

REPUBLIQUE ALGERIENNE DE MOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE



UNIVERSITE IBN KHALDOUN TIARET  
INSTITUT DES SCIENCES VETERINAIRES

قسم الصحة الحيوانية

DEPARTEMENT DE SANTE ANIMALE



**Projet de fin d'étude**

**En vue de l'obtention du diplôme de docteur vétérinaire**

**Présenté par**

**Selmane Hana**

**Thème**

**Greffes osseuses et substituts**

**Soutenu publiquement le 02/07/2024**

**Jury :**

**Président : Abdelhadi Si Ameer**

**Encadreur : Amara karim**

**Examineur Hemida Houari**

**Grade:**

**Pr.**

**Pr.**

**Pr.**

**Année universitaire 2023/2024**



# *R*emerciement

*En premier lieu, je remercie Dieu le tout Puissant pour m'avoir accordé le courage, la force et la patience de mener à bien ce modeste travail.*

*Mes remerciements vont également à mon promoteur Pr. **Amara Karim** qui m'a toujours accueilli à bras ouverts et à tout moment, de m'avoir assisté le long de la réalisation du travail, qu'il trouve ici ma sincères gratitude et ma profonde reconnaissance pour tous les efforts qui ont été déployés dans ce sujet, ainsi que de sa compréhension et sa patience.*

*Selmane Hana*

# Dédicace

À mes plus grands soutiens et sources d'inspiration, je dédie ce travail avec mon amour et ma reconnaissance infinis

À mon père qui m'a appris l'importance du travail acharné .de la persévérance et de l'honnêteté, je suis reconnaissante pour tes avis et ton soutien sans faille. tu m'as inspiré à viser plus haut et à poursuivre mes rêves . je te suis infiniment reconnaissante pour ton soutien indéfectible, ta confiance en moi et ton amour .

À ma mère qui a toujours été mon port d'attachement et ma boussole ,merci pour ton amour inconditionnel ,ton dévouement et ton soutien inébranlable . tu as été la lumière qui a éclairé mon chemin dans les moments sombres et tu as toujours cru en moi ,même lorsque je doutais je t'aime mama

À mon frère Abdelkader ainsi qu'à mes sœurs Nassima et Mounira qui sont aussi mes meilleurs amies , merci pour votre soutien constant , votre humour contagieux votre présence réconfortante ,vous été ma source de joie et de bonheur, et je suis fière de vous avoir dans ma vie

À mes nièces Nadine et Noursin qui ont rempli ma vie de tant de bonheur et de joie

À mes très chères amies Amina, Rahima ,Yassmine qui ont été mes piliers dans les moments difficiles et mes partenaires de fête dans les moments de joie , merci pour votre amitié sincère , sans faille et votre amour inconditionnel .

À tout ce qui ont participé à ma réussite et à tous qui m'aiment

---

*Liste des figures*

---

<b>Figure I.1</b> : Ostéologie du corps du lapin ( <b>Barone et al; 1973</b> ).....	4
<b>Figure I.2</b> : Comparaison entre os réticulaire et os lamellaire ( <b>Pr Paquet ; 2012</b> ).....	5
<b>Figure I.3</b> : La répartition macroscopique ( <b>Pr Paquet ; 2012</b> ).....	6
<b>Figure I.4</b> : Organisation architecturale du tissu osseux en os cortical (ou compact) et en os trabéculaire (ou spongieux).....	6
<b>Figure I.5</b> : <b>Vascularisation</b> d'un os ( <b>DeCamp et al ; 2016</b> ).....	9
<b>Figure III.1</b> : Classification des fractures.....	18
<b>Figure III.2</b> Forces appliquées aux os longs et morphologie des fractures correspondantes ( <b>Bailliu ; 1984</b> ) .....	20
<b>Figure IV.1</b> Réduction à foyer fermé .....	23
<b>Figure IV.2</b> Longueurs optimales des attelles ou plâtres.....	24
<b>Figure IV.3</b> Attelle de Thomas .....	25
<b>Figure IV.4</b> Positionnement des vis ( <b>Bertoni ; 2008</b> ).....	27
<b>Figure IV.5</b> . Fixateur externe.....	28
<b>Figure IV.6</b> . Cerclage et demi cerclage .....	28
<b>Figure IV.7</b> . Enclouage centromédullaire.....	28
<b>Figure IV.8</b> . Plaque et des vis .....	28
<b>Figure IV.9</b> . Enclouage centromédullaire (Abord de la diaphyse du fémur) .....	29
<b>Figure IV.10</b> . Schéma théorique d'une pseudarthrose ( <b>Bertoni ; 2008</b> ) .....	32
<b>Figure V.1</b> 1 <sup>ière</sup> lapin .....	34
<b>Figure V.2</b> : 2 <sup>ième</sup> lapin.....	34
<b>Figure V.3</b> : 3 <sup>ième</sup> lapin.....	34
<b>Figure V.4</b> : Instruments chirurgicaux utilisés.....	35
<b>Figure V.5</b> : Prise de la température corporelle de l'animal en préopératoire.....	35
<b>Figure V.6</b> : Broches de type Steinmann à double pointes trocart dans de la povidone iodée 10% .....	35
<b>Figure V.7</b> : Table de dissection utilisée pour la chirurgie.....	35
<b>Figure V.8</b> : Zoletil™ 50 (Tiletamine 25mg\ml ; Zolazepam 25 mg\ml). .....	36
<b>Figure V.9</b> . : Xylazine pro® (Xylazine 2%). .....	36
<b>Figure V.10</b> . : Calmivet® (Acépromazine ; 0.5g/100ml).....	36
<b>Figure V.11</b> . : Induction de l'anesthésie générale.....	36

<b>Figure V.12.</b> : La tonte et rasage de la région de la cuisse .....	38
<b>Figure V.13.</b> : Antiseptie et mise en place du champ opératoire.....	38
<b>Figure V.14.</b> : Une incision longitudinale est faite sur la peau selon une s'étendant du grand trochanter à la face latérale de la rotule.....	38
<b>Figure V.15.</b> : Dilacération du tissu sous-cutané pour faciliter sa suture par la suite.....	38
<b>Figure V.16.</b> : Réalisation d'une hémostase chirurgicale par compression.....	38
<b>Figure V.17.</b> : Dilacération de la peau et du tissu sous cutanée.....	38
<b>Figure V.18.</b> : Section de l'insertion crâniale du muscle biceps fémoral sur le fascia lata.....	38
<b>Figure V.19.</b> : Incision du périoste et détachement des insertions musculaires .....	38
<b>Figure V.20.</b> Exposition de la diaphyse fémorale en réclinant les muscles par deux ciseaux courbés.....	39
<b>Figure V.21.</b> une ostéotomie transversale en de la diaphyse du fémur par une scie fil.....	39
<b>Figure V.22.</b> :Insertion de la broche dans le canal médullaire par technique rétrograde.....	39
<b>Figure V.23.</b> : Passage de la broche au niveau de la fosse trochantérienne et perforation du tissu cutané.....	39
<b>Figure V.24.</b> : les os sont mis en alignement à l'aide d'un davier à os et le clou est enfoncé dans le canal médullaire du segment distal.....	39
<b>Figure V.25.</b> : Vérification par apposition que la pointe de la broche ne dépasse pas l'os réticulé de l'épiphyse distale.....	39
<b>Figure V.26.</b> : suture des couches musculaires par un surjet simple .....	39
<b>Figure V.27.</b> : élimination partie excédante de la broche .....	39
<b>Figure V.28.</b> : l'application d'antibiotique localement .....	40
<b>Figure V.29.</b> : Suture de la peau par des points simples séparés .....	40
<b>Figure V.30.</b> :: Application d'une d'antiseptique.....	40
<b>Figure V.31.</b> : .....	40

---

*Liste des Tableaux*

---

**Tableau N° V.1.** Différentes quantités d'anesthésique administrée aux animaux  
d'expérimentation.....37

# *Table des matières*

- Remerciements .....	
- Dédicace.....	
- Liste des figures.....	
- Liste tableaux .....	
Introduction générale .....	02

## **CHAPITRE I**

### **Rappel anatomique et physiologique**

I.1. Structure de l'os .....	4
I.2. Les cellules osseuses .....	6
I.2.1. Origine .....	6
I.2.2 La lignée ostéoclastique .....	7
I.2.3. La lignée ostéoblastique .....	7
I.3. Vascularisation normale de l'os .....	8

## **CHAPITRE II**

### **Greffes osseuses et substituts**

II.1. les greffes osseuses .....	11
II.1.1. Les autogreffes ou greffon autologue .....	11
II.2. les allogreffes.....	11
II.3. Les xéno greffes.....	12
II.4. Les substituts osseux.....	12
II.4.1. Céramiques de phosphate de calcium .....	13
II.4.2. Céramiques de sulfate de calcium.....	13
II.4.3. Matériaux composites.....	13
II.4.4. Autres matériaux .....	13

## **CHAPITRE III**

### **Les fractures et la consolidation osseuse**

III.1. Les fractures (Brinker et <i>al</i> ; 1994).....	16
III.1.1. Signes cliniques .....	16
III.1.2. Examen radiologique .....	16
III.1.3. Classification des fractures.....	16
III.2. Forces appliquées aux os.....	19
III.3. Cicatrisation osseuse.....	20




**CHAPITRE IV**  
**Traitement des fractures et complications**

IV.1. Traitement .....	23
IV.1.1. La réduction des fractures .....	23
IV.1.2. Immobilisation .....	24
IV.1.2.1. Contention du membre (provisoire) .....	24
IV.1.2.2. Contention de l'os .....	25
IV.2. Les complications des fractures .....	29

**CHAPITRE V**  
**Partie expérimentale**

V.1. Objectif de l'expérimentation.....	34
V.2. Matériel et méthodes.....	34
V.2.1. Matériel .....	34
V.2.2. Méthodes .....	36
V.3.Résultats discussion .....	41
V.4.Conclusion .....	44
V.5.Recommandations.....	44
Références bibliographiques.....	46



## *Introduction générale*

---

Les os de lapins sont plus fragiles et cassants que ceux des carnivores domestiques. Leur squelette ne représente que 7-8% du poids total de leur corps. Environ 70 % de leur poids est réparti sur leurs membres postérieurs qui sont très musclés. Ces membres sont plus sujets aux fractures que les membres antérieurs. Leurs os sont plus longs et plus fins, et ont une plus faible densité minérale osseuse ainsi qu'une composition en minéraux plus élevée les rendant plus fragiles et cassants **(Deswarte ; 2022)**.

L'ostéosynthèse consiste en la reconstruction osseuse par la pose d'implants de contention internes ou externes qui aideront à la cicatrisation osseuse en rétablissant la continuité de l'os. Le but d'une chirurgie d'ostéosynthèse est de stabiliser la fracture, de favoriser une consolidation rapide en respectant les longueurs des segments, les axes et les surfaces articulaires **(Bailliu ; 1984)**. Cependant certaines difficultés liées à la rotation et au télescopage ont limité les indications de l'enclouage centromédullaire. Pour remédier à cela, des montages adjuvants ont été mis au point, mais ils nécessitent une ouverture du foyer faisant ainsi perdre un bénéfice majeur de l'enclouage centromédullaire.

Le présent travail représente une étude de la possibilité de réaliser une ostéosynthèse par enclouage centromédullaire de type Steinmann, pour le traitement d'une fracture transversale, induite au niveau de la diaphyse du fémur de lapin. Cette étude nous permettra, d'une part d'établir un model chirurgical d'ostéosynthèse adéquat aux types de fractures les plus fragiles, et d'autre part d'évaluer cliniquement et radiologiquement les éventuelles complications per et postopératoire liées à la technique ou à l'animal.



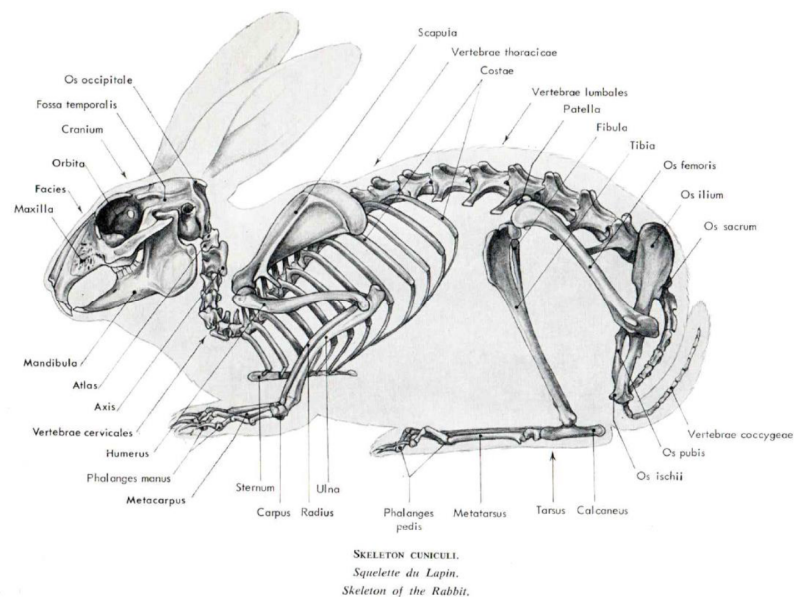
# **Chapitre I**

---

Rappel anatomique et physiologique

Les os de lapins sont plus fragiles et cassants que ceux des carnivores domestiques. Leur squelette ne représente que 7-8% du poids total de leur corps contre, à titre d'exemple, 12-13 % chez les chats. La corticale des os de lapin est également plus fine que celle des carnivores, en effet elle représente 12% de l'os chez un lapin de 3 kg contre 26% pour un chihuahua de poids équivalent. Leurs os sont plus longs (de 15 mm pour un fémur de lapin par rapport à celui d'un chihuahua) et plus fins, et ont une plus faible densité minérale osseuse ainsi qu'une composition en minéraux plus élevée les rendant plus fragiles et cassants. Environ 70 % de leur poids est réparti sur leurs membres postérieurs qui sont très musclés.

Ces membres sont plus sujets aux fractures que les membres antérieurs. Les lapins sont digitigrades sur leurs membres postérieurs et plantigrades sur leurs membres antérieurs, d'où des angulations osseuses différentes de celles des carnivores au repos : les angles de flexion des articulations coxo-fémorale, tibio-fémorale et tibio-tarsienne sont à titre d'exemple plus fermés. Enfin, le déplacement des lapins se fait par bond, ce qui peut ajouter des contraintes mécaniques sur les os (**Deswarte ; 2022**).



**Figure I.1 : Ostéologie du corps du lapin (Barone *et al*; 1973).**

### I.1. Structure de l'os

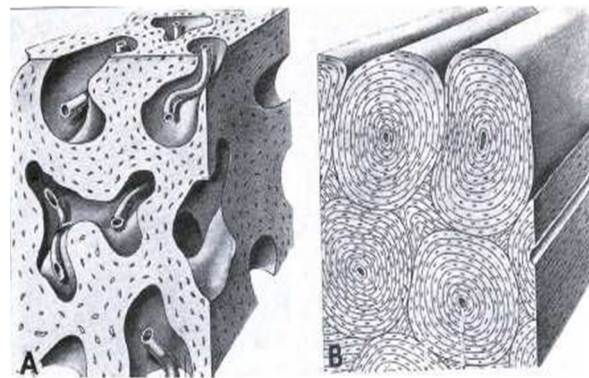
On distingue, du point de vue de l'anatomie générale, trois principales catégories d'os :

- **Les os courts** possèdent des dimensions similaires dans les trois directions de l'espace. Il s'agit par exemple des vertèbres, des os de la main (carpe) et de ceux du pied (tarse).
- **Les os plats** possèdent une dimension nettement inférieure aux deux autres. Parmi eux, on retrouve le sternum, l'os pariétal (partie du crâne) ou la scapula (omoplate).

- **Les os longs** possèdent une dimension nettement supérieure aux deux autres. Il s'agit par exemple des os des membres (fémur, tibia, humérus, etc) (Sarah ; 2014).

Dans la classification, on trouve 2 grands types de TO :

- **Le tissu osseux non lamellaire** : Il n'y en a qu'un, c'est un tissu très fragile mécaniquement mais provisoire. Dans ce tissu, les fibres de collagène sont dans tous les sens. On trouve de grandes cavités.
- **Les tissus osseux lamellaires** où les fibres de collagène sont très organisées en parallèle et forment des lamelles. Cette organisation rend l'os très solide mécaniquement (os permanent). Ce sont des os très réguliers et très structurés. Dans les tissus osseux lamellaires on trouve 2 types de tissu classés en fonction de l'endroit et de l'aspect :



Représentation tridimensionnelle comparée entre os réticulaire (A) et os Haversien (B)

**Figure I.2.** : Comparaison entre os réticulaire et os lamellaire (Pr Paquet ; 2012).

En fonction de sa structure, on distingue deux types de tissu osseux : **l'os cortical**, qui forme une fine couche à la surface des os plats et courts, et est présent sur la diaphyse des os longs ; et **l'os trabéculaire ou spongieux**, présent dans les épiphyses des os longs et constituant la majeure partie des os plats et courts. Ces deux tissus possèdent des propriétés mécaniques très différentes, et jouent des rôles bien distincts au sein du système ostéo-articulaire (Sarah ; 2014).

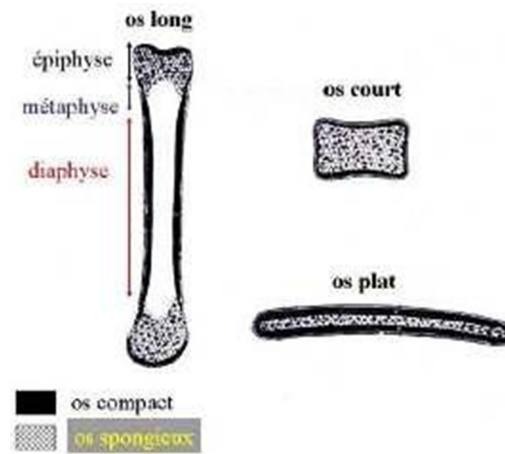


Figure I.3. : La répartition macroscopique (Pr Paquet ; 2012).

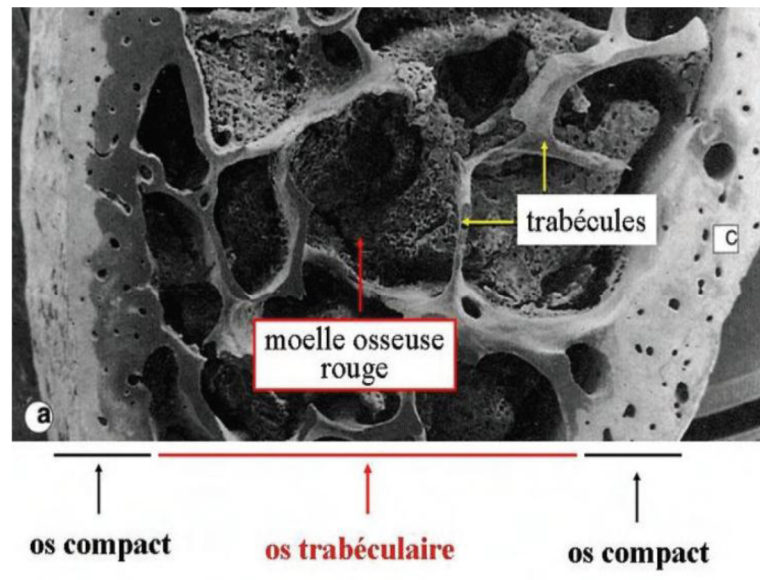


Figure I.4. : Organisation architecturale du tissu osseux en os cortical (ou compact) et en os trabéculaire (ou spongieux).

## I.2. Les cellules osseuses

### I.2.1. Origine

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

- Les cellules souches de la lignée hématopoïétique qui vont donner les cellules sanguines et immunitaires dont la lignée monocyte-macrophage à l'origine des ostéoclastes.
- Les cellules souches mésenchymateuses ou stromales qui sont à l'origine des fibroblastes, des adipocytes, des cellules endothéliales et de la lignée ostéoformatrice (ostéoblastes et chondroblastes).

### I.2.2 La lignée ostéoclastique

La lignée ostéoclastique dérive de précurseurs circulants, apparentés à la lignée monocytaire, qui colonisent la moelle osseuse, et se différencient au contact des cellules stromales préostéoblastiques. Les pré-ostéoclastes mononucléés fusionnent pour former des ostéoclastes matures multinucléés.

L'ostéoclaste mature est une cellule géante multinucléée (100  $\mu$ m de diamètre en moyenne). Elle est caractérisée par la présence de phosphatase acide tartrate résistante (TRAcP) contenue dans ses nombreux lysosomes, de récepteurs de la calcitonine et par sa capacité à résorber la matrice osseuse minéralisée. Le pôle basal présente une membrane plissée appelée bordure en brosse au contact de laquelle la matrice est résorbée. La résorption débute par l'adhérence de l'ostéoclaste sur la travée osseuse avec constitution d'une "poche" hermétique entre membrane plissée et os dans laquelle l'ostéoclaste relargue notamment des ions H<sup>+</sup> grâce à une pompe à protons. Il s'ensuit une dissolution de la phase minérale du tissu osseux, suivie d'une phase de digestion de la matrice collagénique sous l'effet d'enzymes lysosomiales telles que la cathepsine K et les métalloprotéinases matricielles libérées par exocytose. L'os résorbé laisse peu à peu la place à une lacune de résorption (ou lacune de Howship). Le pH acide de cette lacune favorise l'activité de ces enzymes. La durée de vie moyenne d'un ostéoclaste humain est de 2 semaines après lesquelles il entre en apoptose.

### I.2.3. La lignée ostéoblastique

#### a) L'ostéoblaste

Les ostéoblastes matures sont des cellules cuboïdales mononucléées de 20  $\mu$ m de diamètre, alignées et attachées sur la matrice osseuse et caractérisées par une activité 7 phosphatase alcaline importante. Leur fonction principale est de synthétiser la matrice (ou tissu ostéoïde) et de participer à sa minéralisation. Au fur et à mesure que la matrice est synthétisée et minéralisée, les ostéoblastes deviennent moins actifs et s'aplatissent. Certains ostéoblastes s'incorporent à l'ostéoïde et deviennent des ostéocytes. D'autres deviennent des cellules bordantes.

#### b) L'ostéocyte

Un dixième environ des ostéoblastes matures se retrouvent "emmurés" dans la matrice minéralisée, au sein de logettes appelées ostéoplastes, et deviennent alors des ostéocytes. L'ostéocyte est une cellule étoilée possédant de très nombreux prolongements cytoplasmiques qui cheminent, au-delà de l'ostéoplaste, à travers un réseau de canalicules creusés dans la matrice osseuse et baignés de liquide extracellulaire. Ce réseau permet de relier les ostéocytes



entre eux et aux cellules de la surface (ostéoblastes et cellules bordantes), assurant ainsi la transmission de diverses informations chimiques (ions, hormones) et mécaniques (mouvement de fluides, déformations, gravité) par le biais de jonctions communicantes intercellulaires. De ce fait, les ostéocytes sont de bons candidats au rôle de “mécanosenseur”. Ces cellules sont également capables de synthétiser certaines molécules notamment en réponse à un stimulus mécanique et de jouer un rôle dans les échanges calciques entre le tissu osseux et le sang. Enfin, les ostéocytes expriment spécifiquement la sclérostine, puissant agent inhibiteur de la formation osseuse ainsi que différentes protéines matricielle.

### c) Les cellules bordantes

Les cellules bordantes sont des ostéoblastes devenus progressivement aplatis pour former une couche cellulaire attachée et alignée le long de surfaces osseuses dites inactives. Différents rôles leur sont attribués. Unies entre elles et aux ostéocytes, elles pourraient ainsi participer au réseau de communications inter-cellulaires. Elles pourraient également constituer une barrière fonctionnelle entre la moelle osseuse et l'os calcifié. Les cellules bordantes seraient également une source de cellules ostéoblastiques de réserve capables de se transformer en cellules ostéogéniques sous l'action de certains stimuli comme la PTH. Enfin, elles pourraient jouer un rôle déterminant dans la modulation de l'activité ostéoclastique en libérant lors de l'activation d'un cycle de remodelage des substances chimiotactiques reconnues par les précurseurs ostéoclastiques (**Constantin ; 2013**).

### I.3. Vascularisation normale de l'os

La vascularisation de l'os long est assurée par trois systèmes de base :

1. **Le système vasculaire afférent** : assure la vascularisation artérielle de l'os et est constitué de l'artère nourricière principale, des artères métaphysaires et des artérioles périostées aux zones d'insertion musculaires
2. **Le système vasculaire efférent** : le drainage veineux de l'os cortical prend naissance à partir de la face périostée de l'os. Il existe un autre drainage veineux à partir de la cavité médullaire ; toutefois celui-ci correspond à l'activité hématopoïétique de la cavité médullaire.
3. **Le système vasculaire intermédiaire**: ce réseau constitue un filet vasculaire ou se produisent des échanges essentiels entre sang et les tissus vivants avoisinants. Ce système comprend les canaux corticaux de Havers et de Volkmann et les très fins canalicules qui véhiculent les nutriments jusqu'aux ostéocytes (**Brinker et al ; 1994**).

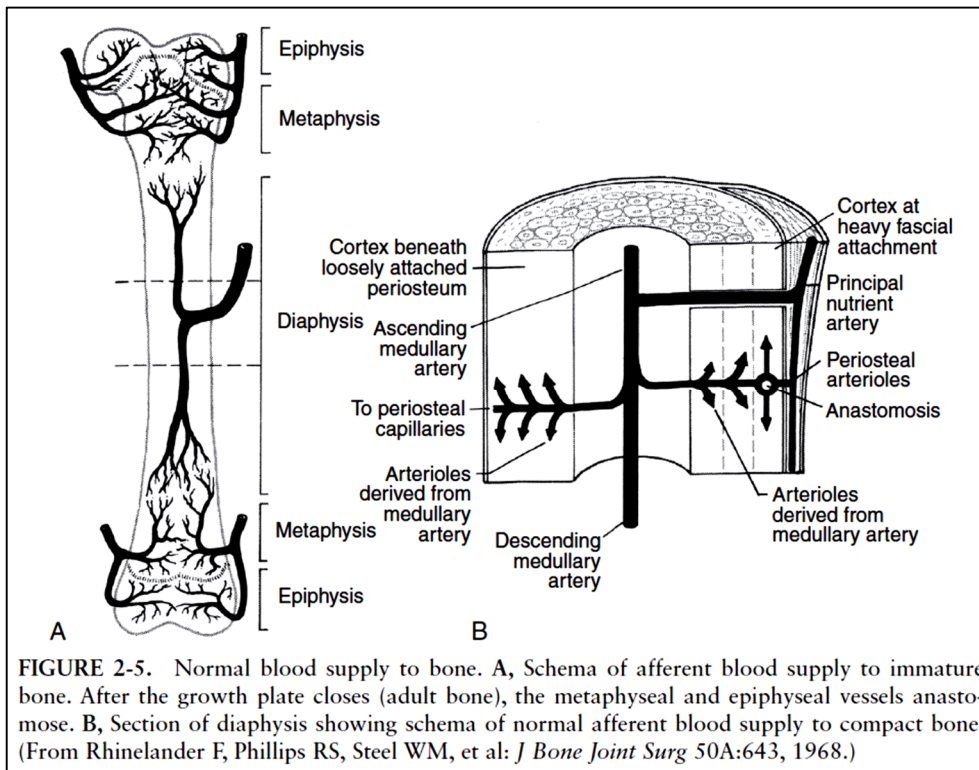


FIGURE 2-5. Normal blood supply to bone. A, Schema of afferent blood supply to immature bone. After the growth plate closes (adult bone), the metaphyseal and epiphyseal vessels anastomose. B, Section of diaphysis showing schema of normal afferent blood supply to compact bone. (From Rhinelander F, Phillips RS, Steel WM, et al: *J Bone Joint Surg* 50A:643, 1968.)

Figure I.5. : Vascularisation d'un os (DeCamp *et al* ; 2016)



# Chapitre II

---

Greffes osseuses et substituts

## II.1. les greffes osseuses

Le remplacement des pertes osseuses est un défi pour les chirurgiens orthopédistes et la prise de décision est en relation avec la disponibilité de la matière de remplacement. La préférence est souvent donnée aux autogreffes sous forme spongieuse, corticale ou cortico-spongieuse à partir des sites donneurs, tels que la crête iliaque, et la partie distale du radius.

Cependant, le volume disponible à partir de tels sites reste limité surtout en cas de complications potentielles. Les progrès réalisés dans le traitement chirurgical et dans la recherche médicale ont produit une grande variété de substances qui peuvent être utilisées pour la substitution osseuse. Le choix des greffes et substituts osseux doit prendre en considération les caractéristiques, la disponibilité, la morbidité du patient, la transmission potentielle des maladies, l'immunogénicité et le coût. Les dernières décennies ont connu une relance axée sur le marché à utiliser des produits de substitution osseuse malgré le peu de données comparatives pour les indications et la sécurité. Chacun a associé des avantages et des inconvénients potentiels, et les orthopédistes doivent soigneusement peser le rapport bénéfique/risque avant de faire leurs choix. Toute discussion sur les greffes et les substituts osseux devrait commencer par les objectifs de remplacement osseux. Les propriétés suivantes sont primordiales pour l'examen de la greffe osseuse, et la greffe devrait idéalement les fournir (Kalbaza ; 2018).

### II.1.1. Les autogreffes ou greffon autologue

Provenant du même animal, fournissant une stimulation maximale et une réponse plus rapide, mais elles peuvent augmenter le risque et le temps opératoire. Le plus souvent, il s'agit d'un même individu sauf dans le cas de vrais jumeaux ou de lignées monoclonales d'animaux transgéniques. Leur utilisation est largement répandue pour le comblement de petites pertes de substance en chirurgie osseuse vétérinaire. Sur le nombre de cellules collectées et greffées, seulement moins de 10% des cellules osseuses survivent à la transplantation. Mais ce pool cellulaire suffit au bon déroulement du processus d'ostéogénèse dans le site de comblement.

Cette greffe présente l'avantage d'être ostéogène, ostéoinductive, ostéoconductive et sa biocompatibilité est parfait. De plus, elle se revascularise rapidement (Boudra ; 2014).

## II.2. les allogreffes

La greffe osseuse allogénique se réfère à un tissu osseux récolté chez un individu et transplanté à un individu génétiquement différent de la même espèce. Compte tenu des limites des greffes osseuses autologues, l'allogreffe osseuse est considérée comme la meilleure alternative aux autogreffes et a été utilisée efficacement dans la pratique clinique dans de nombreuses circonstances, en particulier pour les patients présentant un faible potentiel de

guérison, une pseudarthrose et une fragmentation importante après des fractures. L'allogreffe peut être usinée et personnalisée, et est donc disponible sous diverses formes, y compris les dérivés osseux corticaux, spongieux et hautement transformés (matrice osseuse déminéralisée). Comparées aux autogreffes, les allogreffes se révèlent immunogènes et démontrent un taux d'échec plus élevé, qui est censé être causé par l'activation des principaux antigènes du complexe d'histocompatibilité. La phase initiale d'ostéoinduction est détruite par la réponse immunitaire et les cellules inflammatoires, qui entourent rapidement la néo-vascularisation, provoquant la nécrose des cellules ostéoprogénitrices. Même le mécanisme exact de la réponse immunitaire au cours de l'incorporation de l'allogreffe n'est pas clair **(Kalbaza ; 2018)**.

### II.3. Les xénogreffes

Les xénogreffes sont fabriquées à partir de tissus d'origine animale non viables, débarrassés de leur moelle osseuse, ou de dérivés rendus non viables. Elles sont d'origines diverses : corail, seiche, mammifères. La plupart des substituts osseux d'origine animale proviennent de bovins. Les xénogreffes sont ostéoconductrices, ostéo-inductrices. Les xénogreffes peuvent être céramisées à très haute température. Ce traitement thermique provoque la céramisation de la trame phospho-calcique en détruisant les éléments organiques. Ces substituts osseux sont utilisés en tant que hydroxyapatites biologiques. Tel est le cas de certains matériaux d'origine corallienne, notamment **(Haute Autorité de Santé ; 2013)**.

### II.4. Les substituts osseux

#### II.4.1. Céramiques de phosphate de calcium

Leur composition chimique est similaire à celle de la phase minérale de l'os, d'où leur potentiel

ostéoconducteur. Elles sont fabriquées à partir d'une poudre de synthèse chimique compactée sous un effet de pression associé à un processus thermique (frittage). On distingue principalement les catégories suivantes :

- Phosphate tricalcique (TCP) dont le type le plus utilisé est le bTCP ;
- Hydroxyapatite (HA) ;
- Céramiques biphasées : mélanges en proportion variable de bTCP et HA ;
- Céramiques multiphasées : mélanges en proportion variable de bTCP, HA et ciment ionique phosphate dicalcique dihydraté (Di-Calcium Phosphate Dihydrate - DCPD), dit « brushite ».

Ces matériaux peuvent être présentés sous forme de pâte modelable dont l'avantage est de s'adapter parfaitement à la forme de la perte de substance osseuse. Ils sont injectés directement dans le défaut osseux afin de remplir les espaces. La prise et le durcissement de la pâte injectée se réalisent sur le site d'injection de manière spontanée, en un temps variable (généralement quelques minutes).

#### II.4.2. Céramiques de sulfate de calcium

Il s'agit des plus anciens des substituts osseux. Les céramiques de sulfate de calcium correspondent au « plâtre de Paris », obtenu par calcination du gypse. Elles se caractérisent par la résorbabilité la plus rapide de tous les substituts ostéoconducteurs disponibles (4 à 12 semaines) (**Haute Autorité de Santé ; 2013**). .

#### II.4.3. Matériaux composites

Ils sont composés de deux parties :

- Inorganique : phase phosphocalcique : hydroxyapatite,  $\beta$ -TCP, phosphate de calcium Ca<sub>3</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>
- Organique : collagène, chondroïtine sulfate, peptides, copolymère polyester lactique – glycérol méthyl-4 hydroxybenzoate...

Biocompatibles, ils possèdent des propriétés biomécaniques intéressantes.

Leur potentiel d'ostéoconduction est variable selon les procédés de préparation.

Leur indication réside dans les zones soumises à contraintes mais peu étendues.

Le risque de contamination est limité (ESB, maladie de Creutzfeldt-Jakob).

Ils ont deux origines :

- Origine synthétique : PEPGENR
- Origine bovine et/ou porcine: BIOSTITER, BIO-OSSR COLLAGEN, RTRR, CALCIRESORB-COLLAGEN<sup>TM</sup>, CERAPATITE-COLLAGEN<sup>TM</sup>, COLLAPAT<sup>R</sup>, COLLAGRAFT R...

Exemple : BIO-OSS R COLLAGEN : granules 0,25- 2 mm : préparation à partir d'os cortical ou d'os spongieux. Sa résorption est lente (Colat-Parros & Jordana ; 2010).

#### II.4.4. Autres matériaux

D'autres substituts osseux d'origine synthétique ont été développés pour le comblement d'un défaut osseux. Ils ne sont pas pris en charge par l'Assurance maladie et ne font pas partie du champ de la présente évaluation. Quelques exemples sont mentionnés ci-après :

- Substituts osseux d'origine végétale ;
- Bioverres (ostéoconducteurs), composés essentiellement de silice, d'oxyde de sodium, d'oxyde de calcium et de phosphates ;
- polymères (ostéoconducteurs) naturels (ex. : à partir de fibres de collagène) ou synthétiques (ex. : à partir de polyméthylmétacrylate (PMMA) ;
- Matrice osseuse déminéralisée (ostéoconductrice et ostéo-inductrice), produite par décalcification de l'os cortical (appelée Demineralized Bone Matrix – DBM) ;
- Substituts osseux à base de facteurs de croissance isolés ou synthétisés, à forte capacité ostéoconductrice (ex. : Transforming Growth Factor b, TGF-b / facteur de croissance plaquettaire, PDGF / facteur de croissance fibroblastique, bFGF / protéines morphogéniques de l'os humain, rhBMP) ;
- Substituts osseux associés à du plasma riche en plaquettes (Platelet Rich Plasma – PRP) **(Haute Autorité de Santé ; 2013).**

## **Chapitre III**

Les fractures et la consolidation osseuse



### III.1. Les fractures (Brinker et al ; 1994).

Une fracture est une solution de continuité complète ou incomplète de l'os ou du cartilage. Une fracture s'accompagne de lésions plus ou moins grave des tissus mous environnants, notamment des vaisseaux sanguins, et de troubles fonctionnels du système locomoteur.

Lors du traitement de la fracture, le praticien doit prendre en considération à la fois les troubles locaux et l'état général du patient.

#### III.1.1. Signes cliniques

Les signes cliniques des fractures comportent un ou plusieurs des éléments suivants, même s'ils ne sont pas toujours facilement décelables :

1. Douleur ;
2. Déformation ou angulation ;
3. Mobilité anormale ;
4. Gonflement local ; celui-ci peut apparaître presque immédiatement ou seulement quelque heures à un jour après l'accident ; il persiste habituellement sept à dix jours par suite d'un trouble de la cicatrisation sanguin et lymphatique ;
5. Trouble fonctionnel ;
6. Crépitation.

#### III.1.2. Examen radiologique

Des radiographies faites selon au moins deux incidences perpendiculaires entre elles sont essentielles pour un diagnostic précis et pour le choix de la meilleure méthode de réduction et d'immobilisation.

Chez les animaux présentant des malformations et chez les jeunes animaux en raison de l'existence et de l'évolution des divers centres d'ossification, l'interprétation des radiographies peut poser des problèmes particuliers. Des radiographies du membre homologue sont généralement utiles

#### III.1.3. Classification des fractures

##### A. Causes

Traumatisme atteignant directement l'os: (engins motorisés).

Traumatisme indirect: (les forces sont transmises à travers l'os ou le muscle à un point éloigné).

Affections de l'osseuses:(tumeurs de l'os, troubles métaboliques atteignant l'os).

Mise à l'épreuve répétée: (fracture de fatigue).

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

1. fracture fermée
2. fracture ouverte

**C. Étendue des lésions**

3. fracture complète
4. fracture en bois vert
5. fêlure

**D. direction et localisation du trait de fracture**

1. fracture transversale
2. fracture oblique
3. fracture spiroïde
4. fracture comminutive
5. fracture multiple ou esquilleuse
6. fracture engrenée
7. fracture par arrachement
8. fracture épiphysaire
9. fracture condylienne ou unicondylienne
10. fracture bicondylienne

**E. STABILITE APRES REDUCTION**

1. fracture stable: (fractures engrenées ou en bois vert)
2. fracture instable: (fractures obliques, spiroïdes ou multiples)

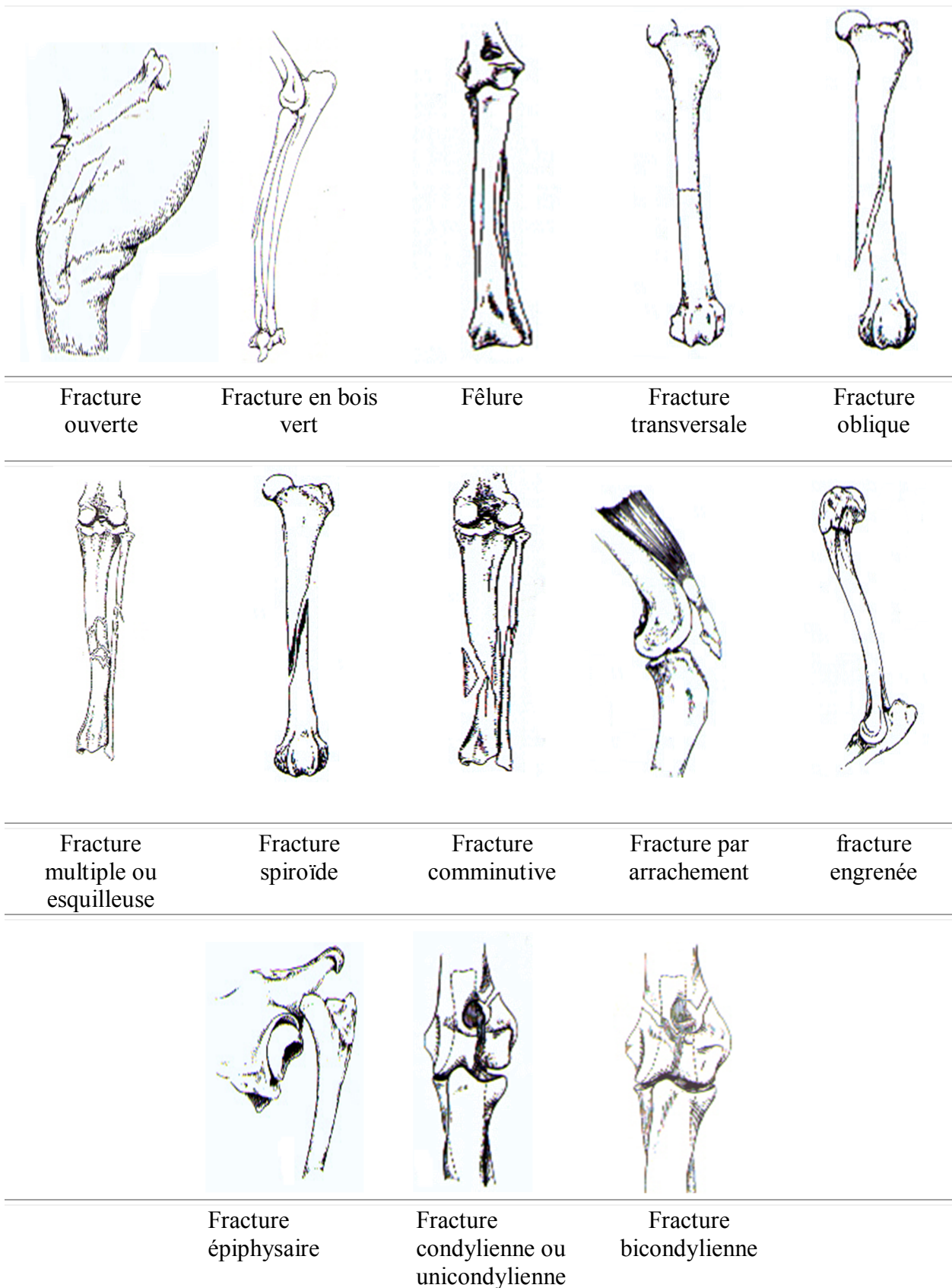


Figure III.1 : Classification des fractures

### III.2. Forces appliquées aux os

L'os étant un matériau anisotrope il ne répondra pas de la même manière selon le type de contraintes auxquelles il sera soumis. On distinguera différents types de contraintes à l'origine de fractures.

#### a) Tension

Un exemple est celui des fractures de l'épiphyse proximale de l'ulna. Elles sont en générale transverses.

#### b) Compression

Ce type de contrainte seule sera rarement responsable de fractures chez le cheval. Elle a néanmoins été décrite comme étant la cause principale des fractures en Y de l'humérus et du fémur distal.

#### c) Flexion

La fracture aura lieu après compression du rayon osseux par ses deux extrémités. Il peut y avoir un troisième point d'appui à effet de levier. L'élasticité limitée des os est à l'origine de la rupture osseuse au niveau de la diaphyse de façon complète ou incomplète. On définira les flexions à 3 points souvent à l'origine de fracture proximale à un plâtre ainsi que des flexions à 4 points, plus rares mais reproduites in vitro.

#### d) Cisaillement

Il s'agit en général de la conséquence d'un coup porté sur un segment plus distal et dont l'onde de choc s'est transmise. On rencontrera principalement ce phénomène au niveau des ceintures comme dans le cas de la tête fémorale par exemple.

#### e) Torsion

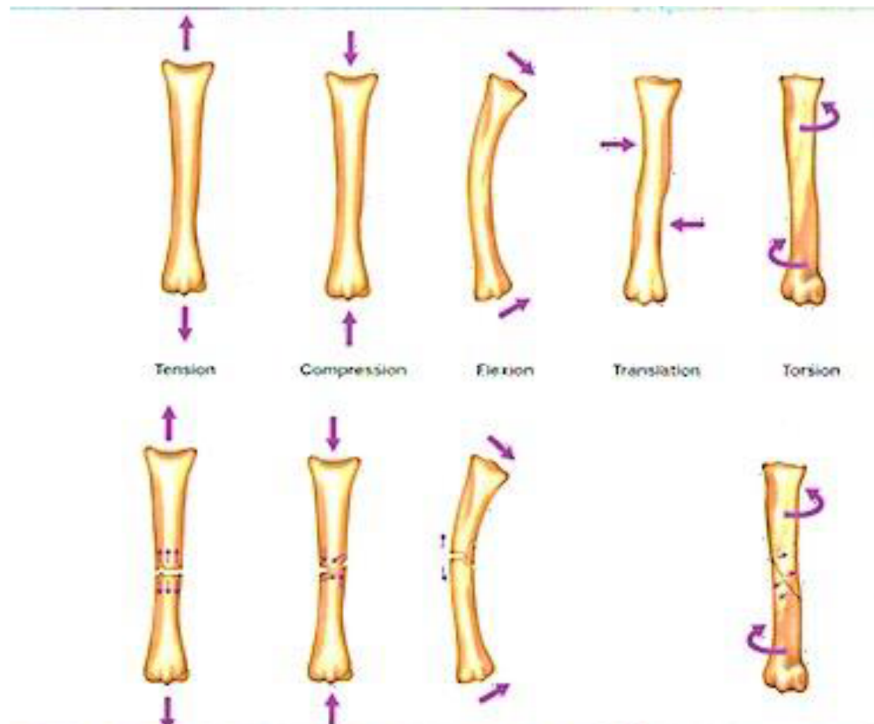
Cette contrainte donne généralement naissance à des fractures spiroïdes.

#### f) Arrachement ou avulsion

Il s'agit d'une fracture survenant lors de la désinsertion d'une attache osseuse ligamentaire ou tendineuse. C'est un cas typique du jeune chez qui les zones d'ossification incomplète ont une résistance mécanique moindre.

#### g) Torsion et compression associées

Certains auteurs décrivent ce type de contrainte comme étant celui le plus souvent rencontré chez le cheval. On admet en général qu'un os long reçoit des contraintes qui diffèrent selon sa surface (crâniale, caudale, latérale, médiale) et sa portion (proximale, moyenne, distale) (Bailliu ; 1984) .



**Figure III.2** Forces appliquées aux os longs et morphologie des fractures correspondantes  
(Bailliu ; 1984)

### III.3. Cicatrisation osseuse

En résumé, la séquence d'événements qui fait suite à la fracture est la suite :

1. Hémorragie au sein du foyer fracturaire, inflammation, et œdème
2. Le caillot s'organise dans les 24h → formation d'un tissu de granulation
3. (24 à 48 jusqu'à 1 semaine) prolifération cellulaire

Tissus osseux → ostéoblastes et chondroblastes

Tissus mous → fibroblastes

4. le périoste et l'endoste forment un pont (le cal)

Fibrocartilage de remplissage

Cartilage hyalin

Tissu conjonctif fibreux → zone superficielle

5. Ossification

6. remodelage de la cal pour la reconstitution d'un os normal (les ostéoclastes).

En fonction de sa localisation, on peut subdiviser le cal en **(a)** un cal médullaire, **(b)** un cal périosté, **(c)** un cal inter-cortical. La façon dont se forme le cal varie nettement avec les circonstances et les stimuli présents.

En général, la stabilisation d'une fracture par un pansement contentif externe, un fixateur externe, ou un enclouage centromédullaire se caractérise par la formation d'un cal dans les trois zones.

La stabilisation d'une fracture par une plaque visée se caractérise par l'installation d'un cal intercortical et d'une certaine quantité de cal médullaire.

**La cicatrisation osseuse est sous l'influence et la dépendance de:**

1. Age du patient ;
2. Localisation et type de fracture ;
3. L'apport vasculaire ;
4. La réduction ;
5. La stabilisation des fragments osseux (type de fixation) ;
6. L'infection ;
7. Utilisation du membre ;

- **Réunion tardive**
- **Non- réunion**
- **Pseudarthrose: fausse articulation**

**La vitesse de réparation**

Age de l'animal	Enclouage centromédullaire	Plaque osseuse
Moins de 3 mois	2-3 semaines	4 semaines
3-6 mois	4-6 semaines	2-3 mois
6-12mois	5-8 semaines	3-5 mois
plus d'un an	7-12 semaines	5 mois – 1 an

# **Chapitre IV**

Traitement des fractures et complications

---

### IV.1. Traitement

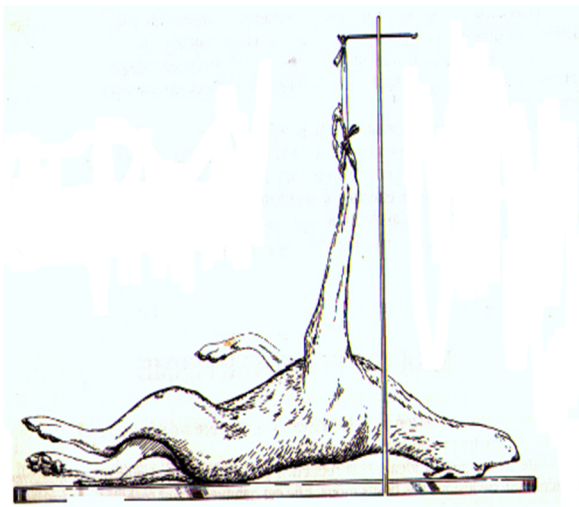
Il faut entreprendre la réduction et l'immobilisation de la fracture dès que l'état du patient le permet. Tout retard rend la réduction plus difficile en raison des spasmes musculaires et du gonflement des tissus mous liés à l'inflammation. Il est déconseillé d'attendre la disparition du gonflement pour procéder à la réduction et l'immobilisation, car l'organisation de l'hématome et la formation du cal seraient en bonne voie. Le cal masque les traits de fracture, les nerfs et les vaisseaux, de plus l'hémorragie opératoire est augmentée par suite de l'activation de la circulation dans la région.

#### IV.1.1. La réduction des fractures

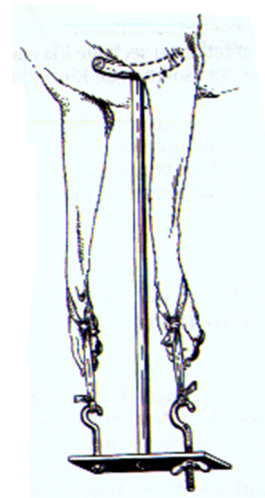
La réduction d'une fracture est la remise des fragments osseux dans leur position anatomique initiale.

##### A. Réduction à foyer fermé

La réduction à foyer fermé se fait généralement grâce à des manipulations accompagnées de traction et de contre-extension. Cette technique se limite généralement aux fractures récentes, à certaines fractures stables et aux animaux se prêtant facilement à la palpation (chats, petits chiens).



Poids de l'animal



Extenseur de Gordon

**Figure IV.1** Réduction à foyer fermé

##### B. Réduction sanglante

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



### IV.1.2. Immobilisation

L'immobilisation consiste à fixer les fragments osseux de façon à ce qu'ils restent fixes l'un par rapport à l'autre pendant le processus de réparation. Le but est de stabiliser les fragments dans une position anatomique normale et d'empêcher leur déplacement.

Les méthodes d'immobilisation peuvent être classées de la façon suivante:

- **Contention** du membre ou contention provisoire (plâtre, attelles, attelle de Thomas);
- **Contention** de l'os (fixateur externe, enclouage centromédullaire, plaques et vis osseuses, haubanage, cerclage et demi-cerclage).

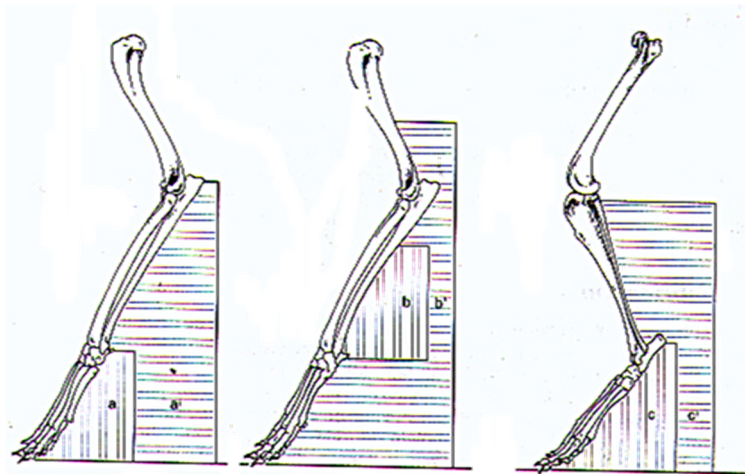
#### IV.1.2.1. Contention du membre (provisoire)

Si La réduction et l'immobilisation sont retardées, une contention provisoire du membre peut être indiquée pour éviter des traumatismes supplémentaires.

##### A. Attelles et plâtres

Ces dispositifs de contention sont formés d'un matériau modelé entourant la partie atteinte et capable de maintenir les fragments osseux ou les os déplacés en position de réduction, jusqu'à La guérison. Ces dispositifs peuvent être utilisés pour:

- 1) Les fractures au-dessous du coude ou du grasset et celles de la queue et des côtes.
- 2) Les fractures stables.
- 3) En combinaison avec d'autres méthodes à titre d'immobilisation complémentaire.
- 4) A titre de contention provisoire.



**Figure IV.2** Longueurs optimales des attelles ou plâtres

## B. Attelle de Thomas

Cette attelle est surtout utilisée:

1. Pour l'immobilisation des fractures stables situées au-dessous du coude et du grasset; elle n'est pas employée comme seul moyen de contention pour les fractures de l'humérus et du fémur;
2. Parfois comme dispositif d'immobilisation complémentaire d'une fixation interne;
3. Pour l'immobilisation après opération sur une articulation;
4. Pour l'immobilisation dans Le traitement des lésions des articulations, des tendons et des nerfs;
5. Pour une contention temporaire.

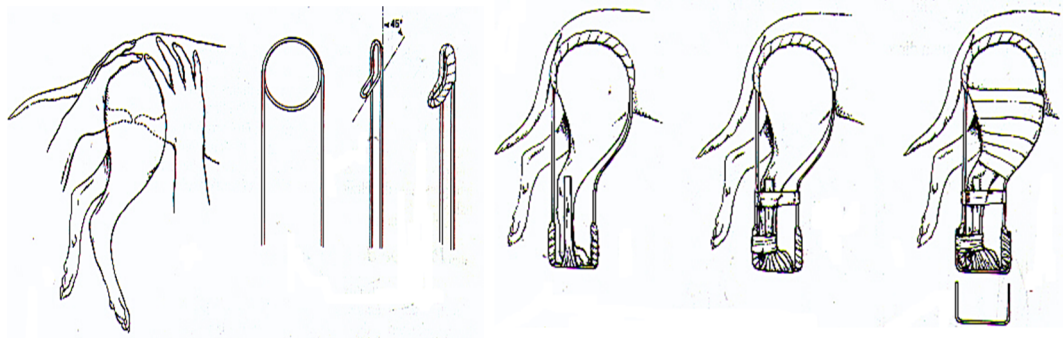


Figure IV.3 Attelle de Thomas

### IV.1.2.2. Contention de l'os

#### 1) Fixateur externe

Quand les fractures sont trop complexes et ne permettent aucune fixation directe, le chirurgien pose un fixateur externe: il est composé de 2 barres métalliques de chaque côté du segment du membre concerné, reliées par des tiges qui passent à travers l'os fracturé, là où c'est possible, et qui maintiennent les morceaux les plus gros pour que la forme globale soit correcte. Il y a des espaces vides entre les petits (**Bailliu ; 1984**).

#### 2) Enclouage centromédullaire

La vulgarisation de l'enclouage centromédullaire en médecine vétérinaire comme technique de réparation des fractures est sans nul doute liée à la simplicité et à la rapidité de mise en œuvre ainsi qu'au faible coût associé. Il est indiqué dans les fractures diaphysaires de l'humérus, du fémur, du tibia ainsi que des métacarpiens et des métatarsiens. Il est contre-indiqué dans les fractures du radius à cause du point d'insertion qui interfère avec l'articulation du carpe. L'intérêt biomécanique des clous centromédullaires réside dans leur excellente résistance aux forces de flexion. Il est pratiqué en médecine vétérinaire depuis les

années 1940 et a progressivement gagné en popularité avec les avancées en matière d'anesthésie générale, d'asepsie et d'antibiotiques.

Les variations de diamètre de la cavité médullaire, l'incurvation du fémur et la complexité de la fracture peuvent représenter une limite dans l'utilisation du clou centromédullaire.

- **Voie d'abord**

De même qu'en chirurgie humaine, un des avantages principaux de l'enclouage centromédullaire est de pouvoir traiter certaines fractures fémorales à foyer fermé. Pour ce faire il est nécessaire de pouvoir accéder au sommet du grand trochanter ou bien au nœud intercondylien, nous décrirons donc les voies d'abord correspondantes, chez les carnivores domestiques (**Bedu; 2011**).

- Abord du sommet du grand trochanter
- Abord de la diaphyse fémorale selon BRINKER
- Abord latéral du fémur distal et du genou selon PAATSAMA

### 3) Les différents types de clous

**a) Le clou de Steinmann** : section ronde, pointe pyramide, de diamètre 1,6 à 6 mm (respectivement 1/16 à 1/4 pouce), utilisé pour l'enclouage centromédullaire classique;

**b) Le clou de Küntscher** : section allégée en V, en U, en trèfle son introduction délicate nécessite généralement un alésage préalable de la cavité médullaire, opération particulièrement périlleuse en orthopédie des petits animaux aux corticales peu épaisses, à l'origine de son utilisation très peu fréquente;

**c) Le clou verrouillé** : section ronde, pointe pyramide, de diamètre 4 à 10 mm; perforé à ses deux extrémités d'orifices permettant le passage de vis de verrouillage qui le solidarisent à l'os;

**d) Le clou de Rocher** (pour mémoire): pointe pyramide, talon de diamètre constant permettant le passage d'une goupille transversale de verrouillage; il est totalement abandonné;

**e) Le clou de Rush** : à l'origine, ce clou est flexible; selon l'orientation qui lui est donnée, son extrémité biseautée glisse sur la corticale opposée ou la traverse; l'autre extrémité, en crochet, permet d'orienter le biseau et de retirer le clou; ce clou existe initialement en quatre diamètres 2, 3, 5 et 6 mm (respectivement 3/12, 1/6, 3/16 et 1/4 de pouce). Dans la pratique courante de l'orthopédie vétérinaire, il peut être confectionné à partir de broches de kirschner ou de petits clous de Steinmann ; cependant, ne possédant pas les mêmes caractéristiques de résilience que le clou initialement prévu à cet effet, il ne permet de réaliser qu'une simplification de l'enclouage de Rush (**Duhautois & Legard ; 1992**).

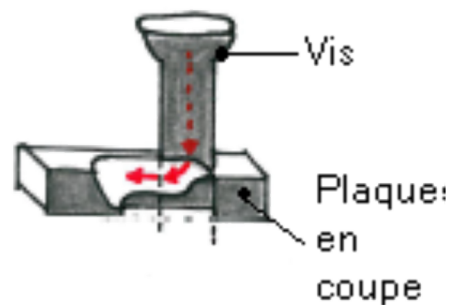
#### 4) Cerclage et demi-cerclage

Il s'agit de l'enserrement complet ou incomplet de la circonférence d'un os par un fil métallique. Dans aucun type de fracture le cerclage ou le demi-cerclage ne sont utilisés comme seule méthode d'immobilisation (**Brinker et al ; 1994**).

#### 5) Les plaques vissées

Ce type de plaque est le plus fréquemment utilisé en pratique vétérinaire. En fonction de la position des vis dans la plaque, et des contraintes que la plaque exerce sur l'os, celle-ci peut avoir différentes fonctions :

1. **Plaque de compression** (met le trait de fracture en compression).
2. **Plaque de neutralisation** (absorbe les contraintes pour soulager les vis sur une fracture réduite avec des vis).
3. **Plaque de soutien** (soutien le montage sur des fractures complexes où la réduction est imparfaite) (**Bertoni ; 2008**).



**Figure IV.4** Positionnement des vis (**Bertoni ; 2008**).

#### 6) Les vis osseuses

Les vis utilisées ont un filetage adapté au type d'os traversé: filetage fin pour de l'os cortical et filetage large pour de l'os spongieux. Elles sont mises en place après le forage d'un trou à la mèche ou foret, puis le filetage est réalisé dans l'os avec un taraud correspondant au filet de la vis. La mise en contact des fragments est assurée par une utilisation judicieuse des vis et de leur orientation par rapport au trait de fracture. Les vis de compression sont utilisées dès que cela est possible. Elles sont utilisées seules que si l'os est encore capable de résister aux forces mécaniques, sinon elles sont renforcées par des plaques. Si le membre est en charge, les vis sont mises perpendiculairement à l'axe du membre et non au trait de fracture sinon il peut y avoir des glissements. Il est souvent préférable d'utiliser des vis d'un diamètre de 5.5mm ou pour les très petits fragments, des vis de 3.5mm. Les vis de 4.5mm sont plutôt réservées aux plaques ou en renfort. Les vis sont posées et ne sont donc pas serrées de manière excessive (**Bailliu ; 1984**)

7) Haubanage

La technique de haubanage consiste en l'application d'un fil chirurgical métallique formant une figure en « 8 ». Ce hauban est rarement utilisé seul et est le plus souvent associé à des broches de soutien. Cette technique permet d'éliminer les forces en traction et de les transformer en force de compression. Le haubanage peut être utilisé lors de fractures de la malleole mediale. (Leroux, 2010)

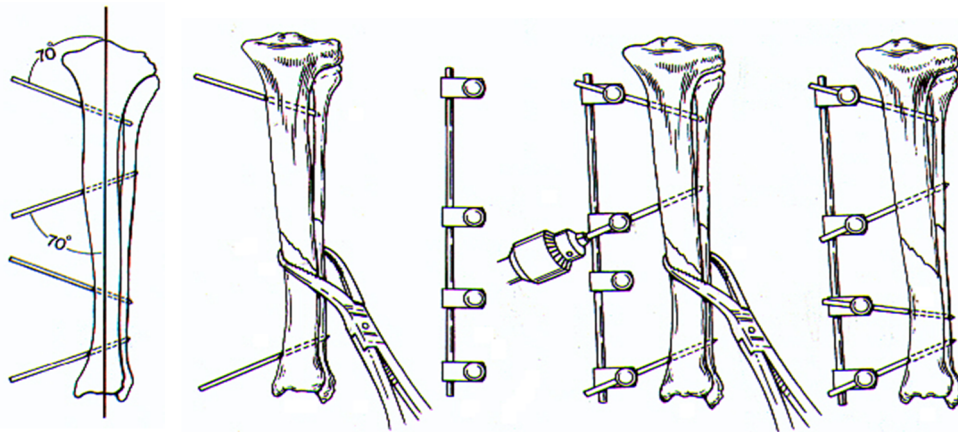


Figure IV.5. Fixateur externe

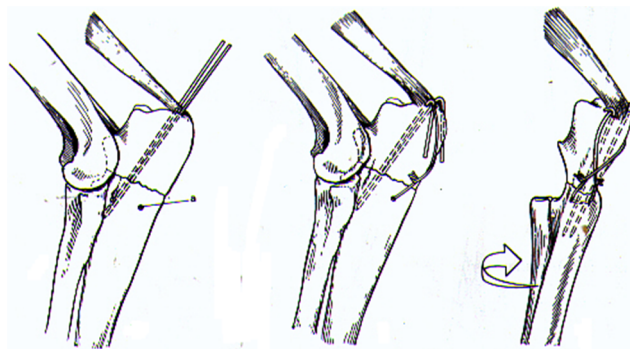


Figure IV.6 . Cerclage et demi cerclage

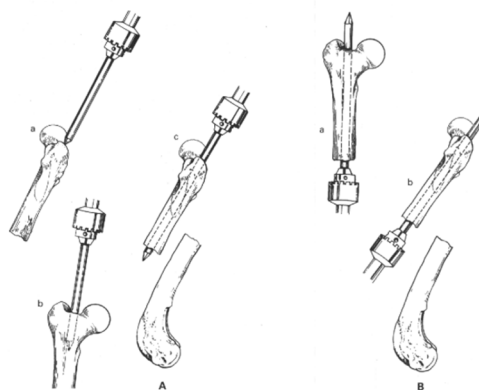
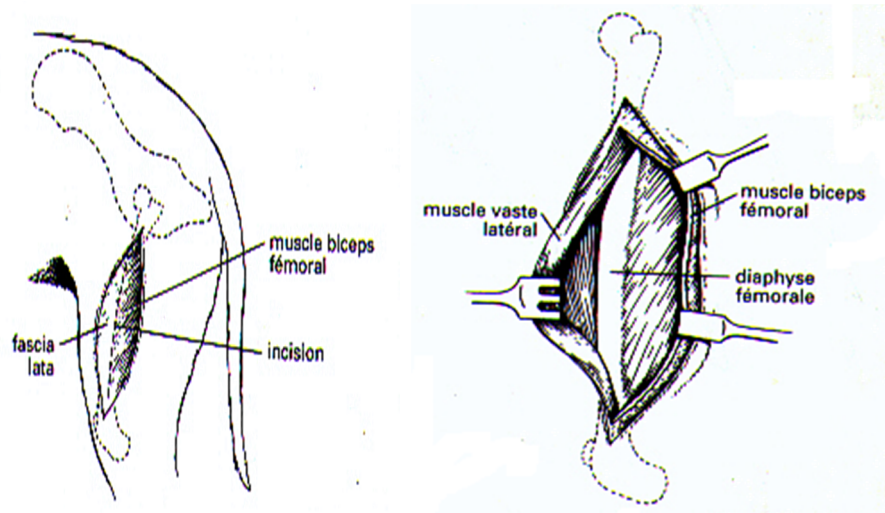


Figure IV.7. Enclouage centromédullaire



Figure IV.8. Plaque et des vis



**Figure IV.9.** Enclouage centromédullaire (Abord de la diaphyse du fémur)

## IV.2. Les complications des fractures

### A. ostéomyélite (Bertoni ; 2008)

#### *Définition*

Inflammation généralement infectieuse du cortex et de la moelle de l'os, généralement infectieuse permise par l'altération de l'apport sanguin à l'os associé à un environnement favorable à la prolifération bactérienne (hématome, sécrétions, nécrose...)

#### *Etiologie*

Chez le cheval adulte, elle est due à la pénétration d'une bactérie, par une blessure traumatique ou chirurgicale. Dans les chirurgies de fracture, le risque augmente pour :

- Des fractures compliquées (altération sévère des tissus mous, exposition de l'os...), ou difficiles à réparer,
- Des chirurgies longues,
- Des fractures ouvertes des portions distales du membre, où la couverture par les tissus mous est mince et la contamination environnementale considérable.

#### *Diagnostic*

##### *a) Clinique*

- Signes locaux : gonflement, douleur à la palpation, boiterie, éventuellement fistule.
- Signes généraux (non systématiques : syndrome fébrile, leucocytose avec hyperfibrinogénémie).

##### *b) Radiographique*

Signes osseux visibles à partir de 10-21 jours :

- Zones radiodenses+/-associées à des zones de lyse osseuse ;
- Présence de séquestres (radiodenses) +/- entourés d'une enveloppe de prolifération périostée (involucrum).

*c) Echographique*

Présence de liquide adjacent à une structure osseuse irrégulière.

*d) Scintigraphique :*

**Diagnostic précoce (dès 0 à 7 jours).**

*e) Bactériologique :*

La réalisation d'une ponction ou d'un écouvillon permet de faire une analyse cyto bactériologique avec identification du germe en cause et éventuellement antibiogramme.

**Prévention**

- Antibiothérapie pré et per-opératoire.
- Bactériologie per-opératoires éventuellement.
- Débridement de l'os et des tissus mous.
- Irrigation abondante.
- Techniques et équipements chirurgicaux adaptés.

**Traitement**

- Antibiothérapie systémique et locorégionale (antibiogramme si possible).
- Drainage chirurgical et débridement des portions d'os nécrotique.
- Retrait des implants, utilisation d'un plâtre ou fixateur externe.

**B. déhiscence de plaie**

Cette complication se rencontre en particulier lors de l'utilisation d'une plaque vissée. Cette déhiscence se fait en regard de la plaque insérée en face crâniomédiale du tibia sous la peau. Cette déhiscence de plaie est souvent associée à un phénomène infectieux affectant les tissus mous voire l'os.

**C. Cal vicieux**

La formation d'un cal vicieux, ou mal-union, résulte de la cicatrisation d'une fracture dans une position non anatomique, soit parce qu'elle n'a pas été traitée, soit parce que le traitement choisi n'était pas approprié (réduction incorrecte ou manque de stabilité de la méthode d'immobilisation utilisée). Les mal-unions sont l'apanage des réductions à foyer fermé au cours des traitements orthopédiques ou des ostéosynthèses biologiques. D'où l'importance d'effectuer des examens radiographiques post-chirurgicaux afin de mettre en évidence tout défaut de réduction. Le cal vicieux est une complication aussi redoutée lors

d'enclouage centromédullaire simple car celui-ci ne neutralise pas, lorsqu'il est employé seul, les forces en rotation (Leroux ; 2010).

#### **D. Retard de cicatrisation ou une mauvaise cicatrisation osseuse (Bertoni ; 2008)**

Un retard de cicatrisation est défini comme une situation dans laquelle la cicatrisation de la fracture objectivable à la radiographie par un cal osseux se poursuit mais prend davantage de temps que le délai estimé comme normal pour une fracture équivalente (De Camp *et al*; 2016).

Un retard de cicatrisation ou une mauvaise cicatrisation, peuvent survenir en cas :

- D'infection : la chirurgie est dans ce cas très peu invasive avec antibioprophylaxie, et de courte durée,
- De mauvaise réduction, de mauvaise immobilisation, ou d'un choix de matériel inadapté à la fixation : la technique utilisée minimise ces risques,
- De traumatisme aux tissus mous : la fracture est ici fermée et la technique chirurgicale peu traumatique,
- D'autres facteurs comme la distraction de l'os, de mauvaise fixation interne ou de perte de matériel osseux.

Ces facteurs de risques peuvent normalement être palliés par la chirurgie pratiquée.

#### **E. Pseudarthrose**

La pseudarthrose, ou non-union, est un état fracturaire pour lequel toute activité ostéogénique a cessé et pour lequel la continuité osseuse n'a pas été rétablie. Le diagnostic de ces non-unions se base cliniquement sur la persistance d'une mobilité au sein du foyer de fracture, une angulation anormale du fût osseux, et radiographiquement par l'absence d'union des fragments osseux plus de 2 mois après le délai jugé normal de cicatrisation. Une étude sur les facteurs prédisposant à la non-union sur les fractures des os longs chez le chat a montré que le tibia était l'os le plus fréquemment touché. Tout comme pour les retards de consolidation, la comminution, l'ouverture du foyer et l'âge avancé sont des facteurs défavorables à la cicatrisation osseuse pouvant conduire à une non-union (Leroux ; 2010).



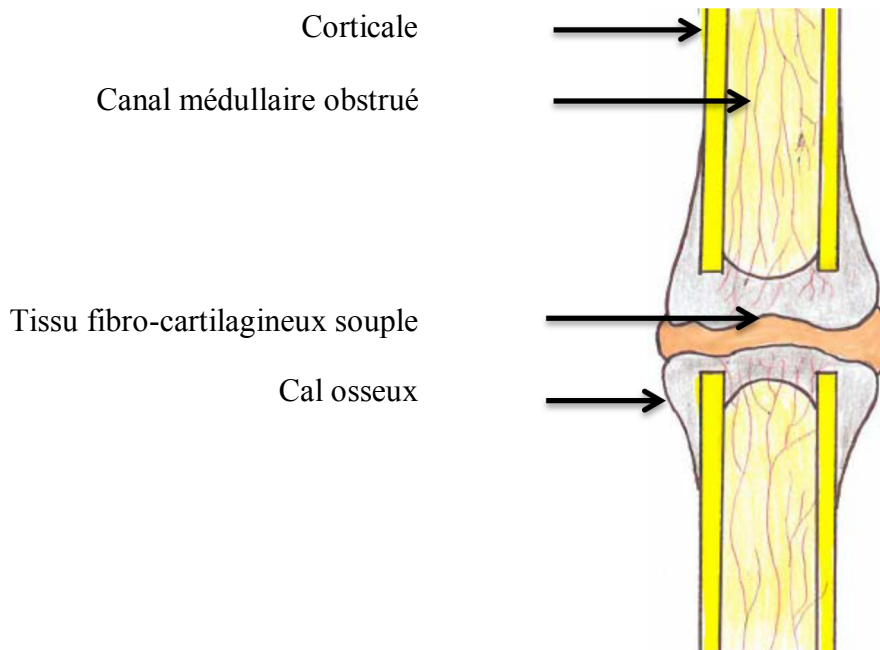


Figure IV.10. Schéma théorique d'une pseudarthrose (Bertoni ; 2008)

#### F. Faillite d'implant

La migration de broches ou d'enclouage centromédullaire, la déformation voire la rupture du matériel d'ostéosynthèse (plaque, enclouage centromédullaire) ou d'une partie du montage (vis d'une plaque, vis verrouillant un enclouage centromédullaire, broche ou barre connective d'un fixateur externe) peut engendrer un défaut de stabilité au sein du foyer de fracture et augmente les risques de complication de la cicatrisation. A moins que cette faillite n'ait lieu en fin de cicatrisation, elle nécessite une reprise chirurgicale afin de rétablir la stabilité nécessaire à la cicatrisation de la fracture (Leroux ; 2010)..



# Chapitre V

---

Partie expérimentale

### V.1. Objectif de l'expérimentation

L'objectif de cette étude est d'expérimenter un protocole chirurgical d'ostéosynthèse d'alignement sur des fractures transversale provoquées au niveau de la diaphyse fémorale de lapin. Cette ostéosynthèse est réalisé par une broche de type Steinmann à double pointes et de façon rétrograde, l'évaluation de la consolidation est basée sur le suivi clinique et radiologique.

### V.2. Matériel et méthodes

#### V.2.1. Matériel

##### A. Animaux d'expérimentation

La réalisation de notre étude a nécessité utilisation de trois lapins mâle et femelle, adultes, de race locale et de poids variant entre 1et 1.8 kg. Les animaux ont été mis dans des cages individuelles où alimentation et l'abrévement sont à volonté.



Figure V.1 1<sup>ère</sup> lapin



Figure V.2 : 2<sup>ème</sup> lapin

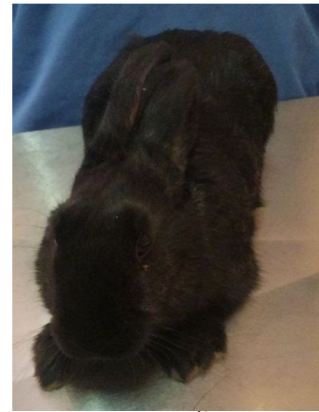


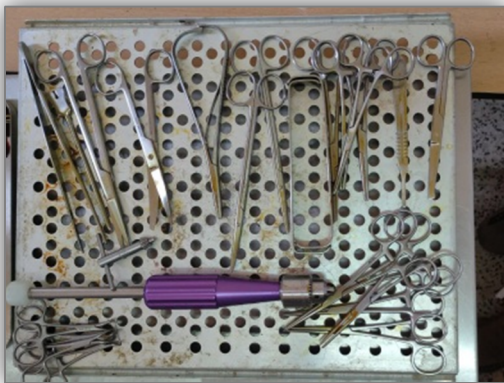
Figure V.3 : 3<sup>ème</sup> lapin

##### B. Matériel chirurgical

Durant notre expérimentation, nous avons utilisé un matériel chirurgical de routine, associé aux instruments chirurgicaux orthopédiques (Figure N° V.4). Le matériel chirurgical utilisé est composé de :

- Antiseptique iodé ;
- Broches de type Steinmann à double pointes trocart;
- Bras porte lame bistouri N° 4
- Champ opératoire en tissu
- Ciseaux de Mayo ;
- Compresses stériles,
- Coupe broche ;
- Davier à os
- Ecarteurs de Farabeuf ;

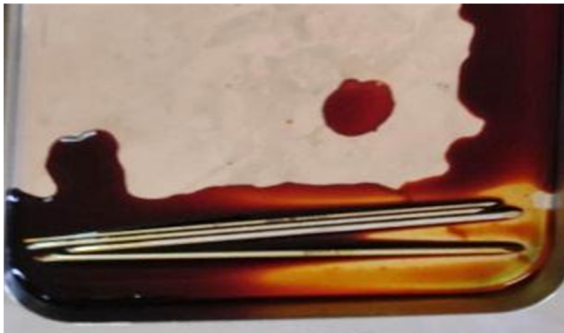
- Fils de suture résorbables (acide polyglycolique USP 2/0)
- Gants stériles
- Lame bistouri N° 20 ;
- Mandrin de Jacobson ;
- Pince porte-aiguille Mathieu ;
- Pinces à champ de type Backhaus;
- Pinces de préhension à mors mousses ;
- Pinces hémostatiques;
- Une scie fil inoxydable avec poignets.



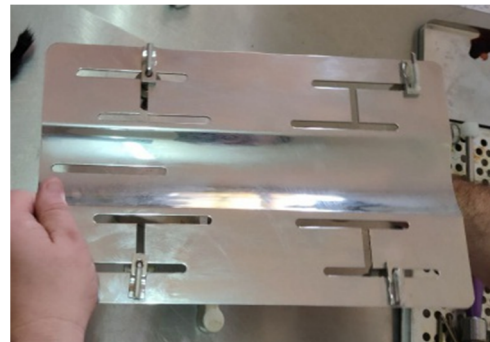
**Figure V.4 :** Instruments chirurgicaux utilisés



**Figure V.5 :** Prise de la température corporelle de l'animal en préopératoire



**Figure V.6 :** Broches de type Steinmann à double pointes trocart dans de la povidone iodée 10%



**Figure V.7 :** Table de dissection utilisée pour la chirurgie

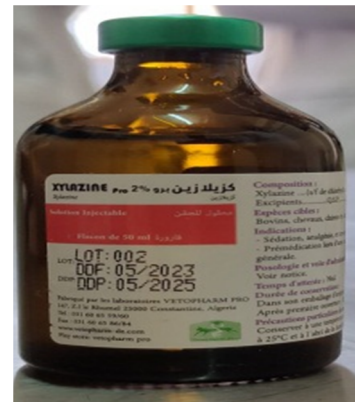
## V.2.2. Méthodes

### A. Protocole anesthésique et préparation de l'animal

Le protocole anesthésique générale est basé sur l'injection en intramusculaire de d'Acépromazine à raison de 0.5 mg/kg comme prémédication, suivie dix minutes après par une injection par voie intramusculaire d'un mélange Tiletamine/Zolazepam à raison de 10 mg/kg puis et de xylazine à raison de 5 mg/kg (tableau N° V.1). Une fois l'animal anesthésié, le site opératoire est préparé par rasage et application d'un antiseptique à base de povidone iodée à 10%. Par la suite, un champ opératoire est mis en place (Figure N° 13).



**Figure V.8.** Zoletil™ 50 (Tiletamine 25mg/ml ; Zolazepam 25 mg/ml).



**Figure V.9.** : Xylazine pro® (Xylazine 2%).



**Figure V.10.** : Calmivet® (Acépromazine ; 0.5g/100ml)



**Figure V.11.** : Induction de l'anesthésie générale

Animaux d'expérimentation	Poids	Acépromazine 5mg/ml à raison de 0.5 mg/kg	Tiletamine 25mg/ml ; Zolazepam 25mg/ml à raison de 10 mg/kg	Xylazine 20 mg/ ml à raison de 5mg/kg
Lapin N° 1	1.4 kg	0.14 ml	0.28 ml	0.35 ml
Lapin N° 2	1.6 kg	0.16 ml	0.32 ml	0.4 ml
Lapin N° 3	1.8 kg	0.18 ml	0.36 ml	0.45 ml

**Tableau N° V.1:** Différentes quantités d'anesthésique administrée aux animaux d'expérimentation

### B. Protocole chirurgical.

Abord de la diaphyse de fémur débute par une incision longitudinale sur la peau selon une ligne qui s'étend du grand trochanter à la face latérale de la rotule. Puis on sectionne l'insertion crâniale du muscle biceps fémoral sur le fascia lata. La réclinaison du corps du muscle biceps fémoral vers l'arrière et du muscle vaste latéral et du fascia lata vers l'avant, nous permettra de découvrir la plus grande partie de la diaphyse du fémur.

La voie rétrograde a été choisie pour la réalisation de cette ostéosynthèse, le segment proximal de l'os est extrait de la plaie en le levant pour permettre l'insertion de la broche. Elle est ensuite poussée dans le canal médullaire et elle perce la corticale de l'extrémité proximale, puis les tissus mous et enfin la peau. Puis, le mandrin est enlevé et remplacé sur la première pointe de la broche. Cette dernière est retirée jusqu'à ce que sa deuxième pointe soit à ras avec le bord distal du segment proximal de l'os. Ensuite, les os sont mis en alignement à l'aide d'un davier à os et la broche est enfoncée à nouveau dans le canal médullaire du segment distal jusqu'à ce qu'on sent que la pointe soit dans l'os réticulé de l'épiphyse distale.



**Figure V.12.** : La tonte et rasage de la région de la cuisse .



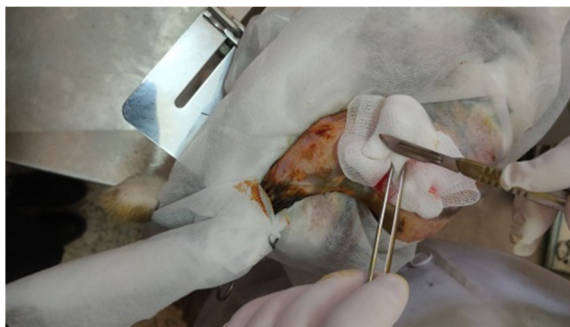
**Figure V.13.** : Antiseptie et mise en place du champ opératoire



**Figure V.14.** : Une incision longitudinale est faite sur la peau selon une s'étendant du grand trochanter à la face latérale de la rotule.



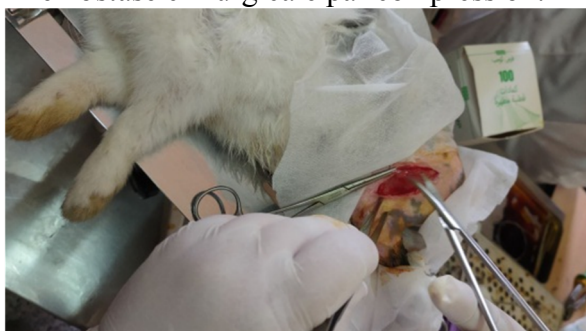
**Figure V.15.** : Dilacération du tissu sous-cutané pour faciliter sa suture par la suite.



**Figure V.16.** : Réalisation d'une hémostase chirurgicale par compression.



**Figure V.17.** : Dilacération de la peau et du tissu sous cutanée.



**Figure V.18.** : Section de l'insertion crâniale du muscle biceps fémoral sur le fascia lata.



**Figure V.19.** : Incision du périoste et détachement des insertions musculaires



**Figure V.20.** Exposition de la diaphyse fémorale en réclinant les muscles par deux ciseaux courbés.



**Figure V.21.** une ostéotomie transversale en de la diaphyse du fémur par une scie fil



**Figure V.22.** :Insertion de la broche dans le canal médullaire par technique rétrograde.



**Figure V.23.**: Passage de la broche au niveau de la fosse trochantérienne et perforation du tissu cutané



**Figure V.24.**: les os sont mis en alignement à l'aide d'un davier à os et le clou est enfoncé dans le canal médullaire du segment distal



**Figure V.25.**: Vérification par apposition que la pointe de la broche ne dépasse pas l'os réticulé de l'épiphyse distale.



**Figure V.26.**: suture des couches musculaires par un surjet simple



**Figure V.27.**: élimination partie excédante de la broche

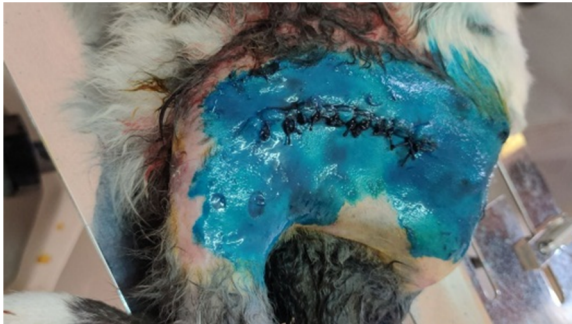




**Figure V.28.:** l'application d'antibiotique localement



**Figure V.29.:** Suture de la peau par des points simples séparés



**Figure V.30.:** Application d'une d'antiseptique.



**Figure V.31.:** Spray antiseptique

### a) Suivi postopératoire

#### Le suivi clinique

Un suivi clinique quotidien des plaies chirurgicales, a été réalisé durant la première semaine postopératoire jusqu'à la fermeture complète de plaie. L'antiseptie de la plaie et antibiothérapie sont les principaux soins appliqués aux lapins en postopératoire. Dans cette même période des clichés radiographiques ont été réalisés, afin d'évaluer l'emplacement de la broche, l'alignement des bouts osseux diaphysaire et la qualité de ostéosynthèse

### V.3.Résultats discussion

Globalement les opérations chirurgicales se sont bien déroulées, aucune complication n'a été enregistrée durant l'induction de la fracture, et les bouts osseux ont bien résisté à l'insertion de la broche intramédullaire chez les lapins.

Le choix du traitement chirurgical s'effectue en fonction des caractéristiques de la fracture (localisation, morphologie et éventuelles lésions des tissus mous) et des contraintes qu'elle subit, mais aussi selon les préférences du chirurgien (**Leroux, 2010**).

Le protocole anesthésie appliqué aux animaux d'expérimentation, nous a permis de réaliser une chirurgie sans douleur ni de mouvements de l'animal. De plus, nous n'avons pas eu recours à des doses supplémentaires, les doses préalablement calculées ont largement suffi à la réalisation de cette chirurgie.

Après la chirurgie, la récupération de l'appui total sur le membre a été constatée dès le premier jour du suivi postopératoire. Toutefois, un léger œdème s'est installé au niveau du site opératoire et qui a duré une semaine.

Durant les premiers jours du suivi clinique, un lapin est mort suite au froid et aux conditions difficiles de suivi au niveau de l'animalerie durant le weekend.

Les fractures fémorales se sont toujours révélées être des défis thérapeutiques compte tenu du déplacement important dû à l'action des muscles fessier moyen et psoas et de l'importance des contraintes, donnant des résultats décevants dans une grande majorité des traitements (**Bedu, 2011**).

La mobilisation précoce du membre permet de prévenir certaines complications dont la maladie fracturaire. L'exercice postopératoire doit cependant être modéré pendant la période de consolidation osseuse afin de ménager la sollicitation des implants (**Malaval ; 2009**).

Le suivi postopératoire clinique du lapin n°2 a révélé une récupération rapide de l'appui, parfois même, l'animal s'appuyé sur ses membres postérieurs seulement. Cette situation, a entraîné, plusieurs fois, la sortie de la broche à travers la peau de la région la fosse trochantérienne du fémur. Pour le lapin n° 3, nous avons essayé de limiter au maximum le mouvement de l'animal, ces conditions nous ont permis d'obtenir des résultats meilleurs du point de vue récupération de l'appui sur le membre opéré, ainsi l'animal n'a présenté aucune complication durant toute durée du suivi clinique.

Les fractures du fémur et de l'humérus généralement traitées par fixateur externe présentaient les taux de complications les plus élevés et un pourcentage de guérison

significativement inférieurs aux pourcentages de guérison des fractures du radius ou du tibia traitées par fixation externe (**Deswarte ; 2022**). Les chirurgiens n'avaient recours aux techniques de fixation interne qu'en dernier ressort et le taux élevé de complications (retard de cicatrisation, ostéomyélite, non-union, mal-union...) témoigne de l'insuffisance des techniques, des implants et des instruments alors employés (**Malaval ; 2009**).

Les résultats de notre étude n'ont révélé la présence d'aucune complication infectieuse de la plaie chirurgicale et le rétablissement total de continuité cutanée a été après la première semaine du suivi postopératoire.

A la lumière des connaissances actuelles concernant les mécanismes de cicatrisation osseuse, il est aujourd'hui communément admis qu'il est indispensable d'effectuer la réduction la moins traumatisante possible. Ainsi est né le principe de l'ostéosynthèse d'alignement (**Malaval ; 2009**) ou ostéosynthèse d'alignement (**Leroux, 2010**). .

L'examen radiologique postopératoire a révélé un excellent alignement des segments osseux. L'affrontement des abouts osseux au niveau du site fracturaire est exemplaire et nous rappelle les conditions nécessaires pour la réalisation d'une ostéosynthèse d'alignement. Par ailleurs, nous pouvons aussi constater sur le cliché radiographique (Figure n° 3);, que la pointe de la broche a été introduite jusqu'à la limite de l'épiphyse distale du fémur. Cet emplacement représente l'endroit idéal pour la stabilisation de site fracturaire et pour assurer ainsi une bonne consolidation osseuse.



**Figure V.32:** Cliché radiographique postopératoire

De nombreuses études évoquent la supériorité de l'ostéosynthèse biologique face à une ostéosynthèse rigide par plaque dans le cadre du traitement des fractures diaphysaires comminutives (**Malaval ; 2009**).

Il n'existe pas de règle générale permettant de choisir quand le recours à la fixation interne est indispensable, ni quel type d'implants préférer. On peut cependant considérer que la décision de mettre en place des implants, dépend de la stabilité manuelle du fragment, évaluée par le chirurgien, au moment de la chirurgie (**Bertoni; 2008**).


#### V.4.Conclusion

L'ostéosynthèse par enclouage centromédullaire de type Steinmann est une méthode simple, facile à réaliser et assure une bonne stabilité du foyer fracturaire. Cette technique représente le moyen de fixation de choix pour les fractures diaphysaires stables et peu compliquées.

La fragilité de l'os fémorale du lapin représente un important atout dans l'apprentissage des techniques d'ostéosynthèse.

#### V.4.Recommandations

- La réalisation d'une étude sur l'ostéosynthèse par moyens de fixation biologiques biodégradables;
- Evaluer histologiquement de la consolidation osseuse par enclouage centromédullaire chez le lapin ;
- Réaliser une étude angiographique de la consolidation osseuse chez le lapin.



*Références bibliographique*

---

### Références bibliographique

1. **BAILLIU D. (1984)** : Fractures des os longs chez le cheval : étude bibliographique. Thèse pour obtenir le grade de docteur vétérinaire diplôme d'état présentée et soutenue publiquement devant l'université Paul Sabatier de Toulouse.
2. **BARONE R., PAVAUX C., BLIN P.-C., et al. (1973)** Atlas d'anatomie du lapin. Paris, Masson & Cie.
3. **BEDU L. R. M. (2011)** : Etude de faisabilité d'un dispositif d'enclouage centromédullaire à ancillaire simplifié dans le traitement des fractures fémorales du chat. Thèse pour obtenir le grade de docteur vétérinaire. Présentée à VétAgro-sup, campus vétérinaire de Lyon ; France.
4. **Bertoni L. (2008)** : Module d'enseignement interactif et Informatise Sur les fractures fréquentes du cheval. Thèse pour obtenir le grade de docteur vétérinaire. Ecole nationale vétérinaire de Lyon ; France
5. **BOUDRA A, (2014)** : Etude de l'ostéointégration d'une allogreffe orthotopique autoclavée couverte et implantée dans le fémur du chienMémoire en vue de l'obtention du diplôme de magistère en sciences vétérinaires, option chirurgie des petits animaux. Université Ibn-Khaldoun de Tiaret
6. **BRINKER W.O., PIERMATTEI D.L. et FLO G.L (1994)** Manuel d'Orthopédie et de traitement des fractures des petits animaux 2ème édition, paris Edition du point vétérinaire,
7. **COLAT-PARROS J. ; JORDANA F. (2010)** : Les substituts osseux. Société Francophone de Biomatériaux Dentaires. Université Médicale Virtuelle Francophone.
8. **Constantin. A. (2013)**. DFG SM - Module 10.Appareil locomoteur. Physiologie du tissu osseux [http://www.medecine.ups-tlse.fr/pcem2/semiologie/doc/ Physiologie\\_Tissu\\_](http://www.medecine.ups-tlse.fr/pcem2/semiologie/doc/ Physiologie_Tissu_)
9. Osseux\_2013.pdf
10. **DECAMP C.E., JOHNSTON S.A., DÉJARDIN L.M., et al. (2016)** in Brinker, Piermattei, and Flo's handbook of small animal orthopedics and fractures repair, 5ème éd. St Louis, Elsevier Saunders.
11. **DESWARTE J.D.J. (2022)** Les fractures appendiculaires chez le lapin : prise en charge et pronostic. Étude rétrospective. Thèse pour obtenir le diplôme d'état de docteur vétérinaire. Faculté de médecine de Créteil, France.
12. **DUHAUTOIS B. & LEGEARD F. (1992)** : Enclouage et cerclage. Encyclopédie Vétérinaire, Paris, Orthopédie 3400, 9p.
13. **Haute Autorité de Santé. (2013)** : Substituts osseux. Révision de catégories homogènes de dispositifs médicaux. Saint-Denis La Plaine : HAS ; 2013.

14. **KALBAZA A. Y. (2018)** : Etude comparative entre la substitution osseuse à base d'hydroxyapatite et sa combinaison avec la moelle osseuse. Thèse pour l'obtention du diplôme de doctorat en sciences filière sciences vétérinaires, option chirurgie des petits animaux. Université Batna.
15. **LEMONNIER S. (2014)** : Rôle des phénomènes de transport dans la mise au point de stratégies thérapeutiques de réparation osseuse. Thèse présentée pour l'obtention du grade de docteur ; spécialité : mécanique, biomécanique. École doctorale sciences, ingénierie et environnement. Université Paris-Est ; France.
16. **LEROUX J.Y. (2010)** : Les fractures du tibia chez le chat étude rétrospective portant sur 33 fractures du tibia sur des chats présentes a l'école nationale vétérinaire d'Alfort Entre septembre 2003 et janvier 2009. Thèse de doctorat. Ecole Nationale d'Alfort.
17. **Pr Paquet (2012)** : Cours HISTOLOGIE - Le tissu osseux. Ce document est un support de cours datant de l'année 2011-2012 disponible sur [www.tsp7.net](http://www.tsp7.net)
18. **MALAVAL V.N. (2009)** : Comparaison de 6 montages combines clou-plaque chez le chien : étude mécanique expérimental en torsion. Thèse pour obtenir le grade de docteur vétérinaire, EN.V. de Toulouse ; France
19. **SARAH L (2014)**. Rôle des phénomènes de transport dans la mise au point de stratégies thérapeutiques de réparation osseuse. Thèse présentée pour l'obtention du grade de docteur de l'université paris-est ; France.