. Ses collatérales se jettent dans la saphène interne. (Docplayer, 2016)

- veines dorsales du pied

- veines de la face postéro interne de la jambe
- veines de la face entéro latérale de la cuisse.
- veine épigastrique
- veine circonflexe iliaque superficielle
- veines honteuses externes.

Veine saphène externe : Passe par la malléole externe en arrière, la partie superficielle du mollet et se termine dans la veine poplitée.

Ses collatérales viennent du dos du pied, du talon et de la face postéro latérale de la jambe. (Docplayer, 2016)

5.2.3. Réseau veineux profond

Veines profondes du pied : elles se jettent dans les veines profondes de la jambe.

- veines plantaires externes et internes
- veines dorsales du pied. Veines profondes de la jambe :
 - veine tibiale antérieure et postérieure : vont dans la veine poplitée.
 - les veines péronières se drainent dans les tibiales postérieures.
- La veine poplitée : est une veine du réseau profond, elle draine les veines tibiales antérieures et postérieures, reçoit les veines du genou et de la saphène externe pour se terminer dans la veine fémorale.
- La veine fémorale : accompagne l'artère dans son trajet et se termine dans la veine iliaque externe. Elle reçoit la veine saphène interne et la veine fémorale profonde.
- Les veines fessières : sont drainées par la veine iliaque interne.(Figure27) (Docplayer, 2016).

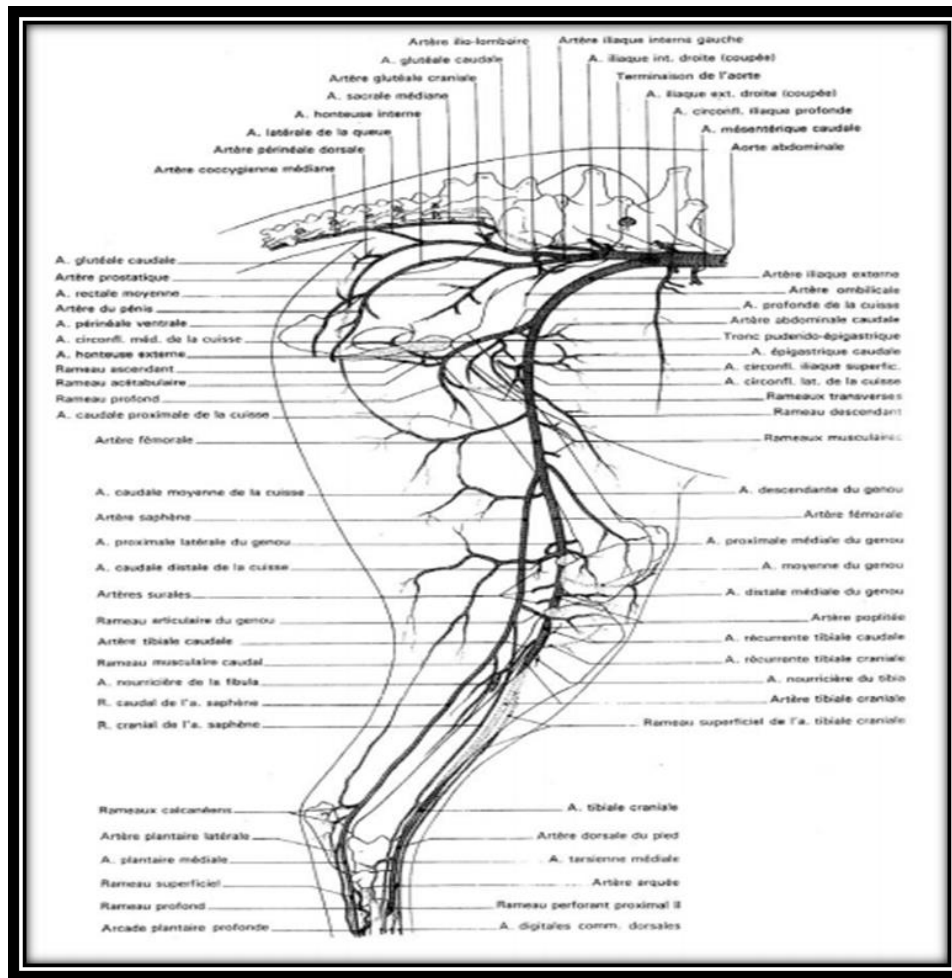


Figure 27 : Artères du membre pelvien gauche du chien, vue médiale (Barone, 1968)

Chapitre 2 : Généralités sur les fractures

1. Définition des fractures

Une fracture se définit comme une rupture d'un élément squelettique osseux ou cartilagineux.

En radiologie, une fracture se traduit par l'apparition d'un trait noir qui interrompt la corticale osseuse : c'est le trait de fracture.

Quand on parle de « fracture », sans qualificatif, il s'agit d'une fracture traumatique. Quand on parle de « fracture spontanée ou pathologique », cela sous-entend qu'elle survient sans participation d'un traumatisme, ou alors d'un trauma minime sur un os déjà fragilisé par un autre processus à savoir ; pathologique (tumeur, ostéoporose...) ou autre (fatigue).

Tous les os ne sont pas soumis aux mêmes risques. Chez le Chien, l'atteinte du fémur est la plus courante (70% des cas) ; viennent ensuite l'humérus, le radius et l'ulna.

Lors de fracture, il ne faut pas perdre de vue qu'il existe aussi des lésions des tissus mous.

Souvent, ce sont elles qui conditionnent les possibilités de récupération. (Genevois, 2004)

2. Classification des fractures

Il existe de nombreux systèmes de classification qui sont utiles pour la description des fractures (Brinker et *al.*, 1994).

2.1. Les causes des fractures

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

- 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).

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

D'après (Brinker et *al.*, 1994) , On distingue deux types de fracture :

- fracture fermée : le foyer de fracture ne communique pas avec l'extérieur.
- fracture ouverte : le foyer de fracture communique avec l'extérieur. Ces fractures sont contaminées ou infectées et leur cicatrisation peut être, au mieux, retardée ou accompagnées de complications.

2.3. Localisation, morphologie et gravité des fractures

2.3.1. Nomenclature utilisée par l'AO Vet

Le système utilisé pour la localisation, la morphologie et la gravité des fractures des os longs chez les animaux de compagnie se base sur la classification adoptée par l'AO Vet (Association d'ostéosynthèse vétérinaire). Ce modèle de classification a été décrit par (Ungeret *al.*, 1990).

Cette classification reprend le système utilisé par l'AO/ASIF (Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthese / Association for the Study of Internal Fixation) pour décrire les fractures chez l'homme. Ce système permet de classer par ordre de gravité les fractures selon la complexité de leur configuration et leur stabilité après réduction, ce qui donne des éléments quant au traitement le plus adapté et au pronostic (Brinker et *al.*, 1994).

Un code alphanumérique permet de situer l'os concerné et de décrire à la fois la localisation anatomique et le degré de complexité de la fracture observée dans le tableau 1 :

TABLEAU 1 : CLASSIFICATION DES FRACTURES SELON L'AO/ASIF. (UNGER ET AL., 1990)

Os atteint	Segment osseux	Morphologie de la fracture	
		Type	Etendue
1 : Humérus	1 : Proximale	A : Simple	1 : Spiroïde

2 : Radius / Ulna	2 : Diaphysaire	B : Aile de papillon	2 : Oblique
3 :Fémur	3 : Distale	C : complexe	3 : Transverse
4 : Tibia / Fibula	A : Extra-articulaire B : articulaire partielle C : Articulaire complexe		

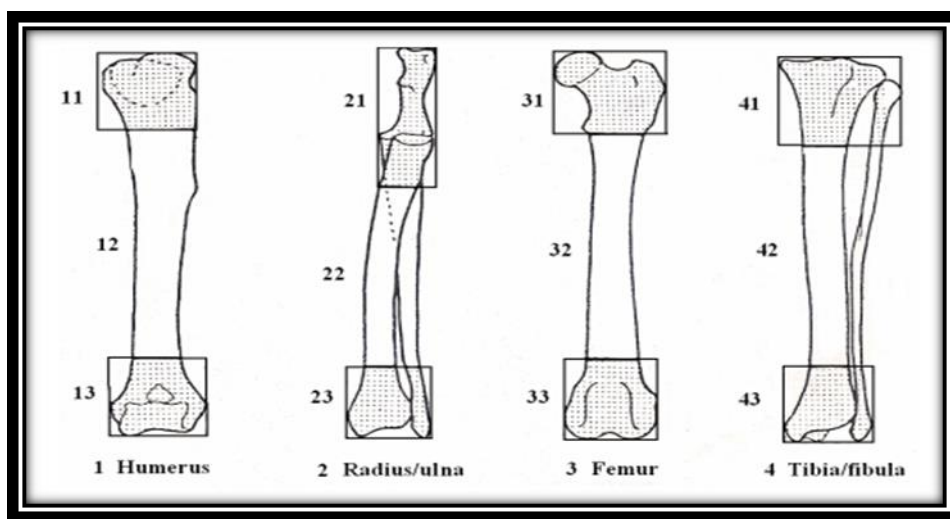


Figure 28 : Situation de l'os et localisation de la fracture sur le fût osseux (Unger et *al.*, 1990)

2.3.2. Description des fractures selon l'orientation du trait de fracture

Cinq types de fractures sont décrits selon l'orientation du trait de fracture, selon (Piermattei et *al.*, 2009) :

- les fractures transverses : le trait de fracture traverse l'os selon un angle inférieur à 30° par rapport au grand axe de l'os.
- les fractures obliques : le trait de fracture forme un angle supérieur à 30° par rapport au grand axe de l'os.

- les fractures spiroïdes : c'est une fracture oblique dont le trait de fracture forme une courbe autour de la diaphyse.
- les fractures esquilleuses.
- les fractures comminutives : elles se caractérisent par la présence d'un ou de plusieurs fragments de taille moyenne totalement séparés les uns des autres. (Figure29).

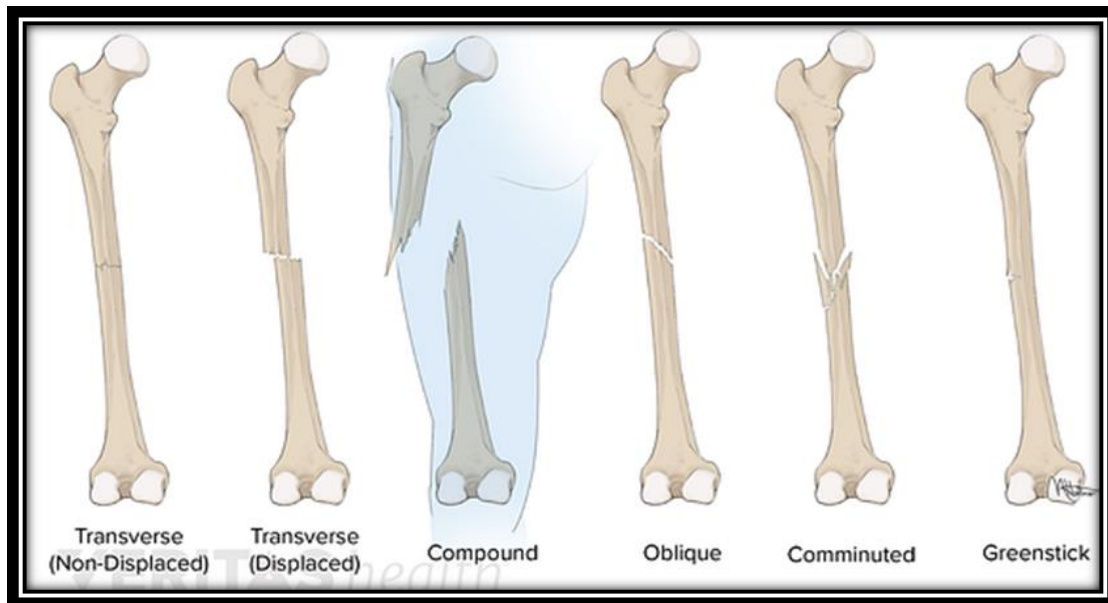


Figure 29 : Classification des fractures fémorales diaphysaires selon l'AO/ASIF.(Sports-health , 2018)

2.3.3. Description de l'étendue des fractures

D'après (Piermattei et *al.*, 2009) ; l'étendue des fractures se divise en deux types :

- les fractures incomplètes : la fracture atteint une seule corticale osseuse. On parle de fracture en bois vert chez les jeunes animaux car la corticale non fracturée est seulement pliée. Les fêlures sont d'étroites fentes qui divisent la corticale ;
- les fractures complètes : la lésion est unique et intéresse toute la circonférence de l'os.

2.3.4. Fractures particulières

Une fracture engrenée : est une fracture dont les bouts osseux sont solidement enfoncés l'un dans l'autre.

Une fracture par avulsion : est une fracture dont un fragment d'os sur lequel s'insère un muscle, un tendon ou un ligament se détache sous l'action d'une traction puissante. (Piermattei et *al.*, 2009)

2.4. Classification des fractures de l'épiphyse

Les fractures de l'épiphyse sont classifiées par le système de classification de Salter-Harris qui décrit l'emplacement de la fracture par rapport à la plaque de croissance (Johnson et *al.*, 2005).

I : décollement épiphysaire pur.

II : décollement épiphysaire associé à arrachement d'un coin métaphysaire.

III : décollement épiphysaire associé à une fracture épiphysaire articulaire.

IV : décollement épiphysaire associé à une fracture métaphysaire et épiphysaire.

V : écrasement du cartilage de croissance. (Figure30).

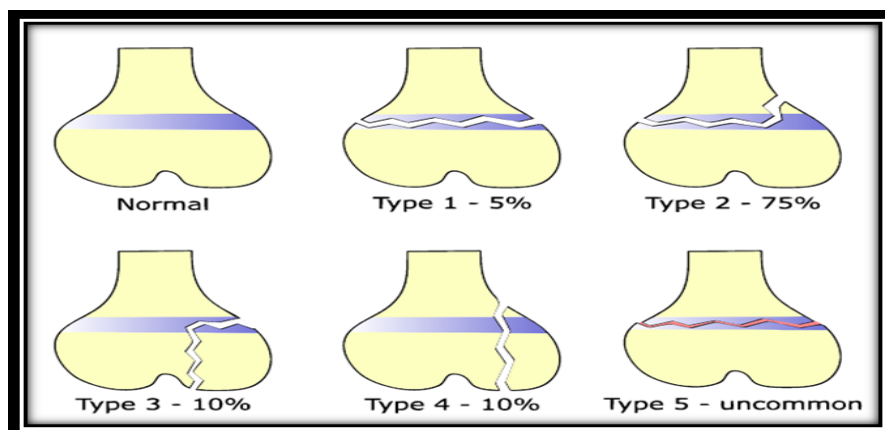


Figure 30 : la classification des fractures de l'épiphyse selon Salter-Harris (Pinkybone, 2016)

2.5. Fracture du jeune en croissance

Le jeune peut être défini comme un animal qui a des possibilités de croissance, des cartilages de croissance actifs, des corticales fines, friables, peu minéralisées et qui a une consolidation par cal périosté avec des possibilités de remodelage. Tous ces critères varient selon la race et les segments osseux. Les fractures du jeune sont fréquentes : plus de 50 % des fractures du chien surviennent sur des animaux de moins de 1 an. Le périoste est épais et très vascularisé. Lors de fracture, il s'arrache facilement ce qui détermine la formation d'un hématome sous

périosté qui s'ossifie rapidement. D'un point de vue mécanique, l'os du jeune est plus élastique que l'os adulte. Par conséquent, il est plus résistant aux traumatismes et peut supporter des déformations importantes sans fracture. Cette qualité mécanique explique la fréquence élevée des fractures en bois vert et des fêlures. On observe d'importantes variations de ces caractéristiques en fonction de l'âge, des races mais aussi d'un segment à l'autre. Ainsi sur un chiot de 5 mois de taille moyenne, le fémur est un os jeune alors que les autres segments (humérus, tibia, radius-ulna) sont pratiquement des os adultes par leur structure et leurs qualités mécaniques. Néanmoins, la plupart des chiens gardent jusqu'à un an une consolidation rapide par cal périosté et d'importantes possibilités de remodelage. Dans certaines races, comme le berger allemand par exemple, quelques caractéristiques de l'os du jeune (corticales fines, friables) peuvent persister au-delà d'un an. (Latte, 1997; Drape, 1992)

3. Diagnostic des fractures

Dans la pratique courante, lors d'un accident provoquant une fracture ouverte sur un animal, les propriétaires ont le réflexe d'appeler le vétérinaire traitant. Il est recommandé de donner dès cette étape des conseils de premiers soins. Le propriétaire peut museler son chien pour se protéger des réactions imprévisibles de son animal qui souffre. L'animal doit être couché en décubitus latéral sur le côté controlatéral à la lésion. Le membre fracturé peut être soulagé à l'aide d'un coussin posé entre les 2 membres. Il est rare qu'une hémorragie externe abondante soit présente, le propriétaire n'a donc pas besoin d'exercer une pression sur la plaie ou de poser un garrot. Il est important de rassurer le propriétaire sur ce point. La protection de la blessure est à réaliser le plus tôt possible par le propriétaire afin de limiter la contamination de la plaie. Il peut utiliser un linge propre. (Allard, 2007)

Cette couverture peut également aider le propriétaire à supporter la situation (vue du sang et os possiblement apparent). (Daude, 2011)

On doit bien préciser au propriétaire de ne pas toucher directement la plaie ou de tenter de réintégrer les embouts osseux dans la plaie par risque de contaminer d'avantage les tissus et d'aggraver les lésions. (Bureau et Bardet, 1998)

Parfois à l'arrivée à la clinique, il est nécessaire de laisser le propriétaire se calmer sans la vue de son animal, dans une salle à part. Le port de la collerette est recommandé pour limiter le léchage et le mordillement de la plaie. (Haudiquet, 2009; Youmans, 2014)

3.1 L'examen clinique

A l'admission, il est nécessaire en premier lieu de réaliser un examen clinique complet afin d'évaluer le patient traumatisé et notamment définir avec précision les statuts neurologique et vasculaire. L'examen clinique doit comprendre la prise de la température, l'observation des muqueuses, l'auscultation cardiaque (fréquence, rythme, bruits surajoutés et concordance avec le pouls fémoral), l'auscultation respiratoire, la palpation abdominale (vessie), l'examen attentif du tégument (recherche d'autres plaies en particulier sur les régions thoraciques et cervicales) et le test des réflexes des nerfs crâniens. Un examen complet permet de mettre en place un protocole de réanimation adapté à chaque cas et de déterminer quels examens complémentaires seront nécessaires. (Allard, 2007)

Le choc se définit comme une inadéquation entre les besoins en oxygène et le transport en oxygène. Le système cardio-vasculaire est incapable d'assurer le transport en oxygène du capillaire pulmonaire vers la cellule périphérique. Cela aboutit à une anoxie cellulaire qui entraîne le métabolisme vers la voie anaérobie et ainsi la production d'ions lactates dans la circulation systémique. Le but du traitement du choc est d'augmenter le transport en oxygène et de réduire les besoins en oxygène. L'état de choc est une urgence vitale qui impose deux démarches simultanées, thérapeutique et diagnostique. Le pronostic dépend de la précocité du diagnostic et du traitement notamment durant la 1ère heure. (Farges, 2009)

Le traitement du choc est primordial pour maintenir une circulation sanguine optimale notamment au niveau des tissus lésés. Les mesures médicales de traitement de l'état de choc et de la déshydratation ou une transfusion doivent être mises en place si elles sont nécessaires. (Allard, 2007 ; Haudiquet, 2009)

Une corticothérapie peut être mise en place mais elle est controversée chez l'animal traumatisé. (Nanmos et Popovitch, 2000)

La recherche des lésions associées doit être méticuleuse, on retrouve fréquemment un traumatisme crânien, un pneumothorax, un hémithorax, des contusions pulmonaires et une hernie diaphragmatique. Lors de fracture des membres pelviens, on peut également avoir un hémopéritoine et une rupture vésicale. (Allard, 2007)

Ces lésions associées conditionnent la fluidothérapie employée ainsi que le protocole de tranquillisation mis en place et permet de classer par priorités les interventions chirurgicales à mener. Il est essentiel de limiter les manipulations au niveau de la plaie tout au long de cette étape. Cette dernière peut cependant être couverte avec des compresses de gaze humides stériles, et un réalignement provisoire du membre peut être accompli avec une attelle ou par traction. Les patients dont le statut est stable peuvent être conduits en urgence au bloc opératoire. (Allard, 2007)

3.2 Examen complet du membre

L'examen du membre fracturé se réalise au moins sous tranquillisation de l'animal si ce n'est sous anesthésie. On peut utiliser un morphinique en plus d'un tranquillisant ce qui potentialise l'effet de ce dernier par son action sédatrice légère à modérée. Les doses employées usuellement peuvent donc être réduites de quart ou moitié ce qui est intéressant dans le traitement d'un animal polytraumatisé. La morphine peut être à une dose comprise entre 0,1 à 1 mg/kg chez le chien par voie sous-cutanée. La morphine agit en 20 minutes environ et son action dure de 4 à 6 heures.

Le butorphanol est couramment employé hors AMM chez le chien à une dose comprise entre 0,1 et 0,4 mg/kg par voie sous-cutanée. Son action est brève chez le chien (1 heure).

Suite au traitement antalgique injectable, des patchs de fentanyl peuvent être utilisés (Durogesic®). Ils agissent en 6 à 12 heures et durent de 3 à 4 jours, idéal si l'animal est gardé au domicile des propriétaires. Plusieurs doses existent pour assurer un traitement aux animaux de moins de 5 kg à ceux de plus de 30 kg. (Allard, 2007)

3.3 Evaluation du degré de contamination

Une plaie associée à une fracture est toujours contaminée qu'elle soit ponctiforme ou béante avec perte de matériel osseux et/ou musculaire.

Le degré de contamination d'une plaie est proportionnel à l'étendue de cette dernière et à la profondeur des lésions mais dépend surtout du milieu dans lequel a eu lieu la fracture et du temps qui s'est écoulé depuis. Une anamnèse précise semble donc essentielle à une bonne évaluation. (Nanmos et Popovitch, 2000)

3.4. Examen neurovasculaire

Cet examen est déterminant pour l'avenir du membre. L'évaluation de l'intégrité des nerfs distalement à la lésion n'est pas toujours aisée mais la présence d'une sensibilité à la douleur superficielle et profonde est de bon pronostic pour la survie du membre. L'examen des réflexes et des dermatomes est aussi important surtout si on suspecte une atteinte nerveuse. (AU, 2011)

Il se peut que la sensibilité du membre soit diminuée, il faudra alors répéter fréquemment les examens afin de suivre l'évolution des lésions. Un examen électromyographique est parfois nécessaire. (Daude, 2011).

Une bonne appréciation de l'intégrité du système vasculaire du membre lésé est primordiale, la chaleur et la couleur des extrémités sont de bons indicateurs. (Allard, 2007)

On peut également réaliser un examen à l'aide d'un Doppler pour évaluer la présence d'un pouls périphérique. Si la viabilité d'un membre est douteuse un examen angiographique est indiqué. (Daude, 2011)

Les commémoratifs sont également importants pour faire une distinction entre écrasement et contusion des tissus, notamment lors d'accident de la voie publique. L'écrasement provoque la sténose des artères, si plusieurs sont touchées alors la cicatrisation des tissus mous et de l'os est plus difficile. Le risque d'apparition d'un syndrome de loge ne doit pas être sous-estimé et l'examen clinique initial doit en tenir compte. Des examens vasculaires répétés régulièrement doivent être mis en place car la présence d'une fracture ouverte n'exclut pas le développement de ce syndrome. Le syndrome de loge post-traumatique est une ischémie partielle des masses musculaires aboutissant à une nécrose irréversible. Cette complication s'amorce dès le traumatisme. L'augmentation de la pression dans les loges musculaires est liée à l'hématome lésionnel et à l'œdème post-traumatique : lorsque la pression dépasse un certain seuil critique,

le débit sanguin microcirculatoire est insuffisant pour assurer les besoins métaboliques. Il s'ensuit un œdème cellulaire ischémique auto aggravant. Il s'agit d'une urgence diagnostique et thérapeutique imposant des fasciotomies décompressives dans les heures qui suivent son installation. Il est systématiquement évoqué et recherché dans le suivi immédiat d'une fracture ainsi que dans le cadre d'un traumatisme à haute énergie. Le signe d'alarme le plus important est la douleur, anormalement intense, associée à une tension algique du membre, exacerbée par l'étirement passif des muscles issus de la loge sous tension. (Bonnevoalle, 2005)

Le syndrome des loges se définit comme une souffrance neuromusculaire pouvant aller jusqu'à la nécrose, en rapport avec une augmentation pathologique de la pression intratissulaire dans une ou plusieurs loges musculaires.(VALMI, 2007)

Les muscles striés sont entourés d'une aponévrose inextensible. L'apparition d'un œdème intramusculaire entraîne une augmentation de pression. L'exagération pathologique de ce phénomène détermine le syndrome des loges.(VALMI, 2007)

La forme aiguë est une urgence chirurgicale caractérisée par la triade classique qui associe un syndrome douloureux intense, un aspect inflammatoire localisé, et des troubles moteurs et neurologiques. La palpation, qui accentue la douleur, tension du compartiment musculaire atteint et une inflammation des téguments de voisinage. Les pouls sont présents. Cette triade est cependant inconstante, dissociée et tardive. Le siège habituel est la jambe, notamment la loge antéro-externe. La clinique suffit au diagnostic, la biologie confirme la souffrance musculaire avec élévation considérable des enzymes musculaires. La mesure de la pression intramusculaire confirmerait le diagnostic ; cet examen ne doit pas retarder le geste thérapeutique d'aponévrotomie ouverte en urgence, qui, seule, évite les séquelles irréversibles. Le syndrome des loges après une ischémie aiguë sensitivo-motrice revascularisée est constant ; dans ce cas, l'aponévrotomie doit être systématique et préventive plutôt qu'aléatoire ou retardée. La survenue d'un syndrome des loges peut compromettre le succès d'une revascularisation et conduire rapidement à l'amputation. (VALMI, 2007)

3.5. Examen radiologique

Cet examen n'est pas le plus urgent, il faut d'abord stabiliser le patient et administrer les traitements analgésique et antibiotique. (AU, 2011; Youmans, 2014)

On réalisera systématiquement deux radiographies, d'incidence crânio-caudale et latérale du membre atteint, en incluant les articulations proximale et distale à la blessure. L'idéal est de réaliser ces clichés après stabilisation provisoire du membre. Si besoin est, des vues en oblique ou tangentielles peuvent être réalisées pour fournir des informations complémentaires en vue de la chirurgie. Il est possible de réaliser un examen radiographique comparatif avec le membre controlatéral sur les animaux jeunes (cartilage de croissance) ou pour évaluer la longueur initiale du membre, ou enfin prévoir le modèle approprié pour le type de fixation chirurgicale. (AU, 2011; Schaller, 2014)

En cas de doute, lors d'une plaie à proximité d'une fracture, l'examen radiographique peut aider à distinguer une fracture ouverte par la présence d'air en sous-cutané sur le cliché. Cependant, toutes les fractures ouvertes ne présentent pas ce signe. (AU, 2011)

L'examen radiographique met aussi en évidence les souillures plus profondes qui sont radio-opaques comme du gravier, des projectiles d'armes à feu. (Allard, 2007)

Les radiographies du membre lésé ne sont pas les seules à réaliser. En effet, 59 à 72 % des animaux avec des fractures des membres ont des lésions multiples associées. Ainsi des examens radiographiques du thorax et de l'abdomen doivent être réalisés pour évaluer l'étendue des lésions. (Corr, 2012)

A l'issue des examens clinique et d'imagerie, on peut avoir une idée du type de la fracture à l'aide des classifications vues précédemment. Nous devons alors donner au propriétaire un pronostic et un devis bien que le débridement chirurgical à venir précisera ces deux points. Les fractures ouvertes de degré I et II ont un pronostic équivalent à celui des fractures fermées. Pour les fractures de degré III, il est également important d'informer le propriétaire du pronostic très incertain à ce stade. En effet, le statut neurovasculaire peut empirer sur la première semaine, tout comme certaines blessures internes qui peuvent apparaître dans les jours suivants. Le traitement des fractures ouvertes prend beaucoup de temps et est souvent

coûteux. Néanmoins, l'amputation ne doit pas être envisagée en première intention car de bonnes techniques de traitement existent. (Figure31) (Haudiquet, 2009; Youmans, 2014).



Figure 31 : Fracture diaphysaire du fémur avec un grand troisième fragment chez un chien
(VOT, 2003)

4. Mécanisme de consolidation osseuse

La consolidation des fractures est un processus qui reprend certains aspects du développement squelettique et de la croissance osseuse. (Ferguson, et *al.*, 1999), mettant en jeu à nouveau une inter-relation complexe des cellules osseuses, des facteurs de croissance et de la matrice extracellulaire.(Gerstenfeld et *al.*, 2003)

La majorité des fractures consolide par une combinaison des deux mécanismes d'ossification (endochondrale et membraneuse). (Dimitriou et *al.*, 2005)

L'ossification endochondrale se met en place dans les régions qui sont mécaniquement instables et dans le site fracturaire, là où il n'y a plus de périoste intact. L'ossification membraneuse se produit à l'intérieur de l'enveloppe périostée à chaque extrémité du cal pour former un cal dur. C'est le cal dur qui pont le site fracturaire et qui va apporter une stabilité primaire au segment osseux fracturé. (Gerstenfeld et *al.*, 2006)

Le processus de réparation est classiquement décomposé en quatre phases : (Schindeler , et al., 2008). L'hématome qui aboutit au tissu de granulation, le cal mou ou primaire, le cal dur puis le remodelage.(Figure32) (Al-Aql et al., 2008).

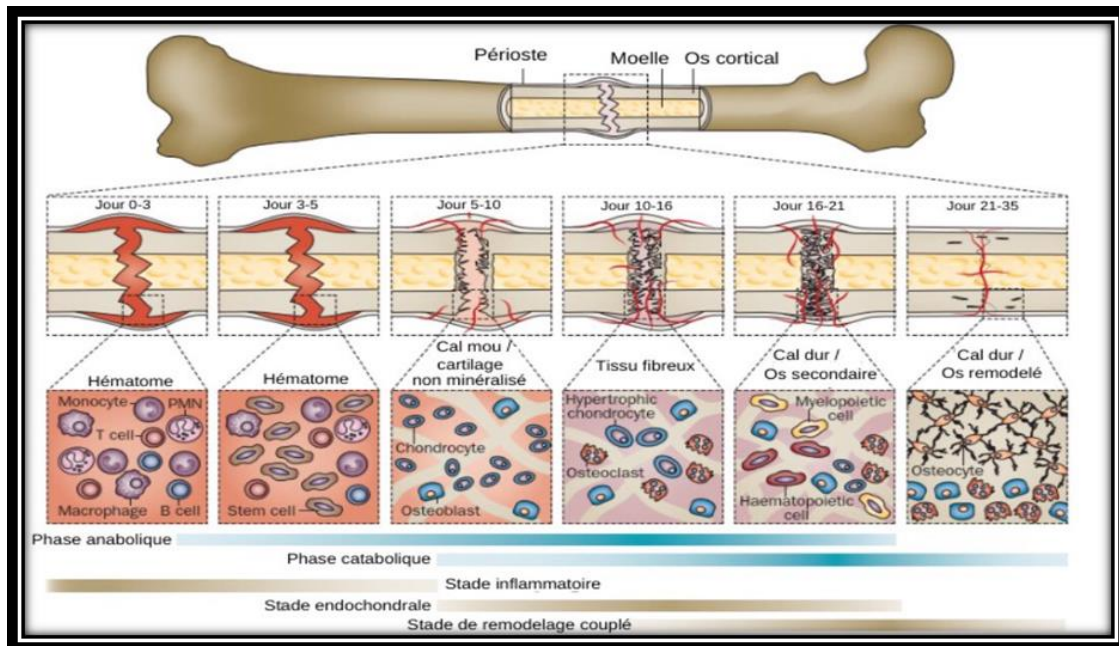


Figure 32 : Les phases de consolidation osseuse (Nature reviews rheumatology, 2014)

4.1. L'hématome fracturaire

Est organisé entre les extrémités osseuses et les tissus mous environnants. Il acquiert un pouvoir ostéogénique vers le quatrième jour. Une réaction inflammatoire locale s'installe en quelques heures dans les tissus périfracturaires ; apparaissent, d'une part des histiocytes et des macrophages pour détruire les débris osseux, d'autre part des ostéoclastes pour éroder les surfaces osseuses. Il existe donc un processus complexe qui est déclenché immédiatement après la fracture mais dont le signal est à ce jour inconnu. Ce processus procède au recrutement de cellules précurseurs. Il assure leur prolifération ainsi que leur différenciation en ostéoblastes, ostéoclastes, fibroblastes. Il contrôle également la minéralisation, le remodelage puis le modelage osseux. Le recrutement de cellules ostéoprogénitrices s'effectue durant les premières heures par les phénomènes d'induction ostéogénique. Les ostéoclastes dérivent de cellules souches multipotentes hématopoïétiques présentes dans la moelle osseuse. Ces cellules précurseurs vont migrer vers le foyer de fracture grâce à des facteurs chimiotactiques

libérés par les cellules nécrotiques du foyer, tels que le platelet-derived growth factor (PDGF) et le transforming growth factor beta (TGF β). Les cellules précurseurs vont se différencier grâce à des facteurs ostéo-inducteurs chimiques (PDGF, TGF β ...) et physiques (contraintes mécaniques telles que les mouvements du foyer de fracture). La transformation de l'hématome fait place à un tissu de granulation. La prolifération des cellules conjonctives aboutit à la formation d'une trame protéique. De la quarante-huitième heure à la troisième semaine, la prolifération fibroblastique sur la trame protéique conduit à la transformation de l'hématome en tissu fibreux. Peu à peu les fibroblastes vont laisser la place à des chondroblastes. Ces derniers à la périphérie du cal pour ensuite l'envahir dans son intégralité. (Rundle et *al.*, 2006)

4.2. Stade de cal mou ou stade primaire

Le périoste immobilise le foyer (situation indispensable à la minéralisation). Le cal mou apparaît sur les fragments osseux dans le décollement du périoste. Il forme un manchon souple et fusiforme. Sous le périoste, les cellules primitives se sont rapidement différenciées en deux types de lignées :

La lignée ostéoblastique, à distance du foyer, élabore la substance ostéoïde qui contient des fibres de collagène de type I. La substance se minéralisera ensuite, formant un manchon d'os immature qui cesse de croître vers la sixième semaine.

La lignée chondrocytaire se différencie à proximité du foyer de fracture. Les chondrocytes vont former un anneau de cartilage sous-périosté autour du foyer. Le cartilage se minéralise progressivement. A ce stade, les corticales ne participent pas à la formation du cal. En revanche la moelle osseuse est le lieu d'une ostéogenèse en bande située à la face interne de la corticale. (Rundle et *al.*, 2006)

4.3. Le cal dur

Il est déterminé par la création d'un pont osseux immature inter-fragmentaire qui assure une solidarité mécanique entre les fragments. Au départ, l'os immature est non orienté. Il est de type trabéculaire. Puis il se transforme en os lamellaire primaire, c'est-à-dire que les ostéons sont orientés dans toutes les directions afin de rétablir une raideur idéale de l'os. Après la huitième semaine, l'os lamellaire pénètre les extrémités fracturaires, à seize semaines l'os

immature disparaît. Un remodelage interne se poursuit durant 18 mois environ dans le but de rétablir une architecture histologique normale. En clinique, l'activité de résorption du site fracturaire confère à l'os un aspect porotique sur les radiographies. Cet aspect propre au remodelage apparaît après 4 semaines. Le modelage est une activité qui équivaut au remodelage de l'os cortical mais à l'échelle macroscopique. Il consiste en la résorption du cal externe et la restauration du canal médullaire. Il peut être complet chez le jeune, il est partiel chez l'adulte. L'ensemble de ces étapes de réparation tissulaire est associée au niveau cellulaire à des processus complexes de synthèse dont l'enchaînement est hautement régulé.(Figure33) (Rundle et *al.*, 2006)



Figure 33 :Formation d'un cal osseux d'après (Santébllog, 2014)

Chapitre 3 : Stratégie thérapeutique (Les traitements des fractures)

Le choix du traitement découle d'un bon diagnostic, en effet plusieurs possibilités s'offrent au vétérinaire selon le cas étudié, allant d'un traitement orthopédique au traitement chirurgical. Tout traitement doit obéir à certaines règles telles qu'une antibiothérapie adéquate, avec des associations d'antalgiques et d'anti-inflammatoires pour soulager l'animal.

1. Traitement antalgique

Le traitement de la douleur aiguë repose sur le traitement de la cause de la douleur, lorsque cela est possible, et sur l'administration d'antalgiques. De nombreuses classes de médicaments sont utilisables :

- Les anti-inflammatoires non stéroïdiens (AINS) : kétoprofène, carprofène, flunixin, piroxicam, méloxicam, cimicoxib, robenacoxib, firocoxib...
- Les opioïdes : butorphanol, buprénorphine, morphine, fentanyl, méthadone... Ces molécules sont administrées par le vétérinaire, les propriétaires d'animaux ne peuvent pas en posséder chez eux.
- Les anesthésiques locaux : lidocaïne, bupivacaïne...
- Des sédatifs analgésiques : α_2 -agonistes.
- Des anesthésiques centraux administrés à très faible dose : kétamine.

Selon les cas, les antalgiques peuvent s'administrer par voie orale, par injection (intraveineuse, intramusculaire ou épidurale), par voie rectale (suppositoire) et depuis peu par voie transdermique sous forme de « patch » appliqué directement sur la peau après une tonte locale. De nombreux praticiens utilisent à titre préventif des antalgiques avant une intervention chirurgicale. Cela permet de stopper au maximum le message douloureux induit par la chirurgie, de diminuer les quantités d'anesthésiques nécessaires et donc d'en limiter les effets secondaires. N'hésitez pas à vous renseigner sur le protocole utilisé par votre vétérinaire avant, pendant et après l'intervention. (Centravet, 2020)

2. Antibiothérapie

2.1. Antibiothérapie systémique La contamination du foyer osseux et des parties molles est constante dans les fractures ouvertes et est d'autant plus sévère que le type est élevé. De plus, toute fracture ouverte depuis plus de 8 heures est considérée comme infectée. (AU, 2011)

Une antibiothérapie systémique diminue le risque infectieux de 59%. (Okike et Bhattacharyya, 2006). Le traitement antibiotique doit donc être débuté dès que possible par voie veineuse pour une meilleure rapidité d'action. (Youmans, 2014 ; Di-Mascio, 2011)

TABLEAU 2 : MOLECULES EMPLOYEES POUR LE TRAITEMENT ANTIBIOTIQUE DES FRACTURES OUVERTES ET LEURS POSOLOGIES. (POPOVITCH ET NANNOS, 2000; GRANT ET OLDS, 2003 ; SCOTT ET McLAUGHLIN, 2007)

Famille	Molécule	Posologie	Type de fracture		
			I	II	III
Céphalosporine de première génération	Céfaléxine (Rilexine®)	30 mg/kg IV, IM, PO à l'admission	X	X	X
		20 à 30 mg/kg IV, IM, PO TID			
Aminosides	Gentamycine (Gentalline®) Humain	1,5 mg/kg à l'admission X X		X	X
		6 mg/kg/j IM, SC SID			
		Tobramycine (Nebcine®)	Humain 6 mg/kg/j IM, IV SID		X
	Clindamycine	11 mg/kg/j PO SID		X	X

	(Antirobe®, Clindaseptin®)	ou BID			
	Lincomycine (Lincocine®)	25 mg/kg/j PO, IM, IV SID		x	x
Imidazolés	Métronidazole (Flagyl®)	50 mg/kg/j PO SID		X Anaérobies	x Anaérobies
Fluoroquinolone (2de génération)	Marbofloxacin e (Marbocyl®)	2 mg/kg/j PO, SC SID		X	x

La voie intra-musculaire peut également être utilisée car les concentrations tissulaires sont équivalentes à celles obtenues par voie veineuse. L'antibiothérapie parentérale est possible dès lors que l'état du patient le permet. (Quinn, 2006)

En se basant sur les examens bactériologiques, tous les patients avec des fractures ouvertes devraient recevoir une couverture gram positif, cela peut être suffisant pour les blessures de type I où la contamination bactérienne est mineure. (Youmans, 2014)

Les fractures de type II ou de type III devraient recevoir en plus une couverture gram négatif. Dans le cadre de blessures avec un risque d'infection par des bactéries anaérobies, l'ajout de la pénicilline ou de la clindamycine est fortement recommandé. (Bennett, 2013)

Cependant, dans le cadre d'une antibiothérapie raisonnée, il convient mieux de réaliser des prélèvements pour identification bactérienne et antibiogramme. Ils permettront d'ajuster le traitement antibiotique au besoin. Si aucune bactérie ne s'est développée sur la culture, les antibiotiques doivent être arrêtés au bout de 5 jours. Si la culture est positive, le traitement antibiotique, en accord avec le résultat de l'antibiogramme, doit être poursuivi jusqu'à 6 semaines. (Corr, 2012)

2.2. Antibiothérapie locale

L'avantage des billes imprégnées d'antibiotiques est que le principe actif atteint une concentration locale élevée (10 à 30 fois supérieure à la concentration systémique), sans effets secondaires. Malgré ces bons résultats, des doutes persistent sur l'existence d'une possible inhibition de l'activité ostéoblastique par cette technique. (Muñoz Vives, 2010 ; Zalavras, et *al.*, 2004)

Les antibiotiques utilisés sont souvent des aminosides (tobramycine) ou des glycopeptides (vancomycine), car ils sont thermostables, hypoallergéniques et ont un spectre d'action large. (Muñoz Vives, 2010)

3. Traitement orthopédique

La fixation de la fracture peut être réalisée par contention du membre par coaptation externe. Ainsi on empêche les mouvements de rotation, d'angulation et le déplacement des fragments osseux tout en évitant les traumatismes supplémentaires. (Piermattei et *al.*, 2006)

Le traitement des fractures ouvertes par coaptation externe est rarement pratiqué car la gestion et les soins quotidiens de la plaie sont plus difficiles. De plus, ce type d'immobilisation n'assure pas une stabilité stricte de la fracture, ce qui peut être à l'origine de trouble de la consolidation osseuse. (Youmans, 2014)

Cependant, les fractures de premier degré mineures qui sont peu déplacées et peu étendues peuvent être traitées dans les 6 à 8 heures à l'aide d'un pansement renforcé par une attelle en résine. Cela s'applique surtout aux fractures stables de la moitié inférieure du radius et de l'ulna, du carpe, du tarse, et des doigts. (Haudiquet, 2009)

4. Traitement chirurgical

On distingue plusieurs types d'ostéosynthèses :

4.1. Ostéosynthèse par enclouage centromédullaire

Il convient de distinguer plusieurs types de clous :

Les clous qui ne remplissent pas totalement la cavité médullaire, comme le clou de Steinmann, et les clous qui sont posés après alésage de la cavité médullaire. (O'Sullivan, et al., 1989)

4.1.1. Clous sans alésage

Ce type de clou n'entrave que peu la circulation médullaire, il n'assure pas une contention absolue. De ce fait, la consolidation de la fracture est dans ses grandes lignes, comparable à celle obtenue avec une immobilisation plâtrée, l'importance du cal périosté est souvent moindre que lors d'immobilisation plâtrée. Il demeure toutefois souvent volumineux.

(Newton et Nunamaker, 1985)

4.1.2. Clous avec alésage

L'alésage est très peu pratiqué en médecine vétérinaire. Il détruit la totalité de la circulation médullaire. Celle-ci peut se régénérer à condition que les vaisseaux puissent passer entre le clou et le cortex sous-jacent. Dans le cas contraire, il s'ensuit une nécrose corticale et un retard de consolidation. (Newton et Nunamaker, 1985)

4.2. Ostéosynthèse par cerclages

Les cerclages ne produisent pas une stabilité absolue sauf s'ils exercent un effet de hauban. Ils ne sont donc pratiquement jamais utilisés seuls. Ils sont le plus souvent associés à d'autres moyens d'ostéosynthèse. Ils servent pour la réduction et assurent une diminution de la mobilité fracturaire. (Hinelander et Bargry, 1962)

4.3. Ostéosynthèse par plaques

Il existe différents modes d'ostéosynthèse par plaques. Celui qui est le plus utilisé actuellement en médecine vétérinaire est l'ostéosynthèse rigide avec compression. Son but est d'obtenir une cicatrisation de l'os « per primam » caractérisée par le dépôt d'emblée d'os lamellaire dans le trait de fracture sans passage par un cal quelle que soit sa forme (cal fibreux, fibrocartilagineux ou osseux). (Figure 34) (Schenk, 1979).

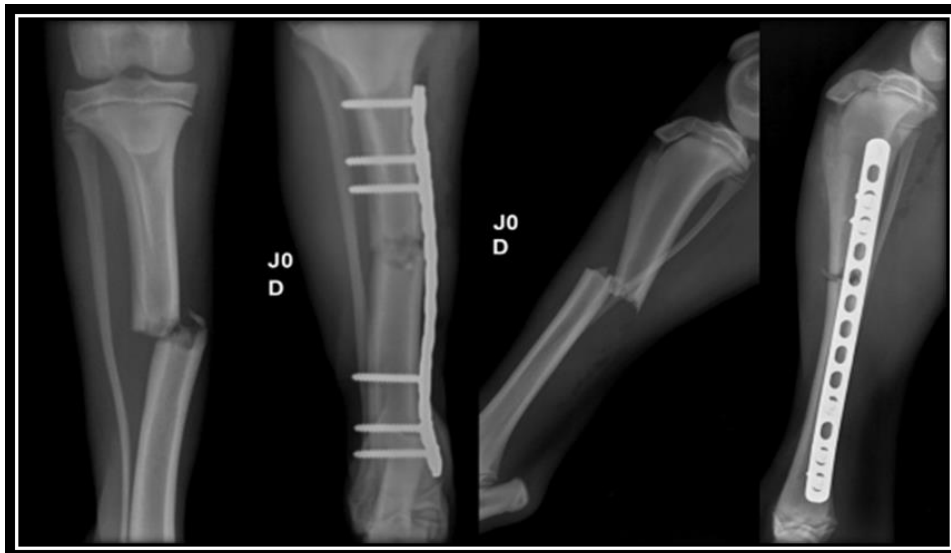


Figure 34 :Stabilisation par plaque vissés sur une fracture tibia droit chez un chien (VOT, 2014)

4.4. Ostéosynthèse par fixation externe

C'est une méthode permettant d'immobiliser le foyer fracturaire par implantation de broches percutanées au niveau de l'os, solidarisées à des barres extra cutanées, la méthode se place à midistance entre la fixation interne et la contention externe.(Figure35) (Baume, 1966).

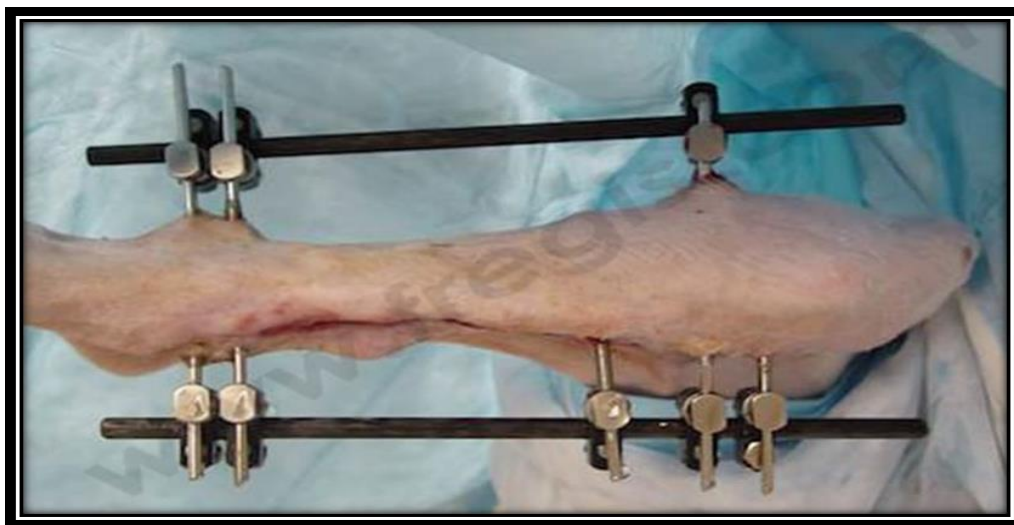


Figure 35 :Fracture du tibia réparée par un fixateur externe (Fregis, 2012)

Chapitre 4 : Pronostic et complications

Le pronostic diffère selon l'animal, le degré de l'atteinte et le traitement et son suivi, il peut en ressortir une guérison parfaite et une bonne récupération. Malheureusement plusieurs complications ont été observées.

1. Pronostic

Il est toujours grave sur le plan fonctionnel, et est fonction du type de fracture et des lésions associées des tissus mous. Par exemple, une fracture pathologique sera plus grave qu'une fracture traumatique. De même, une fracture articulaire sera de moins bon pronostic qu'une fracture diaphysaire. Parmi les fractures les plus compliquées à traiter (entre autres celles du bassin...), on retrouve celles de la partie distale de l'humérus (uni ou bicondyliennes), pour lesquelles on devra particulièrement prendre garde au nerf radial qui passe dans la région. Les éléments à prendre en compte pour donner un pronostic sont :

- Le siège de la fracture sur un os donné
- L'âge de l'animal (attention notamment aux fractures des cartilages de croissance chez le jeune)
- Prendre en compte les connaissances, les compétences et le matériel du vétérinaire traitant. (Genevois, 2004)

2. Complications

2.1. Complications immédiates

2.1.1. Complications générales

2.1.1.1. Choc hypovolémique

On admet classiquement que lors d'une fracture fermée du fémur le saignement peut provoquer un hématome dans la cuisse. En cas d'autres fractures associées et/ou d'hémorragie extériorisée, ou chez un patient fragile, les pertes sanguines peuvent donc être très importantes et, en l'absence de compensation, conduire à une défaillance cardiovasculaire ou au décès par choc hypovolémique. En dehors de la fracture du fémur, les fractures complexes du bassin peuvent donner le même tableau. (Hervé, 2003)

2.1.1.2. Embolie graisseuse

La migration des graisses à partir du foyer de fracture peut être responsable d'un tableau clinique d'embolie pulmonaire. Heureusement rare, ce tableau survient le plus souvent après fracture du fémur (> 80 %) ou du bassin. Il existe classiquement un intervalle libre entre traumatisme et embolie, mais celle-ci peut survenir avant, pendant ou après la chirurgie (jusqu'à 8 jours). La clinique comprend une phase de début (fièvre élevée non expliquée, agitation, troubles du comportement, polypnée, pétéchies) et une phase d'état (syndrome cutanéomuqueux avec hémorragie sous conjonctivale et purpura, détresse respiratoire, troubles de la conscience et trouble végétatif (tachycardie), syndrome oculaire). L'examen clé est le fond d'œil qui retrouve taches blanches cotonneuses, hémorragies rétinienne et œdème maculaire. Le traitement est un traitement symptomatique de réanimation. Le pronostic est variable, puisque certaines embolies graisseuses sont cliniquement asymptomatiques, alors que dans d'autres cas il s'agira d'un diagnostic d'autopsie devant une mort brutale. La prévention repose sur le remplissage vasculaire, l'immobilisation de la fracture, les antalgiques et surtout sur la chirurgie en semi-urgence (24 à 72 H) dans le bloc opératoire le plus proche du lieu de l'accident. En effet le risque d'embolie graisseuse contre indique le transport d'un patient porteur d'une fracture du fémur sur une longue distance. (Hervé, 2003)

2.1.1.3. Gangrène gazeuse

Complication gravissime provoquée par clostridium. La contamination s'effectue par une plaie souillée, le délai d'incubation allant de quelques heures à 6 jours. Le signe clinique pathognomonique est la crépitation gazeuse sous cutanée perçue à la palpation. Le traitement curatif est médico chirurgical. (Hervé, 2003)

2.1.1.4. Complications cutanées

En cas d'ouverture cutanée associée, l'évolution se fait en trois phases. Une phase aiguë (5 jours) aboutissant aux tissus de granulation. Il y a alors contamination plus qu'une infection vraie. Puis une phase sub-aiguë (J5 -> J 30) avec installation de l'infection (cutanée puis osseuse) et une phase de chronicisation aboutissant à l'infection osseuse proprement dite.

Les germes initialement en causes sont : les bacilles telluriques (tétanos), les anaérobies et gram négatif et le staphylocoque. Ensuite il s'agira le plus souvent de germes résistants

hospitaliers. Le traitement initial repose sur le parage de l'ouverture cutanée, la vaccination anti-tétanique, et une antibio-prophylaxie. (Hervé, 2003)

2.1.1.5. Complications vasculaires

Les lésions vasculaires peuvent survenir et entraîner une hémorragie importante, en particulier en cas de fracture postérieure du bassin. L'hémorragie peut être externe (ce qui indique une fracture ouverte) ou seulement interne; chacune peut causer un choc hémorragique. Ce qui nécessite en urgence la stabilisation du squelette et la revascularisation. (Le manuel MSD, 2021)

2.1.1.6. Complications nerveuses

Les compressions nerveuses sont dues au passage du nerf dans un canal fibreux ou ostéo fibreux occasionnant soit une compression directe soit une lésion par étirement lors des mouvements articulaires. (Waitzenegger, 2018)

2.1.1.7. Syndrome des loges

S'exprimant cliniquement sous des aspects variables, les formes aiguës et chroniques des syndromes de loges ont en commun l'hyperpression dans la ou les loges musculaires, même si la physiopathologie est un peu différente. Les formes aiguës, secondaires le plus souvent à un traumatisme sont caractérisées par l'irréversibilité de l'évolution. Il s'agit d'une urgence chirurgicale : l'aponévrotomie large est le seul moyen de décompresser la ou les loges intéressées, décidée sur les signes cliniques et la mesure des pressions intramusculaires (PIM). En l'absence de décompression rapide, les séquelles peuvent être lourdes, jusqu'à l'amputation. L'aponévrotomie peut être réalisée par de mini-incisions. Les récurrences sont rares. (Elsevier SAS, 2005)

2.2. Complications secondaires

2.2.1. Pseudarthroses

Définies une absence de consolidation à 6 mois, Leur diagnostic n'est pas toujours évident sur de simples radiographies, la persistance d'un trait de fracture ou la pauvreté du cal osseux sont difficiles à analyser dans ces fractures complexes où les remaniements osseux sont importants. Le plus souvent, le diagnostic n'est fait qu'après la période de remise en charge. L'absence de

consolidation se manifeste alors de deux façons : soit par un démontage brutal du foyer (rupture ou inflexion du matériel), soit plus insidieusement par la persistance de douleurs à l'appui ou une varisation progressive du massif épiphysaire. En règle générale, il s'agit d'une pseudarthrose atrophique qui siège toujours en zone supracondylienne. (Vivès, 1981)

Le plus souvent à la jonction métaphyso-diaphysaire. L'épiphyse, quant à elle, est protégée par sa structure spongieuse qui lui autorise une consolidation rapide. (Fabre, 1986)

L'incidence de la pseudarthrose chez le chien est inconnue. Il est reconnu que les taux semblent être plus élevés chez les chiens de petite race plutôt que les chiens de grande race, et que certains os prédominent. (Corr, 2012; Etchepareborde, 2014)

Environ 60 % de toutes les pseudarthroses chez le chien se produisent dans le radius et le cubitus, 25% se produisent dans le tibia, et 15 % sont dans le fémur (Milovancev et *al.*, 2007; Vaughan, 1964).

2.2.2. Cals vicieux

La formation d'un cal vicieux (également appelé mal-union), résulte de la cicatrisation d'une fracture dans une position non anatomique. L'origine est souvent un traitement chirurgical mal approprié (réduction incorrecte et manque de stabilité de la méthode d'immobilisation utilisée). Cela montre l'importance des examens radiographiques post-chirurgicaux afin de mettre en évidence les défauts de réduction. (Chiron, 1995; Mize et *al.*, 1982)

Plus particulièrement, le cal vicieux est une complication redoutée lors de stabilisation par enclouage centro-médullaire simple seul car celui-ci ne neutralise pas les forces de rotation. Leur fréquence varie de 5,5 % à 11 %. (Fabre, 1986; Ascencio, 1995)

2.2.3. L'ostéomyélite

Est une inflammation de l'os cortical, de la moelle osseuse et du périoste résultant d'une infection. Elle est aiguë à court terme (2 à 3 semaines post-chirurgie) et peut devenir chronique de façon insidieuse ou si l'infection aiguë a mal été traitée. L'infection osseuse est la complication la plus évidente de la fracture ouverte. (Neubauer, 2006; Johnson et *al.*, 2007)

L'ostéomyélite est favorisée par la présence d'une infection voisine. (Kishner, 2014; Milovancev et *al.*, 2007)

L'infection engendre une instabilité des implants et de tout le montage ce qui est défavorable à la cicatrisation et peut entraîner des retards de consolidation voire une pseudarthrose(Kanakariset *al.*, 2007).

2.2.4. Retard de consolidation

On parle de retard de cicatrisation quand la consolidation osseuse prend plus de temps que ce qui est prévu. Cela reste cependant assez vague car la durée de cicatrisation osseuse n'est pas strictement définie et dépend de nombreux facteurs (Piermattei et *al.*, 2006).

Les fractures ouvertes du tibia sont particulièrement exposées au retard de consolidation (Milovancev *etal.*, 2007).

2.2.5. Ostéite

Affection inflammatoire du tissu osseux, souvent infectieuse, à l'origine d'une déminéralisation osseuse entraînant l'apparition à termes de fragments osseux isolés du reste de l'os (séquestres). L'inflammation entraîne des thromboses intra-osseuses : diminution de la vascularisation qui entraîne la formation d'îlots de cellules qui se nécrosent. Certains îlots forment des séquestres osseux : fragments morts de taille variable sans vascularisation ni innervation. (Gicquel et Lebrun, 2020)

Conclusion

Les fractures sont des traumatismes à haute énergie qui affectent souvent les carnivores domestiques, en raison de leurs fréquences, de leurs complexités. Leur gestion doit se faire selon un protocole bien défini.

Le choix du traitement reste difficile pour le chirurgien puisqu'il se doit d'obtenir une restauration osseuse et articulaire anatomique. Cependant le système de gradation des fractures à un réel intérêt pronostique.

Les complications les plus importantes sont le syndrome des loges, l'infection, la pseudarthrose, la maladie thromboembolique

Pour prévenir les fractures il faut adapter une bonne hygiène de vie avec une alimentation équilibrée, une activité physique régulière mais non intense, supplémentation calcique si besoin.

Références bibliographiques :

1. Al-Aql, Z., Alagl, A., Graves , D., Gerstenfeld , L., Einhorn, T., (2008). Al-Aql ZS, Alagl AS, Graves DT, Gerstenfeld LC, Einhorn TA. Molecular Mechanisms Controlling Bone Formation during Fracture Healing and Distraction Osteogenesis. Journal of Dental Research 2008; 87: 107–18.
2. Collin, B., (1973). Etude des variations morphologiques de l'acétabulum chez le chien. 163-175.
3. Gicquel, M., & Lebrun, T., (2020).
4. <https://cdn.website-editor.net/50befd41f5384db9b59f3b7296cd351f/files/uploaded/O31920osteites.pdf>. (consulté le 15/05/2021).
5. Rundle, C., WANG, H., & YU, H., (2006). Microarray analysis of gene expression during the inflammation and endochondral bone formation stages of rat femur fracture repair. Bone 2006; 38: 521–9.
6. A.M.A.R. (2019). A.M.A.R. (Consulté le 19/06/2021), sur <http://amar-constantine.e-monsite.com/pages/cours-pour-autres-specialites/anatomie-physiologie/osteologie.html>.
7. Allard, F., (2007). Conduite à tenir devant une fracture ouverte, Point Vét. Vol 38, N°279, pp 33-35.
8. Allard, F., (2007). Conduite à tenir devant une fracture ouverte, Point Vét. 2007 Vol 38, N°279, pp 33-35.
9. Ascencio, G., (1995). Les fractures de l'extrémité inférieure du fémur. Table ronde de la SOFCOT. Rev Chir Orthop 75 (suppl. 1): 168-83.
10. AU, j., (2011). Managing open fractures (Proceedings) DMV360.COM. (Consulté le 19/06/2021), sur <http://veterinarycalendar.dvm360.com/managing-open-fractures-proceedings?id=&pageID=1&sk=&date>
11. Barone, R., (1968). Anatomie comparée des mammifères domestiques. Tome 2: Arthologie et myologie. 984 p.
12. Barone, R., (1980). Anatomie comparée des mammifères domestiques. Paris.
13. Barone, R., (1986). Anatomie comparée des mammifères domestiques. Osteologie. 3e ED 700-725. PARIS.

14. Barone, R., 1986. Anatomie comparée des mammifères domestiques. Tome 4, Splanchnologie II Appareil uro-génital, foetus et ses annexes, péritoine et topographie abdominale, Robert Paris : Vigot; 1986.
15. Baume, L., (1966). Traitement des fractures de massif facial 'fixateurs externes a faisceaux de broche divergentes . thèse MED. Bordeaux 1966.
16. Benamou, J., (2012). (Consulté le 23/06/2021), sur <https://centredmv.com/wp-content/uploads/2013/12/Carpe-tarse.pdf>.
17. Bennett, A. S., (2013). Open fractures, Orthop Trauma. 2013. Vol 27, N°1, pp 9-14.
18. Bloom W, Fawcett DW., (1968). A textbook of histology. Ninth edition. W.B. Saunders. Compagny 1968.
19. Bonnevoalle, P., (2005). Fractures diaphysaires de l'adulte (fractures pathologiques exclues), Encyclopédie Médico-chirurgicale -Rhumatologie Orthopédie. 2005. Vol 2, N°4, pp 394–410.
20. Braden, T., Abdinoor, D., Eicker, S., & Prieur, W., (1995). Characteristics of 1000 femur fractures in the dog and cat. - Abstract - Europe PubMed Central, Vet. Comp. Orthop. Traumatol. (1995) 203–209.
21. Brinker WO. Piermattie DL, Flo GL., (1994). Manuel d'orthopédie et de traitement des fractures des petits animaux. 2^e Vétérinaire. 560 p.
22. Bureau, S., & Bardet, J. F., (1998). Conduite à tenir devant une fracture ouverte, point Vét. vol 29 , pp112-117.
23. Centravet., (2020). Centravet. (consulté le 25/06/2021). Récupéré sur <https://www.clinique veterinaire-du-confluent.com/publication/show.aspx?item=1574> .
24. Chiron, P., (1995). Fractures récentes de l'extrémité inférieure du fémur de l'adulte. Cahiers d'enseignement de la SOFCOT. Conférences d'enseignement, p 147-65.
25. Claes, L., Heitemeyer, U., Krischak, G., & Baraun, H., (1999). Fixation technique influences osteogenesis of comminuted fractures, Clin. Orthop. (1999) 221–229.
26. Corr, S. (2012)., Complex and open fractures: a straightforward approach to management in the cat, J Feline Med Surg . 2012 . vol 14 , N:1 , pp 55-64.
27. D'ALFORT, L. D., (1989). Le membre pelvien. Guide de dissection des mammifères domestiques. Polycopié, E.N.V.A, 64 p.
28. Daude, I., (2011) .Traitement d'urgence des fractures ouvertes et des luxations, Point vét, Expert canin. Vol 42, pp 124-130.

29. Drape J., (1996). L'ostéosynthèse biologique. In : congrès annuel CNVSPA. Lyon, 1996, CNVSPA, Paris, Vol. 1, p50-51
30. De Nazelle, A., (2018). (Consulté le 29/06/2021), sur <https://vet4care.com/osteopathie-veterinaire-anatomie-membre-posterieur-du-chien-face-mediale/>.
31. Di Mascio, L., (2011). Classification and management of acute wounds and open fractures. *Surgery*. 2011. Vol 29, Issue 2, pp 76-79.
32. Dimitriou, R., Tsiridis, E., & Giannoudis, P., (2005). Current concepts of molecular aspects of bone healing. *Injury* 2005; 36: 1392–404.
33. Docplayer. (2016). Docplayer. Consulté le (05/05/2021), sur <https://docplayer.fr/3634721-Le-systeme-vasculaire.html>.
34. Doctissimo. (2018). (Consulté le 04/05/2021), sur <https://www.doctissimo.fr/sante/dictionnaire-medical/perioste>.
35. Dupuy, J., (2020). Thèse LA VOIE INTRA-OSSEUSE : APPROCHE PHARMACO-CLINIQUE DES DISPOSITIFS MÉDICAUX ASSOCIÉS.
36. Elsevier SAS., (2005). Syndromes des loges.
37. Etchepareborde, S., (2014). Plaie de débroussailleuse sur le tarse – gestion des tissus mous, L'essentiel. Mars 2014. N°323, pp 26-37.
38. Evans, H., (1993). Arthrologie. In: Miller's Anatomy of the Dog. 3rd ed., Philadelphia : W.B. Saunders, 219-257.
39. Fabre, L., (1986). Fractures récentes de l'extrémité inférieure du fémur. À propos de 87 cas. *J Chir* 123: 178-85.
40. Farges, c., (2009). SAMU de Paris. (Consulté le 05/06/2021), sur https://sofia.medicalistes.fr/spip/IMG/pdf/Prise_en_charge_initiale_d_un_choc_chez_l_enfant_et_le_nouveau-ne_dr_Farges_.pdf.
41. Ferguson, C., Alpern, E., Micalau, T., & Helms, J., (1999). Does adult fracture repair recapitulate embryonic skeletal formation? *Mech Dev* 1999; 87: 57–66.
42. Fregis. (2012). (consulté le 17/06/2021). Sur <https://www.fregis.com/infos-sante/fracture-dun-os-chez-chien-chat/>.
43. Genevois, J., (2004). Conduite à tenir devant une fracture ouverte ; Congrès AFVAC "Valoriser la pratique quotidienne", 10-12.
44. Gerstenfeld, L., Alkhiary, Y., & Krall, E., (2006). Three-dimensional reconstruction of fracture callus morphogenesis. *J Histochem Cytochem* 2006; 54: 1215–28.

45. Gerstenfeld , L., Cullinane, D., Barnes, G., & Graves, D., (2003). Fracture healing as a post-natal developmental process: molecular, spatial, and temporal aspects of its regulation. *J Cell Biochem* 2003; 88: 873–84.
46. Grant, G., & Olds, R., (2003). Treatment of open fractures, *Textbook of small animal surgery*, Third Edition, Philadelphia : Saunders. 2003. Vol 2, pp 1793-1798.
47. Harasen, G., (2003). Common long bone fracture in smmaall animal practice -- part 2, *can.vet.j44(2003)* 50-504.
48. Haudiquet, P., (2009). Comment je traite une fracture ouverte Anesthésie, Association Française des Vétérinaires pour Animaux de Compagnie, Groupe d'étude en urgence et réanimation.
49. Hervé, P., (2003). Consulté le 2021, sur <http://www-sante.ujfgrenoble.fr/SANTE/corpus/disciplines/ortho/trauma/201ebis/leconimprim.pdf>.
50. Hinelande, F., & Bargry, R., (1962). Kicrangiography in bone healing . 1: Undis placed closed fractures .*j.Bone Joint Surg* 1962.44A,1273 1298.
51. Jaffé, R., (1936). The bone marrow: clinical lecture at kansas session. *J Am Med Assoc*. 11 juill 1936; 107(2):124.
52. Johnson AL, Houlton JEF, VANNICI R. (2005). *AO Principles of Fracture Management in the Dog and Cat*. Switzerland, Thieme, 529 p.
53. Johnson, EN., Bums T, Hayda , Roman A., (2007). Infectious complications of open type III tibial fractures among combat casualties, *Clin Infect Dis*. 2007. Vol 45, N°4, pp 409-415.
54. Kanakaris, NK., , Nikolaos K; PALIOBEIS, Christos; MANIDAKIS, Nikolaos; GIANNOUDIS, Peter V I. (2007). Biological enhancement of tibial diaphyseal aseptic non-union : the efficacy of autologous bone grafting, BMPs and reaming by-products, *Vol 38, Supplement 2*, pp 65-75.
55. Kishner, S., (2014). Osteomyelitis treatment and management. (Consulté le 13/06/2021), sur <http://emedicine.medscape.com/article/1348767-treatment>.
56. Latte Y., (1997). Fractures du jeune. In: LATTE Y, MEYNARD JA. (Éditeurs). *Manuel de fixation externe. Applications au chien et au chat .*, Paris, éditions PMCAC, 181-190.
57. Laroche, M., (2002). Intraosseous circulation from physiology to disease. *Joint Bone Spine*. mai 2002;69(3):262 9.
58. Le manuel MSD. (2021). (Consulté le 29/05/2021), sur <https://www.msmanuals.com/fr/professional/blessures-empoisonnement/fractures/fracture-du-bassin>.

59. Milovancev, M, Muir B, Paul A, Manley D, Howard J . (2007). Clinical application of recombinant human bone morphogenetic protein-2 in 4 dogs, *Vet Surg*. 2007. Vol 36, N°2, pp 132-140.
60. Mize, R., Bucholz , R., & Grogan, D., (1982). Surgical treatment of displaced comminuted fracture of the distal end of the femur. *J Bone Joint Surg* 64A: 871-9.
61. Muñoz Vives, J. e., (2010). Open fractures, *Revista Española de Cirugía Ortopédica y Traumatología*. 2010. Vol 54, N°6, pp 399-410.
62. Margaux Gicquel Tess Lebrun (2020) UE5-EC2 .Endodontie Les ostéites des maxillaires (consulter le 28/05/2021) sur <https://cdn.websiteeditor.net/50befd41f5384db9b59f3b7296cd351f/files/uploaded/O31920osteites.pdf>.
63. Nanmos, A., & Popovitch, c., (2000). Emergency management of open fractures and luxations, *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*. 2000. Vol 30, N°3, pp 645-655.
64. Nature reviews rheumatology. (2014). (consulté le 17/06/2021). Sur <https://www.nature.com/articles/nrrheum.2014.164>
65. Neubauer, T. e., (2006). Open fractures and infection, *Acta Chir Orthop Traumatol Cech*. 2006. Vol 73, N°5, pp 301-312.
66. Newton, c., & Nunamaker, D., (1985). *Textbook of small animal orthopaedics*. Philadelphia, I.B. Lippincott Co, 1985, 1140p.
67. Lacouture, L., (2015). Ostéologie comparée des carnivores domestiques , des bovins et des équins . *Le point vétérinaire* n360 du 01/01/2015.
68. Rundle CH, Wang H, Yu H., (2006). Microarray analysis of gene expression during the inflammation and endochondral bone formation stages of rat femur fracture repair. *Bone* 2006; 38: 521–9.
69. O’sullivan , M., CHAO, E., & KELLY, P., (1989). +The effects of fixation on fracture — healing . *J. Bone Joint Surg* ,1989,71A,306-310) .
70. Okike, K., & Bhattacharyya, T., (2006). Trends in the management of open fractures. A critical analysis, *J Bone Joint Surg Am*. 2006. Vol 88, N°12, pp 2739-2748.
71. Ortega N, Behonick DJ, Werb Z., (2004) .Matrix remodeling during endochondral ossification. *Trends. Cell. Biol*. 2004; 14: 86-93.
72. Perren, S., (2002). Evolution of the internal fixation of long bone fractures. The scientific basis of biological internal fixation: choosing a new balance between stability and biology, *J. Bone Joint Surg. Br*. 84 (2002) 1093–1110.

73. Piermattei, D. L., & Flo, GL., DeCamp, CE., (2006). Fractures: classification, diagnosis, and treatment ,Handbook of small animal orthopedics and fracture repair, Fourth Edition, Philadelphia : Saunders. 2006. pp 25-159.
74. Piermattei DI, Flo GI, Decamp CE., (2009). Manuel d'orthopédie et traitement des fractures des animaux de compagnie, 4ème édition, Paris, Med'Com, 818 p.
75. Pinkybone., (2016). (Consulté le 05/06/ 2021), sur <https://www.pinkybone.com/classification-de-salter-harris/>.
76. Popovitch, C., & Nannos, A., (2000). Emergency management of open fractures and luxations,Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice. 2000. Vol 30, N°3, pp 645-655.
77. Quinn, R. M., (2006). The Management of Open Fractures,Wilderness and Environmental Medicine. 2006. Vol 17, pp 41-48.
78. Santébllog. (2014). (Consulté le 17/06/2021), sur <https://blog.santelog.com/2016/09/17/fracture-osseuse-comment-accelerer-la-consolidation-sante-orthopedique/>.
79. Schaller, TM. Open fractures, Medscape. ; (2014). Consulter le (26/06/2021) sur <http://emedicine.medscape.com/article/1269242-overview>.
80. Schaller, T., (2014). Open fractures .Medscape Reference.
81. Schenk, R., (1979). histologie de concolidation des fractures et des pseudarthrose bull AO 1979 44p.
82. Schindeler , A., McDonald, M., Bokko, P., & Little, D., (2008). Bone remodeling during fracture repair: The cellular picture. Semin Cell Dev Biol 2008; 19: 459–66.
83. Scott, H., & McLaughlin, R., (2007). Management of the orthopedic trauma patient,Feline Orthopedics, London : Manson. 2007. Ch 3, pp 33-34.
84. Slide Player. (2020). Larousse. (Consulté le 24/06/2021), sur <https://slideplayer.fr/slide/17366450/>.
85. Slideplayer. (2021). Slideplayer. (Consulté le 3/06/2021), sur https://www.google.com/imgres?imgurl=x-rawimage%3A%2F%2F%2F856e9034271080196f066482c5291204e9056049131ce2b39e453b78950ceea9&imgrefurl=https%3A%2F%2F12bichat20172018.weebly.com%2Fuploads%2F1%2F1%2F2%2F5%2F112587633%2Fp2-ue11-cours16_d%25C3%25A9veloppement
86. Sports-health . (2018). Consulté le (15/06/2021), sur <https://www.sports-health.com/sports-injuries/general-injuries/bone-break-vs-fracture>.

87. Tutorat Associatif Toulousain. (2019). Tutorat Associatif Toulousain.(Consulté le 22/06/ 2021), sur <https://forum.tutoweb.org/topic/32998-to/>.
88. Unger , M., Montavon, P. M., & Heim. (1990). U.F.A Classification of Fractures of Long Bones in the Dog and Cat: Introduction and Clinical Application., Vet Comp Orthop Traumatol. (1990) 5–14.
89. VALMI .(2007). VALMI. (Consulté le 13/06/2021), sur <http://cemv.vascular-e-learning.net/Valmi/D03.pdf>.
90. Vaughan, L. (1964). A clinical study of non-union fractures in the dog,J Small Anim Pract. 1964. Vol 5, N°2, pp 173-177.
91. Vivès, P. (1981). Étude critique et résultats de 86 fractures de l'extrémité inférieure du fémur traitées par lame-plaque monobloc. Rev Chir Orthop 67: 451-60.
92. VOT. (2003). (Consulté le 18/05/2021), sur <https://www.vet-orthopedie.com/traitement-des-fractures-diaphysaires-des-os-longs-chez-le-jeune-osteosynthese-elastique/>.
93. VOT. (2014). (Consulté le 19/05/2021), sur <https://www.vet-orthopedie.com/etude-dun-cas-dosteosynthese-biologique-sur-un-chiot-de-5-mois/>.
94. Waitzenegger, T. (2018). (Consulté le 17/06/2021). sur <https://chirurgie-epaule-main.fr/compressions-nerveuses-membre-superieur/>.
95. Wikipedia. (2020). (Consulté le 04/06/ 2021), sur <https://fr.wikipedia.org/wiki/P%C3%A9rioste>.
96. Youmans, R. (2014). Managing an open fracture, The small animal surgeon Ltd. Consulté le 2021, sur <http://smallanimalsurgeon.co.nz/Downloads/Open%20fractures%20talk%209.pdf>.
97. Youmans, R. (2014). Managing an open fracture. The small animal surgeon Ltd 2014.
98. Zalavras, CG., et al. (2004). Local antibiotic therapy in the treatment of open fractures and osteomyelitis, Clin Orthop Relat Res. 2004. Vol 427, pp 86-93.