

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE**

**MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR**

**ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE**

**UNIVERSITE IBN KHALDOUN DE TIARET**

**INSTITUT DES SCIENCES VETERINAIRES**



**Mémoire de la fin d'études  
en vue de l'obtention du diplôme de docteur veterinaire**

**THEME :**

**Ostéosynthèse par plaque vissée sur un model de fracture**

**Présenté par :**

- **Fatmi Habib**
- **Feradji Farida Setra .**

**Encadré par :**

**-Dr Boudraa Abdellatif**

**Année universitaire : 2017– 2018**

# Dédicaces

**Pour mes meilleurs parents : Pour votre soutien, votre confiance et votre amour Inconditionnel. De m'avoir guidée et soutenue dans tous les moments difficiles que j'ai traversés, de m'avoir encouragée jusqu'au bout, par votre présence si précieuse et votre amour. Qu'ils sachent que ce travail est en partie le fruit de leur soutien ; je leurs suis très reconnaissante. Leur fierté à mon égard aujourd'hui est pour moi le meilleur des récompenses.**

**A mon encadreur monsieur BOUDRAA ABDELATIF**

**A tous mes professeurs durant tous les cinq ans**

**A tous ceux qui me sont chers, en témoignage de ma profonde affection. A toute la famille feradji, zafer, ameur, derouiche pour mes meilleurs sœurs hanen Fatima assma Nabila et Khadîdja et mon seul frère Omar que dieu protège**

**A tous mes amis surtout benaiad Yasmina, Driss Fatima, houtia Khadîdja, benayedda iman, beldjilali setti sans oublier marwa et surtout la famille bakhti et mokhfi sans oublier le groupe N° 5 .**

**A tous les miens**

# Dédicace

## Dédicace

Je dédie ce travail à :

*Mon père* : mon exemple ; la personne qui m'a éduqué, école de mon enfance et malgré qu'il nous a quitté mais il reste encore pour mémoire et dans mon cœur.

*Ma mère, mes frères Djamel et Salah* :

C'est grâce à vous que je suis la personne à présent.

Merci infiniment pour votre présence à ma coté; pour votre soutien moral et vos conseils précieux.

Mon enseignant : Khaled Slimani.

Ma nièce : Ichraq Rahaf.

Tous mes chers amis :

*Ait abederahman kousseila, Benhiba abdelillah, Boublenza yassine, Hasnaoui Mohamed fouzi, charef salaheddine* ; vous êtes un trésor pour moi.

Sans oublier mes collègues de groupe 5 et toutes les personnes proches qui je n'ai pas cité.

## REMERCIEMENT

---

Je veux adresser mes sincères remerciements à Allah le plus puissant de nous avoir aidé et donné la santé, la volonté pour finir ce travail.

Je tiens à remercier également notre encadreur Dr Abdellatif Boudraa pour sa grande disponibilité et son orientation tout le long de notre rédaction ainsi que les autres enseignants pour ces conseils durant toutes les années de notre formation.

Sans oublier mes collègues, mes ami(es) et tous ce qui nous a encouragé et qui ont participé du loin ou du proche à la concrétisation de ce travail.

## Table des matières :

---

Dédicace .....	I
Remerciement .....	II
Introduction.....	III

### **Chapitre I : Rappel anatomophysiologiques**

1-Physiologie et anatomie de l'os.....	1
1-1-définition .....	1
1-2-Anatomie de l'os .....	1
1-2-1- Aspect macroscopique .....	1
1-2-1-1-Les os longs .....	2
A- La diaphyse.....	2
B -La métaphyse .....	2
C- Les épiphyses .....	2
D- Le périoste .....	2
E- Canal médullaire .....	2
F- L'endoste .....	2
1-2-1-2-Les os plats .....	3
1-2-1-3-Les os courts .....	3
A-Le perioste .....	3
B-L'endoste.....	3
1-3-Anatomie microscopique .....	3
1-3-1-Cellules de tissu osseux .....	3
A-Cellules bourdante .....	4
B- Les ostéoblastes .....	4
C- Les ostéocytes.....	4

## Table des matières :

---

D-Les ostéoclastes .....	5
1-3-2-La matrice osseuse.....	5
1-3-2-1-Matrice organique.....	5
1-3-2-2-Matrice non organique.....	5
1-3-3-Les variétés du tissu osseux.....	6
1-3-3-1-Tissu osseux lamellaire .....	6
1-3-3-2Tissu osseux non lamellaire.....	6
1-3-3-3-L'os compact .....	7
1-3-3-4-L'os spongieux .....	8
1-3-L'histophysiologie de l'os.....	9
1-3-1- Facteurs locaux .....	9
1-3-2- Facteurs généraux .....	9
1-4-L'ongologie osseuse.....	10
1-4-1- Le système vasculaire afférent .....	10
1-4-2-Le système vasculaire intermediaire.....	11
1-4-3- Le système vasculaire efférent.....	11
1-5-Rappel physiologique .....	11
1-5-1- Fonctions de l'os .....	11
1-5-2-Composition chimique du tissu osseux .....	12
1-5-2-1-fraction organique.....	12
1-5-2-2- Fraction minérale.....	12
<b>Chapitre II : La consolidation osseuse</b>	
2-1-Consolidation indirecte .....	13
2-1-1-La periode d'union.....	13

## Table des matières :

---

2-1-1-1-Hématome fracturaire.....	13
2-1-1-2- Nécrose osseuse.....	15
2-1-1-3- Réaction inflammatoire primitive .....	16
2-1-2-Phase de réparation .....	17
2-1-2-1-Phase de réparation conjonctive.....	17
2-1-2-2-Phase de réparation cartilagineuse .....	17
2-1-2-3-phase de réparation osseuse .....	18
2-1-3- Phase de remodelage .....	19
2-2-La consolidation directe .....	20
2-3-Les conditions de cicatrisation osseuse.....	21
2-3-1-Facteurs locaux .....	21
2-3-1-1-Immobilisation .....	21
2-3-1-2-La vascularisation.....	21
2-3-1-3-Type de l'os fracturé.....	21
2-3-1-4-Perte de substance.....	22
2-3-1-5-Infection.....	22
2-3-2-Les facteurs généraux .....	22
2-3-2-1-L'âge .....	23
2-3-2-2-Les hormones.....	23
2-3-2-3-Alimentation .....	23

### **Chapitre III : Les fractures**

3-1-Définition .....	24
3-2-Classification des fractures .....	24
3-2-1-Les causes .....	24

## Table des matières :

---

3-2-1-1-Traumatisme direct.....	24
3-2-1-2-Traumatisme indirect.....	24
3-2-1-3-Les affections osseuses.....	25
3-2-1-4-Mises à l'épreuve répétée .....	25
3-2-2-Présence d'une plaie externe communicante avec le foyer de fracture .....	25
3-2-2-1-Fracture close.....	25
3-2-2-2-Fracture ouverte.....	26
3-2-3-Etendue des lésions .....	26
3-2-3-1-Fracture complète .....	26
3-2-3-2-Fracture en bois vert .....	26
3-2-3-3-Fêlure.....	26
3-2-3-4-Fracture comminutive.....	26
3-2-4-Direction et localisation de trait de fracture .....	27
3-2-4-1-Direction du trait de fracture .....	27
3-2-4-1-1-Fracture transversale .....	27
3-2-4-1-2-Fracture oblique .....	27
3-2-4-1-3-Fracture spiroïde.....	27
3-2-4-2-Localisation du trait de fracture.....	28
3-2-4-2-1-Fracture comminutive .....	28
3-2-4-2-2-Fracture multiple .....	28
3-2-4-2-3-Fracture en grenée .....	28
3-2-4-2-4-Fracture par arrachement .....	28
3-2-4-2-5-Fracture épiphysaire .....	28
3-2-4-2-6-Fracture condylienne.....	28

## Table des matières :

---

3-2-4-2-6-Fracture bicondylienne.....	29
3-2-5-Stabilité après la réduction.....	29
3-2-5-1-Fracture stable .....	29
3-2-5-2-Fracture instable .....	29
3-3-Complications des fractures .....	30
3-3-1-Retard de consolidation .....	30
3-3-2-Non-union .....	30
3-3-3-Cal vicieux .....	30
3-3-4-Ostéomyélite .....	30
3-3-5-Lâchage et rupture d'implants .....	31

### **Chapitre IV-diagnostic des fractures**

4-1-Anamnèse .....	32
4-2-Examen clinique.....	32
4-3-Imagerie médicale .....	32
4-3-1-Radiographie osseuse.....	32

### **Chapitre V-traitement des fractures**

5-1-Réduction des fractures .....	34
5-1-1-Réduction à foyer fermé .....	34
5-1-1-1-Méthodes de réduction à foyer fermé.....	34
5-1-2-Réduction sanglante.....	35
5-1-2-1-Méthodes de réduction sanglante .....	36
5-2-Immobilisation .....	36
5-2-1-Méthodes de l'immobilisation .....	36
5-2-1-1-Contention provisoire .....	36

## Table des matières :

---

5-2-1-2-Attelles et plâtre .....	37
5-2-1-2-1-Attelle de thomas.....	37
5-3-Contention de l'os .....	37
5-3-1-Fixateurs externes .....	37
5-3-2-Enclouage centromédullaire .....	41
5-3-2-1-Différents types de clous .....	42
5-3-2-2-Broches .....	43
5-3-2-3-Techniques chirurgicales .....	45
5-3-2-3-1-Enclouage normograde .....	45
5-3-2-3-2-Enclouage rétrograde .....	45
5-3-3-Vis osseux .....	45
5-3-4-Plaques vissées.....	47
5-3-4-1-Types de plaques .....	48
5-3-4-1-1-Les maxi plaques.....	48
5-3-4-1-2 -Plaques de reconstitution .....	48
5-3-4-1-3-Plaques à compression dynamique interfragmentaire .....	49
5-3-4-1-4- Les mini plaques .....	50
5-3-4-1-5-Plaques tridimensionnelles .....	51
5-3-4-1-6-Les gouttières .....	52
5-3-4-2-Fonctions biomécaniques des plaques vissée.....	53
5-3-4-3- Intérêts et limites de plaque vissée.....	54
5-3-5-Haubanage.....	54
5-3-6-Cerclage et demi cerclage.....	55

## Table des matières :

---

### Chapitre VI : Partie expérimentale

6-1-Aspect général.....	57
6-2-Particularités du squelette .....	58
Description de l'expérimentation .....	58
6-3-Description de l'animal de l'expérimentation.....	58
6-4-Matériel .....	59
6-5-Méthodes .....	60
6-5-1-Protocole opératoire.....	60
6-5-1-1-Préparation de l'animal ,chirurgical et du champ opératoire .....	60
6-5-1-2-Protocole anesthésique .....	61
6-5-1-3-L'acte chirurgical.....	61
6-5-2-Suivi postopératoire .....	65
6-5-2-1-Suivi clinique.....	65
6-5-2-2-Suivi radiographique .....	65
Liste des figures	
Liste des abréviations	
Liste des tableaux	
Liste des références	

# Introduction

---

Le traitement des fractures diaphysaires du fémur est en règle chirurgicale et l'enclouage centromédullaire demeure la technique de base. Il s'agit d'une technique d'ostéosynthèse interne basée sur l'utilisation de clou dans le but d'obtenir une fixation solide du foyer de fracture .elle a été introduit par Kuntsher pendant la 2<sup>ème</sup> guerre mondiale. Cette technique est vite popularisée, en 1974, Gross et Kempf l'ont affinée, améliorée par le principe de blocage statique et dynamique (**Kone ; 2008**)

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

Notre travail en général s'articule sur 6 chapitres ; le premier traite un rappel anatomophysiologique de l'os suivi par la consolidation osseuse, ensuite on a abordé l'étude de fractures en 3<sup>ème</sup> chapitre, puis le diagnostic des fractures en 4<sup>ème</sup> chapitre, le traitement des fractures occupe le 5<sup>ème</sup> chapitre.

La partie expérimentale comme 6<sup>ème</sup> chapitre parle du lapin en abordant ses spécificités anatomiques puis l'acte chirurgical effectué sur l'animal concernée en discutant finalement les résultats.

# Chapitre I

RAPPEL ANATOMOPHYSIOLOGIQUE

## La physiologie et l'anatomie de l'os :

### 1-Définition :

Le tissu osseux est un tissu mésenchymateux dont la matrice extracellulaire est imprégnée de sels minéraux cristallisés qui la rendent rigide et imperméable. Malgré son apparence pierreuse, le tissu osseux est parfaitement vivant et en perpétuel remaniement. Le tissu osseux a des fonctions mécaniques : il constitue la charpente du corps et protège certains organes fragiles, comme le système nerveux central. Il intervient dans le métabolisme du calcium et des phosphates (**Dadoune et al; 1990**).

La matrice osseuse a la particularité de se calcifier, ce qui la rend opaque aux rayons X et permet l'étude des os par radiographie (**Nguyen et Bourouina ; 2008**).

### 1-2- Anatomie de l'os :

#### 1-2- Macroscopique :

Le critère le plus souvent retenu pour la classification des os et leur forme c'est ainsi que l'on reconnaît trois types d'os (1.4) ; les os longs les os courts et les os plats ; on pourrait ajouter deux autres types : les sésamoïdes et les os dit irréguliers, comme le coxal et certains os du crâne qui ne sont pas classés parmi les os plats (figure1). (**Chancrin J.L ;1992**).

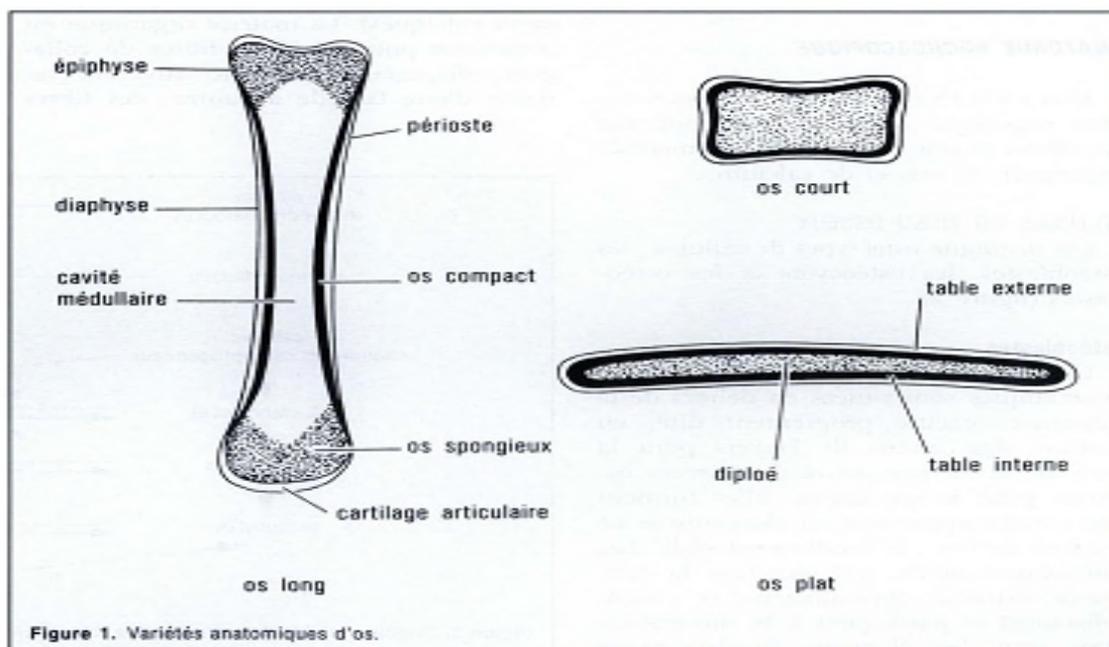


Figure N°1 : Variétés anatomiques d'os (Chancrin J, L ; 1992)

## 1-2-1-1- Os longs :

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

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

**B-Les métaphyses** : Zones de transition, la diaphyse et l'épiphyse, ne sont pas toujours bien délimitées, elles comportent une fine couche de tissus osseux compact ; mais sont principalement compose d'os spongieux ; chez jeune en croissance, elles sont sépare de l'épiphyse par la plaque de croissance. (**Chancrin J.L ;1992**)

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

**D-Le périoste** : Une membrane qui enveloppe la surface de l'os non recouvert de cartilage, il est formée de 2 couches.la couche fibreuse externe et la couche ostéogénique interne. Le périoste joue un rôle essentiel dans la croissance, la réparation et la nutrition de l'os, il sert aussi de point d'attache aux ligaments et aux tendons.

**E- Canal médullaire** : Un espace à l'intérieur de la diaphyse qui renferme le jaune adipeuse, chez l'adulte.

**F-L'endoste** : une membrane qui tapisse le canal médullaire et qui contient des cellules ostéogènes (**Tortora et al, 1999**).

**1-2-1-2- Les os plats :**

Dans un os plat, la longueur et la largeur sont à peu près égales et l'emportent sur la troisième dimension, l'os est de forme mince et large .il est constitué de 2 tables d'os compact séparées par une mince couche de tissu osseux spongieux (**Barone ; 1975**).

**1-2-1-3- Les os courts (carpe et tarse) :**

Il est forme de tissu spongieux délimité par une mince cortical d'os compact. Qu'il s'agit d'os longs, d'os court ou plat, le tissu osseux spongieux ou compact, qui les compose est recouvert à l'intérieure par le périoste et à l'intérieur par l'endoste.

**A- Le périoste :** revête la surface externe de tous les os ; sauf au niveau de cartilage articulaire , c'est un tissu conjonctif spécialisé organisé en 02 couche , la couche interne contient des cellules conjonctives susceptible de manifester des potentialités ostéogéniques ; elle est épaisse et active chez les jeunes et se réduit chez l'adulte .la couche externe est riche en fibres de collagènes ; dans certains groupées en faisceaux pénètrent dans les systèmes circonférentiels externes et interstitiels du tissu compact , assurant ainsi des adhérence étroite du périoste à l'os ( fibre de Sharpey ).

**B-L'endoste :** est une fine couche de tissu conjonctif qui tapisse toutes les parois des cavités vascularisées de tissu osseux : cavité médullaire canaux, canaux de havers et de Volkman de l'os compact, l'espace médullaire de l'os spongieux, les cellules de l'endoste ont une double potentialité : ostéogénique et hématopoïétique. . (**Chancrin J.L ; 1992**)

**1-3-Anatomie microscopique (histologie de l'os) :**

L'os est forme de cellules et d'une matrice organique calcifié, constitue par des fibres et une substance fondamentale imprégnée par de sels et de calcium. . (**Chancrin J.L ; 1992**).

**1- 3-1-Cellules de tissu osseux :**

Il existe quatre principaux types de cellules osseuses :

- Les cellules bourdantes ;
- Les ostéoblastes ;

- Les ostéocytes ; - Les ostéoclastes (Toppets et al. ; 2004).

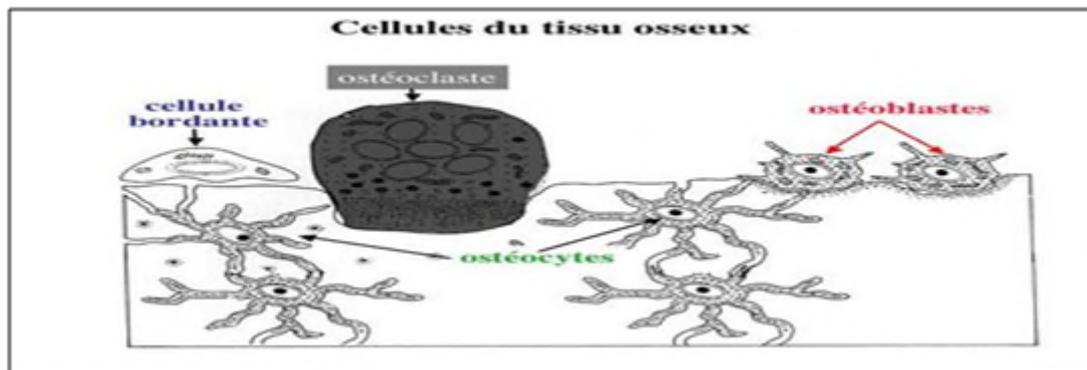


Figure N° 2 : Les différentes cellules osseuses (Serge.N,2009)

**A- Les cellules bordantes** : se sont des ostéoblastes au repos, susceptibles, s'ils sont sollicités, de redevenir des ostéoblastes actifs. Ils revêtent les surfaces osseuses qui à un moment donnée ne sont soumis ni à formation ni à résorption osseuse. Ces cellules sont aplaties et allongées, elles possèdent peu d'organites et sont reliées entre elle et avec les ostéocytes voisins par des jonctions communicantes.

**B- Les ostéoblastes** : Les ostéoblastes dérivent de cellules mésenchymateuses situées dans un feuillet interne (l'endoste) ou externe (le périoste). Les ostéoblastes synthétisent sa matrice organique et règlent sa minéralisation, sont des cellules polarisés dont le noyau est excentrique et dont le cytoplasme est rempli d'organites impliqués dans la synthèse et la sécrétion des protéines. Ils secrètent du collagène ; une matrice de protéoglycane non minéralisée au départ et appelée substance ostéoïde (Patricia et al. ; 1995).

Le devenir des ostéoblastes peut suivre trois formes :

La transformation en ostéocytes en s'entourant complètement de la MEC.

La mise en repos sous la forma de cellules bordantes tapissant la surface osseuse. La mort par apoptose (Nguyen et Bourouina , 2008)

**C- Les ostéocytes** : Les ostéocytes représentent plus des 90% de toutes les cellules osseuses. Ils n'ont longtemps été considérés que comme des ostéoblastes matures dites *lining cells* (ostéocytes au front de la formation et de la minéralisation), étaient incorporées quasi passivement dans l'os néoformé. Ils peuvent survivre plusieurs décennies dans l'os minéralisé et lorsqu'elles meurent avec l'âge, ils laissent des

lacunes osseuses. Ils contrôlent le métabolisme phosphatique et jouent un rôle important dans le remodelage osseux (**Bonewald ; 2011**).

**D-Ostéoclastes** : Les ostéoclastes proviendraient de la fusion des précurseurs mononucléés d'origine hématopoïétique aux stades tardifs de la voie de différenciation monocyttaire, voire directement des macrophages. Ils sont des cellules géantes multinucléées, responsables de la résorption osseuse (**Solari et Jurcic ; 1997**).

La trace de l'érosion de l'os par les ostéoclastes est une encoche de résorption (ou lacune de howship). l'activité ostéoclastique est directement sous l'influence d'un couple d'hormones à effets antagonistes la parathormone qui stimule et la thyrocalcitonine qui la déprime ( **Chancrin J.L ;1992** )

### **1-3-2- La matrice osseuse :**

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

#### **1-3-2-1-Matrice organique :**

La matrice organique est composée de :

**A. Le Collagène de type I** : Dont les fibres sont orientées dans le même sens que celui du tissu osseux. Il est composé d'une partie lamellaire (90%) et de glycoprotéines non collagène (10 %)

**B. L'ostéonectine** : C'est la plus abondante, elle possède une affinité pour le collagène et les cristaux d'hydroxyapatite ; elle sert de colle entre les parties minérales et organiques.

**C. L'ostéocalcine** : Elle intervient dans la minéralisation de l'os.

**D. L'ostéopontine et les protéoglycanes** : On les trouve particulièrement dans l'ostéoïde et beaucoup moins dans l'os minéralisé.

**E. L'eau et les électrolytes** (**Prugnonne et Thoreau ; 1996**).

#### **1-3-2-2-Matrice non organique :**

La matrice minérale est responsable de la rigidité de l'os ; elle est minéralisée par dépôts de phosphate et de calcium cristallisés, formant des cristaux d'hydroxyapatite et certains ions comme le zinc, les ions strontium, le baryum et le plomb (**Seigneurin; 2007**).

### 1-3-3-Les variétés de tissus osseux :

Les éléments constitutifs des tissus osseux s'organisent de diverses façons. l'os adulte a normalement, un structure lamellaire : l'examen en lumière polarisé permet de visualiser une série de lamelle parallèles entre elles ( spongieux ) ou concentrique ( cortical) se qui témoigne de caractère discontinue dans le temps mais parfaitement oriente dans l'espace de la production du substance osseuse ; cette orientation est pour une grande partie influencée par les contrainte mécaniques seules les zones d'apposition osseuse récente ( physiologique ou pathologique ) ont transitoirement , une structure non lamellaire , rappelant celle de tissu osseux fœtal .  
(Chancrin J.L ; 1992)

#### 1-3-3-1- Tissu osseux lamellaire :

L'os lamellaire se distingue de l'os non lamellaire par l'existence d'une structure organisée au sein de laquelle le collagène est arrangé en lamelles superposées et parallèles entre elles (figure 4). L'agencement tridimensionnel de ces lamelles détermine 2 architectures : l'os compact et l'os spongieux (Frayssinet ; 1994).

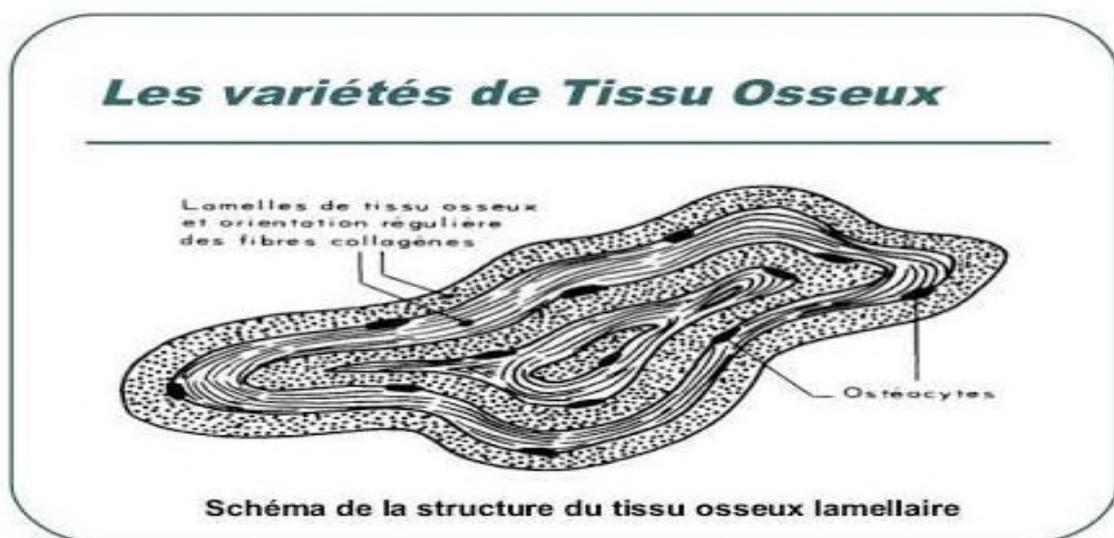


Figure N° 3 : Tissu osseux lamellaire. (Chancrin J.l ; 1992)

#### 1-3-3-2- Tissu osseux non lamellaire :

L'os non lamellaire est un os en devenir.il se caractérise par une teneur en cellules élevée et un métabolisme intense.

C'est un tissu osseux, minéralisé mais sans organisation, et où les fibres de collagène sont déposés sans orientation particulière (**Rahn, 1982**).

C'est ce type histologique qui constitue le squelette embryonnaire. Il est toujours résorbé et remplacé par l'os lamellaire lorsque le squelette se développe, l'os tissé est également formé au niveau des cals de fracture et sera remplacé de la même façon par l'os lamellaire (**Coujard et al ;1980**).

Les cellules sont plus abondantes que dans le tissu osseux lamellaire. (**Chancrin J.L ; 1992**)



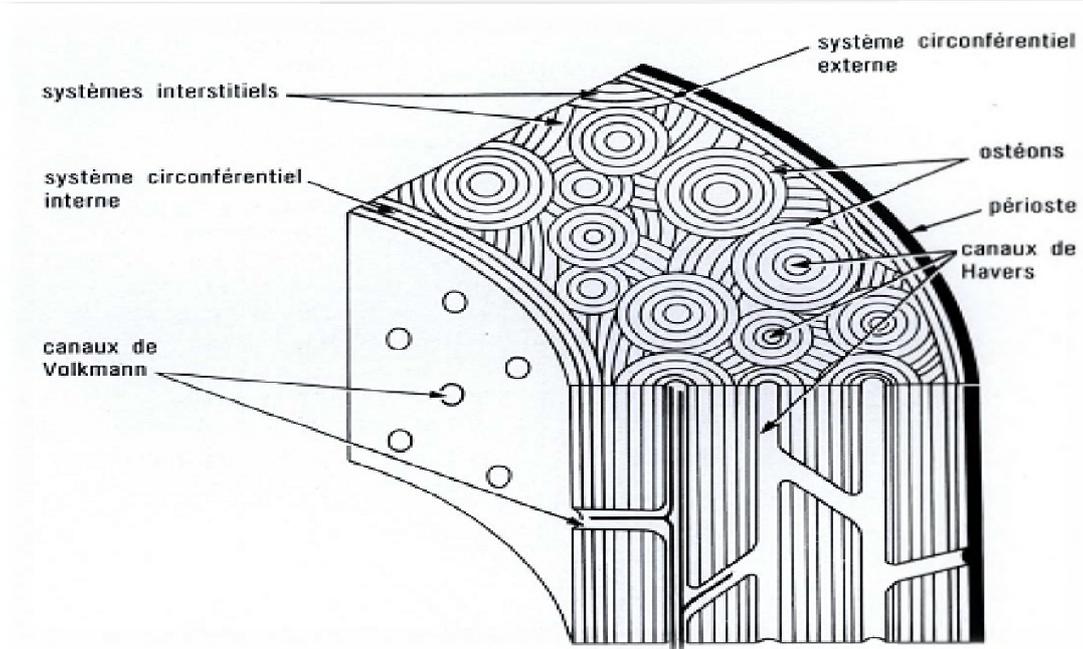
**Figure N°4: Tissu osseux non lamellaire (Chancrin J.L; 1992)**

### **1-3-3-3- L'os compact (ou haversien) :**

Constitue le tissu cortical (cortical des os longs, plats et courts, tables de crâne, l'os y représente 95% du volume totale et les espaces conjonctifs y sont réduits à 5%, ce qui explique les propriétés de grande résistance mécanique (Figure 5).

Les lamelles cellulaires sont disposées concentriquement autour d'un petit canal central renfermant des vaisseaux (canal de Havers) l'ensemble constitue l'ostéon et le nombre de lamelles variable (une dizaine au moyenne), entre les ostéons existent quelques lamelles interstitielles dont la direction est variable et qui représentent les vestiges d'ostéons anciens, trace de remodelage constant auquel est soumis l'os cortical. Les différents canaux de Havers sont réunis entre eux par quelques canaux transversaux : les canaux de Volkmann (qui relient également la cavité médullaire à l'espace sous périoste), revêtant la surface interne et externe du cylindre osseux

compact de la corticale diaphysaire , un certain nombre de lamelle concentriques de tissu osseux compact réalisent les systèmes circonférentielles externe et interne . la limite périphérique de chaque ostéon est marquée par la ligne cémentant périostéonique (figure 5). (Chancrin J.L ; 1992).



**Figure N°5: Tissu osseux compact. (Chancrin J.L; 1992)**

**1-3-3-3-4-L'os spongieux** : est caractérisée par un volume beaucoup plus important d'espace conjonctifs (de 70 à 80 %) d'où sa plus faible résistance mécanique (0.25 g d'hydroxyapatite par centimètre carré contre 1.20g pour le tissu compact). (Roberston W.W).

Il présente une structure inhomogène avec des travées osseuses anastomosées dans les trois dimensions délimitant des espaces occupés par la moelle osseuse et les vaisseaux. (Tortora et al.; 1999)

## tissu osseux spongieux



Figure N°6 : Tissu osseux spongieux (Serge.N ;2009)

### 1-3-Histophysiologie de l'os :

#### 1-3-1-Facteurs locaux :

Se sont essentiellement les facteurs mécaniques expliquent l'orientation des travées spongieux et la raréfaction osseuse, après immobilisation ; quand au facteur vasculaires, une stase veineuse parait favoriser l'ostéogenèse (par exemple ostéopathie hypertrophiant, des affections cardio-pulmonaire chronique, syndrome de Cardiot Ball). Alors que une hyper –vascularisation artérielle est responsable d'une hyper résorption osseuse (processus tumoraux par exemple). (Chancrin J.L ; 1992)

#### 1-3-2-Facteurs généraux :

On période de croissance sont indispensables les facteurs nécessaire chez l'adulte mais aussi l'hormone de croissance (activité de cartilage de croissance et stimulation de l'activité ostéoblastique au niveau des extrémités) et l'hormone thyroïdienne (elle stimule l'activité métabolique des cellules de cartilage de croissance), la vitamine D est nécessaire à la minéralisation du cartilage de conjugaison de l'os. chez l'adulte , on distingue des facteurs influant sur la minéralisation de l'os ; sont nécessaire au maintient d'une tram organique normal des facteurs protéiques ( acides amines indispensables ) , les vitamine B et C ( synthèse du collagène ) les œstrogènes et les androgènes , la somatotropine une carence de l'un de ces facteurs peut être l'origine de l'ostéoporose . Pour la minéralisation le facteur

principale c'est la vitamine D, nécessaire à la nucléation (précipitation calcique sur la substance fondamentale.

Le couple la parathormone calcitonine n'agit pas sur l'élaboration ou la minéralisation de l'os mais il concourt au maintien de l'équilibre phosphocalcique en régulant la libération du calcium, la parathormone stimule l'activité ostéoclastique alors que la calcitonine la freine. **(Chancrin; 1992)**

#### **1-4-Angiologie osseuse :**

L'os besoin d'un apport sanguin correct pour assurer ses fonctions physiologiques. Cliniquement, la plupart des problèmes vasculaires surviennent dans les os longs .la vascularisation de ces os provient de trois systèmes de base : le système vasculaire afférent, le système vasculaire intermédiaire de l'os compact, le système vasculaire efférent. **(Brinker et al.; 1994)**

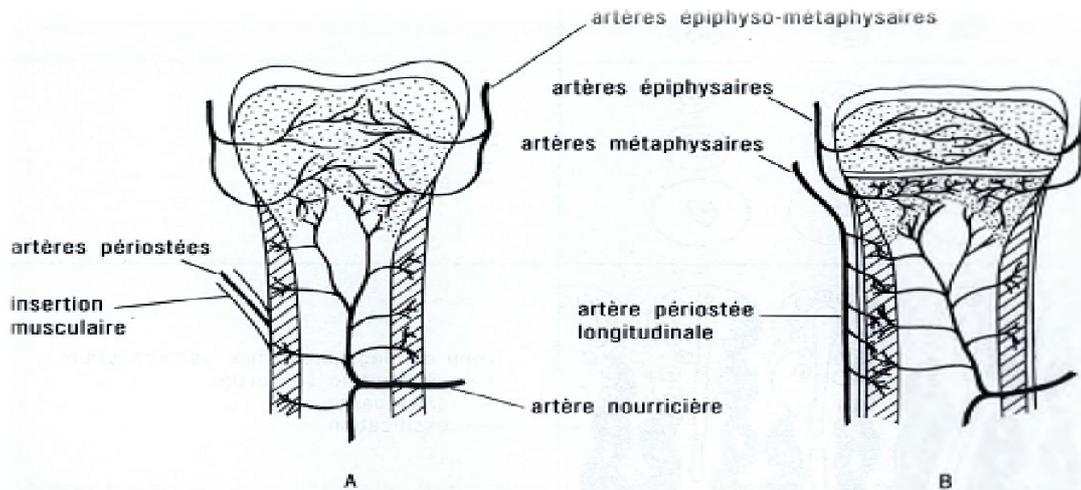
##### **1-4-1-Le Système vasculaire afférent (le système artériel) :**

Trois types d'artères composent le système artériel qui assurent toute la vascularisation d'un os long.

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

- Les artères épiphyse-métaphysaire sont multiples, pénètrent dans l'os métaphysaire par les zones d'insertion capsulaires, ligamentaires, musculaires et tendineux.

-Les artères périostes dont le rôle est nutrition du cortex superficiel. Elles s'anastomosent également avec les terminaisons des artères médullaires dans la corticale. **(Mathon, 1994 ; Rhinelander et Wilson, 1982).**



**Figure N°7 : Vascolarisation artérielle d'un os long (A : Os adulte / B : Os immature) d'après (Brinker et al. ; 1994)**

#### **1-4-2-Le système vasculaire intermédiaire (Système capillaire) :**

Il se compose de petits vaisseaux intra-corticaux. Ce réseau capillaire emprunte le système haversien, est non anastomosé et irrigue à partir d'une même artériole de petits segments de corticale d'une hauteur d'au maximum 2 mm (Mathon ; 1994).

#### **1-4-3-Le système vasculaire efférent (Système veineux):**

Drainage des épiphyses et de métaphyses est assuré par de nombreuses veines épiphysio-métaphysaires satellites des artères. La trière interne de cortical est drainé par une veine centromédullaire du périoste part de nombreuses veines collectrices qui rejoignent les veines musculaires. Un système d'anastomose assure la réunion de ces différents compartiments (Mathon ; 1994)

#### **1-5- Rappel physiologique :**

Dans un premier temps, on aborde les fonctions du tissu et le système osseux suivi par composition chimique du tissu osseux et enfin la vascularisation.

##### **1-5-1- Fonction de l'os :**

Le tissu et le système osseux remplissent plusieurs fonctions fondamentales :

- a) Le soutien : le system osseux fournit une structure qui soutient les tissus mous et sert de point d'attache à de nombreux muscles squelettiques.
- b) La protection : le squelette préserve de nombreux organes internes contre les blessures.
- c) Le mouvement : les os aux quels se rattachent les muscles, servent de lever et permettent le mouvement lorsque les muscles sont contractent.
- d) L'homéostasie des minéraux : les os emmagasinent des minéraux (principalement le calcium et le phosphore) qui sont essentiel à la contraction musculaire, à l'activité nerveuse et à d'autres fonctions.
- e) La formation de cellules sanguines : certain parties des os renferment un tissu conjonctif, la moelle rouge, qui produit les cellules sanguines. ce processus s'appelle hématopoïèse (**Tortora et al.; 1999**)

## **1-5-2-Composition chimique de tissu osseux :**

Le tissu osseux est composé d'une fraction organique et d'une fraction minérale.

### **1-5-2-1- Fraction organique :**

Elle est faite de fibres de collagène et d'une substance appelée (substance fondamentale). Le collagène représente environ 95% de la partie organique. Les fibres de collagène représentent la charpente véritable du tissu osseux. La substance fondamentale est constituée de mucoprotéines. Les fibres de collagène baignent dans la substance fondamentale. A elle deux, elles constituent la substance ostéoïde.

Les éléments organiques donnent à l'os sa trame rigide, sa forme ; s'ils sont détruis, l'os devient cassant, friable.

Pour détruire la matrice organique, il suffit de chauffer l'os à haute température, seuls les sels calciques sont conservés (**Nguyen et Bourouina, 2008**)

### **1-5-2-2- Fraction minérale :**

Elle est composée de sels minéraux complexes : phosphate de calcium , qui constituent des cristaux caractéristiques d'hydroxyapatite ( 80% ), carbonate de calcium ( 14% ), phosphate de magnésium et fluorure de calcium ( 6% ).

On trouve également d'autres associations du calcium, de sodium et de potassium avec le fluore et le chlore. Les sels minéraux donnent à l'os sa dureté, sa solidité ; s'ils sont détruits, l'os est décalcifié, il devient très souple, flexible. La destruction des sels minéraux peut être obtenue expérimentalement par l'action d'acides qui dissolvent les sels calcaires et ne laissent que les fibres de collagène. (**Nguyen et Bourouina, 2008**)

# CHAPITRE II

LA CONSOLIDATION OSSEUSE

**2-Consolidation osseuse :**

La consolidation d'une fracture est un phénomène naturel qui se déroule en trois étapes successives. Les deux premières assurent l'union des fragments osseux entre eux en constituant la cal de fracture. Le troisième est la plus longue : c'est la période de remodelage au cours de laquelle l'os retrouve sa structure et sa résistance mécanique. Le seul rôle du thérapeute est d'assurer la reconstruction osseuse la plus anatomique et d'obtenir par une contention appropriée la récupération fonctionnelle la plus précoce possible. (**Autefage, 1992**).

Classiquement deux modes de consolidation sont décrits. Cependant quel que soit la mode, le rôle primordial appartient au périoste, à la bonne vascularisation de l'os, à l'état des tissus mous environnant et à la vitalité du contenu des espaces inter fragmentaires (**Kone, 2008**).

**2-1-Consolidation indirecte ou secondaire :**

Suit à une fracture, l'os peut cicatriser par seconde intention. Cette cicatrisation se fait par formation d'une cal de fracture. Elle nécessite des conditions particulières :

- La contention des fragments doit être efficace,
- La réduction des fragments doit être correcte,
- Le foyer de fracture doit être stérile, (**Stevenson, 1991**)

**2-1-1-La période d'union (phase inflammatoire) :****2-1-1-1-Hématome fracturaire :**

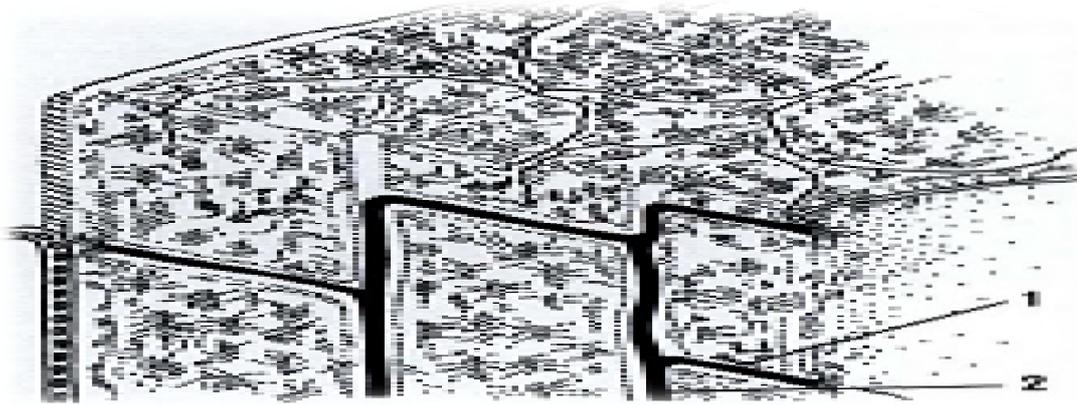
Dès la constitution de la fracture, il se forme un hématome consécutif aux ruptures des vaisseaux du tissu osseux et des tissus mous périphériques. Le rôle de l'hématome dans la constitution du cal est encore discuté (**Tayon et al. ;1980**). rapportent qu'il pourrait jouer un rôle passif, aucune activité cellulaire particulière n'ayant pu être mise en évidence au cours de la consolidation. Cependant (**Mizuno et al. ; 1990**), l'hématome peut acquérir des propriétés ostéogéniques au cours de sa maturation en raison par envahissement par des cellules mésenchymateuses. (**Autefage ;1992**)

L'hématome apporte un support et une source de cellules qui contribueront à la formation d'un tissu cicatriciel de granulation. En outre, la coagulation active la cascade de complément entraînant un afflux de cellules inflammatoires actives qui libèrent les interleukines qui induisent elles-mêmes la production de prostaglandines et de TGF-β (transforming growth factor beta) via l'intervention des plaquettes. Ces facteurs chimiques induisent alors la mitose et la différenciation des cellules mésenchymateuses ainsi que le phénomène d'angiogenèse (**Denny et Butterworth, 2000 ; Reilly et Burstein, 1974 ; Schiltz, 1988**).

#### **2-1-1-2--Nécrose osseuse :**

Elle est les conséquences de l'ischémie des fragments osseux faisant suite à l'interruption vasculaire qui accompagne la rupture du tissu osseux. Les vaisseaux médullaires sont rompus dès qu'il existe un déplacement du foyer. De même, la rupture des vaisseaux des canaux de Havers et de Volkmann est la règle à la hauteur du trait de fracture (figure 8). Comme il n'existe pratiquement pas d'anastomose intracorticale longitudinale entre les vaisseaux de Havers (**Tayon B et al. ;1980**), chaque segment osseux est considéré comme un système clos. L'interruption de sa vascularisation est donc responsable de sa nécrose. Cette nécrose bien que toujours présente, peut être minime dans les fractures peu ou pas déplacées et n'atteindre que quelques millimètres de part et d'autre du trait de fracture. En revanche, elle peut être considérable si le déplacement des fragments est important, s'il existe une attrition des tissus mous adjacents et si des esquilles sont totalement dépourvues d'attaches musculaires, un traumatisme chirurgical peut encore l'accroître notablement.

L'os cortical nécrosé ne peut pas participer au processus de réparation. Il doit d'abord être revascularisé et reconstitué ou bien détruit par ostéoclastes et remplacé. (**Autefage, 1992**)

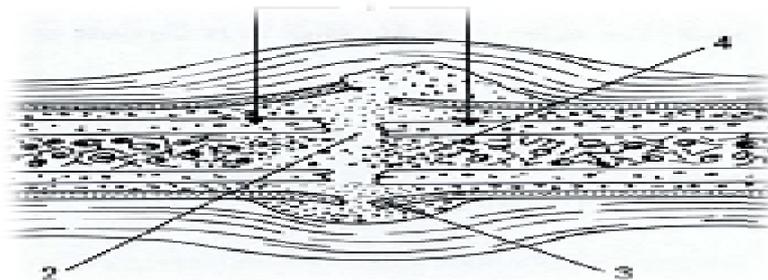


**Figure N° 8 : Nécrose osseuse lors d'une fracture (d'après Tayon et al. ; 1980.)**

### **2-1-1-3-Réaction inflammatoire primitive :**

Le traumatisme tissulaire et la nécrose osseuse sont responsables d'une réaction inflammatoire local qui début dès la constitution de la fracture et dure quelque jours. Elle se traduit par une vasodilatation et une exsudation plasmatique qui se surajoutent à l'hématome fracturaire pour déformer la région. à l'exsudation plasmatique est associée la migration leucocytaire : polynucléaires et macrophages tendent à débarrasser le foyer de fracture des débris nécrotique non minéralisés (débris cellulaires, fragments de collagène.....). Des ostéoclastes résorbent les fragments de matrice morte ainsi que l'os nécrotique des extrémités fracturaire. Cette résorption se manifeste radiologiquement par l'augmentation de l'écart interfragmentaire plusieurs jours après la fracture (**Tayon B et al. ;1980**).

Cette phase inflammatoire aigue essentiellement vasculaire (figure 9) est très brève et laisse la place à la deuxième phase : la phase de réparation.



- a. L'hématome (2) englobe les extrémités fracturées.
  - b. Il existe une nécrose (1) cellulaire qui s'étend sur quelques millimètres de part et d'autres du foyer.
  - c. La réaction inflammatoire débute au niveau de la médullaire (4)
- 1- nécrose cellulaire -2 : hématome -3 : périoste déchiré -4 : réaction inflammatoire médullaire.

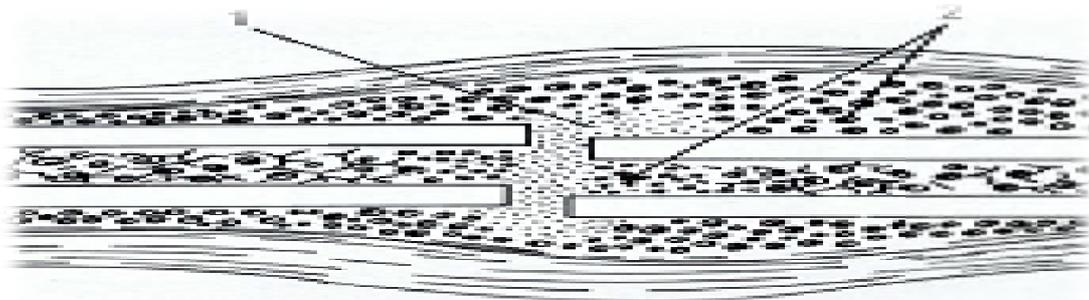
**Figure N° 9 : Aspect du foyer de fracture quelques heures après l'accident (d'après Tayon et al. ; 1980.)**

### 2-1-2- Phase de réparation :

Elle se scinde arbitrairement en trois stades : le stade de réparation conjonctive, le stade de réparation cartilagineuse et le stade de réparation osseuse.

#### 2-1-2-1-Phase de réparation conjonctive :

Se stade début précocement dans l'évolution d'une fracture. Il se traduit par la colonisation de l'hématome fracturaire par des cellules issues de périoste, de l'endoste, de la moelle osseuse et du sang (figure 3) .l'hématome fracturaire est alors progressivement à stabiliser la fracture. Ce tissu conjonctif est ensuite à son tour lui-même colonisé par des cellules mésenchymateuses qui, selon les conditions locales, synthétiseront un tissu fibrocartilagineux ou osseux. (Cordey et al. ; 2000)



a. Développement des cellules ostéogéniques à partir de la couche profonde de périoste qui est considérablement épaissie- b. Colonisation progressive de l'hématome (1) par un tissu de granulation (2).

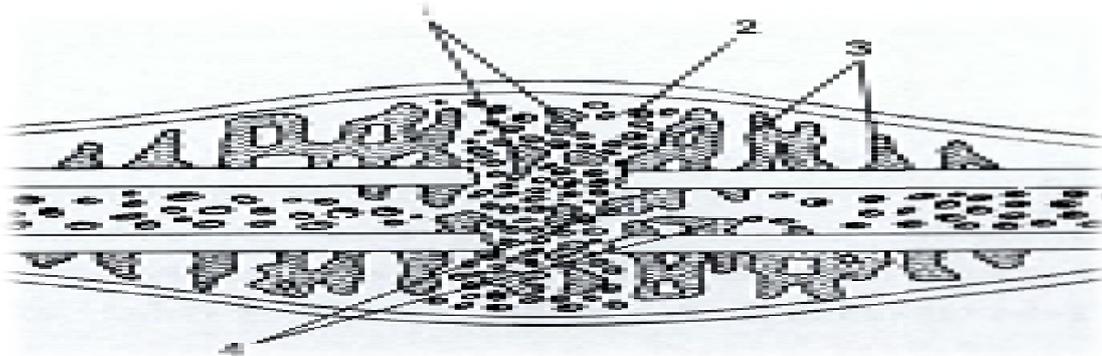
1 : Hématome résiduel- 2 : Tissu de granulation

**Figure N° 10: Aspect d'une fracture une semaine après d'accident (Tayon et al. ; 1980)**

#### 2-1-2-2-Phase de réparation cartilagineuse :

Le tissu conjonctif est envahi par des cellules mésenchymateuses indifférenciées dont l'origine est aujourd'hui encore discutée. Lorsque ce tissu conjonctif est soumis à une certaine mobilité, ces cellules se transforment en chondroblastes et non pas en ostéoblastes. Les chondroblastes sont, en effet, des cellules biologiquement moins exigeantes que les ostéoblastes et réclament moins d'oxygène pour se développer. Le tissu cartilagineux est mieux adapté à l'hypoxie que le tissu osseux (Tayon B et al. ; 1980).

C'est la pression partielle tissulaire en oxygène ( $pO_2$ ) qui est le véritable agent régulateur. Si la  $pO_2$  est faible, les cellules se transforment en chondroblastes. Au contraire, si  $pO_2$  est élevée, ces cellules donnent naissance à des ostéoblastes. Dans les fractures mal stabilisées, la persistance d'une mobilité des bouts fracturaires est responsable de cisaillement des vaisseaux au fur et à mesure de leur progression et limite l'apport d'oxygène. La diminution de la  $pO_2$  qui en résulte est responsable de la transformation des cellules mésenchymateuses en chondroblastes qui secrètent le collagène et la matrice protéique d'un cartilage et transforment par endroits le tissu conjonctif en tissu cartilagineux. Lors d'instabilité relative d'une fracture, le cal fibrocartilagineux (figure 11) succède au cal conjonctif avant la phase de réparation osseuse (Autefage, 1992)



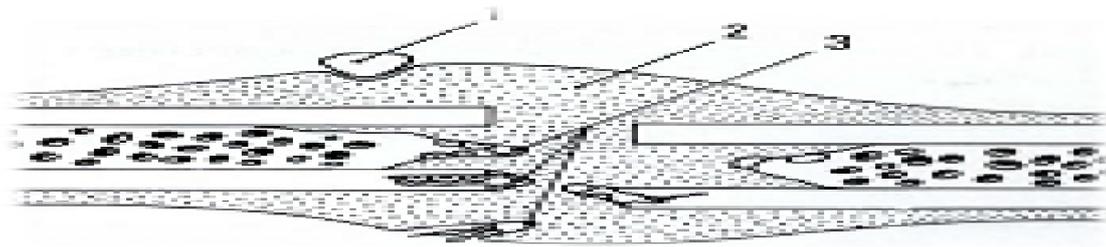
a. le tissu de granulation a été remplacé par un tissu cartilagineux (2)- b. de l'os immature (1) commence à se former au sein du cartilage selon de processus d'ossification endochondrale- c. le cal périosté (3) se développe de part et d'autre de trait de fracture- d. dans le même temps, le cal endosté (4) obture le canal médullaire.  
1 : Os immature -2 : Cartilage -3 : Cal périosté -4 : Cal médullaire.

**Figure N°11 : aspect d'une fracture quatre semaines après accident (Tayon et al. ; 1980)**

### 2-1-2-3-Phase de réparation osseuse :

Le tissu cartilagineux est ensuite progressivement remplacé par un tissu osseux selon un processus similaire à celui de l'ossification endochondrale. Le front d'ossification progresse des bouts fracturaires vers l'espace inter-fragmentaire. La substance fondamentale synthétisée précédemment par les chondroblastes est minéralisée, consolidant ainsi le cal. Parallèlement, une ne vascularisation se met en place faisant affluer des ostéoclastes qui résorbent le tissu cartilagineux. Les

ostéoblastes synthétisent alors successivement un tissu osseux immature non lamellaire puis un tissu osseux mature lamellaire (figure 12). (Cordey et al, 2000).



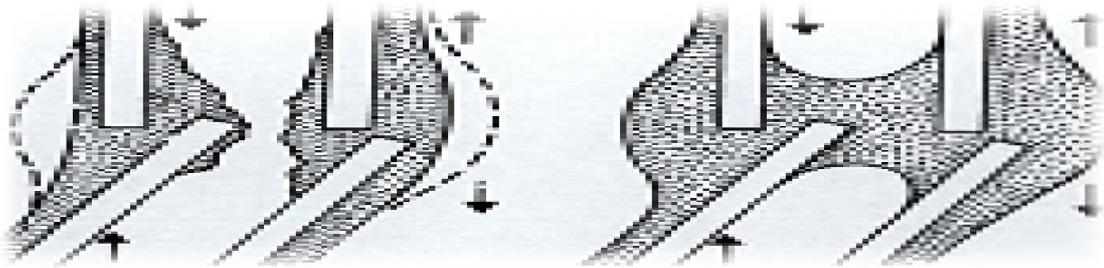
a. L'os immature (2) du cal provisoire orienté perpendiculairement aux ostéons diaphysaires unit les extrémités fracturaires : il est progressivement résorbé et remplacé par un os lamellaire convenablement orienté ; b. Des ostéoclastes (1) résorbent le cal périphérique en excès ; c. Le canal médullaire est reperméabilisé.

1 : ostéoclaste -2 : os immature -3 : cône de forage ostéoclastique.

**Figure N°12 : aspect du foyer de fracture plusieurs mois après le traumatisme (Tayon et al ; 1980.)**

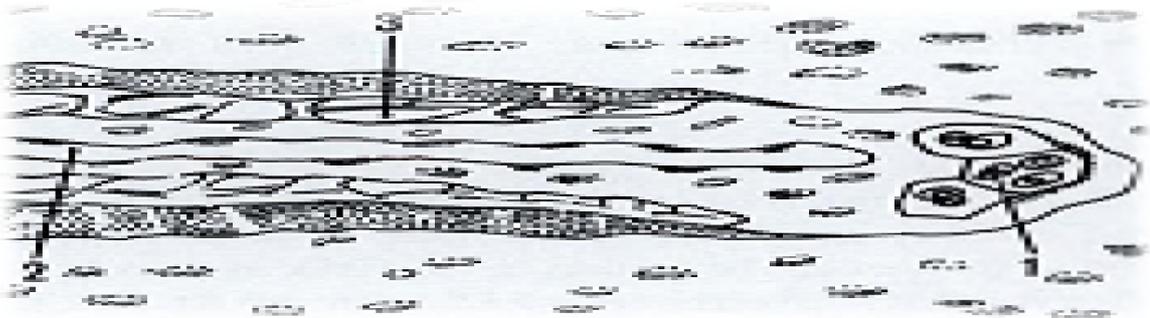
### 2-1-3-Phase de remodelage :

Cette dernière phase commence avant que ne se termine la phase de réparation et dure plusieurs mois ou plusieurs années. Ce remodelage consiste en une résorption des portions de cal inutiles ou inefficaces ou un renforcement des zones mécaniquement actives. Il obéit en cela à la loi de Wolff (figure 6). Il s'agit d'un double phénomène de destruction et de reconstruction osseuse qui évolue selon le schéma de remaniement osseux physiologique. Les ostéoclastes creusent l'os immature, formant des cônes de forage qui amènent avec eux des vaisseaux accompagnés d'ostéoblastes (figure 13). Ces derniers déposent un os nouveau lamellaire correctement orienté. Ce remodelage du cal aboutit à la reconstruction d'une corticale, au creusement de la cavité médullaire, à la disparition progressive des aspérités, des saillies du cal. Si la réduction des fragments a été bonne, l'os reprend à terme sa forme initiale. Seul subsiste un léger épaissement des corticales en regard du foyer de fracture. À l'opposé, le remodelage du cal ne peut pas, chez l'adulte, aboutir à une correction du cal vicieux, il ne peut pas, en effet, corriger les déformations liées à l'angulation, à la rotation ou au raccourcissement, d'où la nécessité d'une réduction correcte des fractures (Autefage, 1992)



Le remodelage du cal fracturaire se traduit par la résorption des zones soumises à des forces de tension et le renforcement des zones en compression. La reperméabilisation du canal médullaire permet le retour à une vascularisation intramédullaire physiologique. Cependant, le remodelage du cal osseux ne corrige pas, chez l'adulte, les angulations résiduelles.

**Figure N°13 : Remodelage de cal de fracture (D'après Tayon et al. ;1980).**



Les ostéoclastes (1) creusent un tunnel dans l'os qui doit être résorbé des néo-vaisseaux (2) fournissent l'apport nutritionnel nécessaire. Les ostéoclastes (3) déposent de l'os lamellaire formant ainsi un nouveau ostéon  
-1 : ostéoclaste -2 : néo-vaisseau -3 : ostéoblaste

**Figure N° 14:représentation schématique d'un cône de forage (Tayon et al. ;1980)**

## 2-2-La consolidation directe :

C'est la consolidation sans formation préalable de cal. Ce type de consolidation est comparable au remodelage naturel de l'os. Il s'y produit un dépôt d'os lamellaire le long du trait de fracture suivi d'un passage direct d'ostéons d'un fragment à l'autre (**Herginou et Beaujean, 1997**). Trois conditions y sont nécessaires :

-Contacte intime des extrémités fracturaire : une réduction anatomique parfaite de la fracture afin de réduire au maximum les espaces inter-fragmentaires (**Autefage, 1992**).

-Immobilisation stricte du foyer de fracture : a fin d'augmenter la stabilité du foyer de fracture, les fragments doivent être mis en compression grâce à des plaques adaptées.

-Le foyer doit être préservé de toute infection bactérienne et la vascularisation doit être préservée au maximum (**Autefage, 1992**)

### **2-3-Conditions de la cicatrisation osseuse :**

#### **2-3-1-Facteurs locaux :**

Deux facteurs principaux gouvernent la cicatrisation de l'os : l'immobilisation des fragments et la vascularisation locale.

##### **2-3-1-1- Immobilisation :**

Dans de bonnes conditions vasculaires, une immobilisation absolue entraîne une cicatrisation par première intention sans formation de cal radiologiquement visible le défaut de stabilité est, au contraire responsable de l'apparition d'un cal périosté dont le volume est directement proportionnel à la mobilité des fragments. La persistance d'une mobilité conduit même souvent à un retard de consolidation, voir une absence de consolidation, c'est-à-dire une pseudarthrose. (**Autefage, 1992**)

##### **2-3-1-2- La vascularisation :**

La néovascularisation joue un rôle fondamental dans le processus de réparation osseuse. Si l'immobilisation est parfaite, la circulation médullaire est prédominante. Au contraire, si une certaine mobilité des fragments persiste, la circulation extra osseuse est prédominante. Les tissus mous qui sont à l'origine de cette vascularisation extra-osseuse jouent donc un rôle majeur dans la guérison des fractures. (**Autefage, 1992**)

##### **2-3-1-3-Type d'os fracturé :**

Il est coutumier de dire que l'os spongieux cicatrise plus vite que l'os cortical car il est bien vascularisé et riche en cellules. La nécrose ostéocytaire est beaucoup moins importante en os spongieux qu'en os cortical ; en effet, la nutrition peut se faire par diffusion, à l'opposé de l'os cortical où les extrémités ont besoin de l'intégrité du système haversien (**Autefage, 1992**)

**2-3-1-4- Perte de substance :**

Les pertes de substance osseuse dans une fracture, lorsque l'immobilisation est correcte, cicatrisent normalement avec la succession des événements classiques : hématome, tissu de granulation, tissu fibreux, tissu osseux immature, tissu osseux lamellaire. Mais lorsque la perte de substance osseuse, incluant le périoste, est trop importante, le défaut osseux ne peut pas cicatriser. Chaque osseux cicatrise pour son propre compte et la perte de substance est comblée par du tissu fibreux d'où la nécessité de réaliser des greffes d'os pour accélérer, voire induire la cicatrisation des pertes de substance. En revanche, si le périoste est présent (ostéotomie sous-périostée), la perte de substance cicatrise sans problème en raison de la formation d'os par le périoste lui-même. (Autefage, 1992)

**2-3-1-5- Infection :**

C'est un facteur défavorable majeur. L'infection entretient l'inflammation, accroît la résorption osseuse et induit une nécrose osseuse. Elle est souvent responsable d'une ostéomyélite avec retard de consolidation, voire pseudarthrose. Cependant, si la fracture est stable, elle peut cicatriser malgré le phénomène infectieux (Autefage, 1992)

**2-3-2 -Les facteurs généraux****2-3-2-1-Age :**

Les fractures guérissent beaucoup mieux et beaucoup plus vite chez le jeune que chez l'adulte. Les délais de consolidation des fractures en fonction de l'âge et de type de traitement. (Autefage, 1992).

Âge de l'animal	Immobilisation externe et enclouage centromédullaire	Immobilisation par plaques
Moins de 3 mois	2-3 semaines	4 semaines
De 3 à 6 mois	4-6 semaines	2-3 mois
De 6 à 12 mois	5-8 semaines	3-5 mois
Plus d'un an	7-12 semaines	5 mois-1 an

**Tableau I :** Vitesse de réparation osseuse appréciée sur la base de la consolidation clinique en fonction de l'âge et le mode de traitement. (d'après Brinker et al. ; 1994)

**2-3-2-2- Hormones :**

Le rôle des hormones dans la consolidation des fractures est un problème très complexe sans intérêt pratique puisqu'il ne semble pas actuellement que les hormones puissent influencer de façon décisive le cours de la cicatrisation d'une fracture qui est largement sous la dépendance des fractures locaux. Les corticoïdes jouent un rôle défavorable sur la cicatrisation osseuse en inhibant la différenciation des cellules mésenchymateuses en ostéoblastes et en diminuant le taux de synthèse de la matrice protéique de l'os. À l'opposé, l'hormone de croissance semble être un stimulant puissant de la cicatrisation fracturaire. (**Autefage, 1992**)

**2-3-2-3-Alimentation :**

Une question est constamment posée : une supplémentation minérale essentiellement en calcium, ou l'apport d'autres éléments nutritionnels sont-ils à même d'accélérer la cicatrisation des fractures ?? Il apparaît clairement au vue des travaux de (**Einhorn et al. ;1986**) que même en l'absence d'apport protéique ou calcique, la consolidation d'une fracture peut survenir, l'organisme puisant dans les autres tissus les éléments nécessaires aux premières phases de la réparation osseuse. Cependant, la solidité de la cal en sera diminuée. Il ressort de cette étude qu'un apport équilibré en protéines et en minéraux est indispensable pour une bonne consolidation des fractures.

En revanche une supplémentation ne joue aucun rôle chez un individu normal. (**Einhorn et al. ;1986**)

# CHAPITE III

LES FRACTURES

### **3-Fracture :**

#### **3-1-Définition :**

Une fracture est une solution de continuité complète ou incomplète de l'os ou de cartilage. une fracture s'accompagne de lésions plus ou moins graves des tissus mous environnants, notamment des vaisseaux sanguins, et de troubles fonctionnels de 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. (**Brinker et al, 1994**).

#### **3-2-Classification des fractures :**

Il existe de nombreux systèmes de classification qui sont tous utiles pour la description des fractures. Ces systèmes se basent sur :

- Les causes.
- L'existence d'une plaie externe communiquant avec le foyer de fracture.
- L'étendue des lésions.
- La direction et la localisation de trait de fracture.
- La stabilité de la fracture après réduction (**Brinker et al, 1994**)

#### **3-2-1-Les causes :**

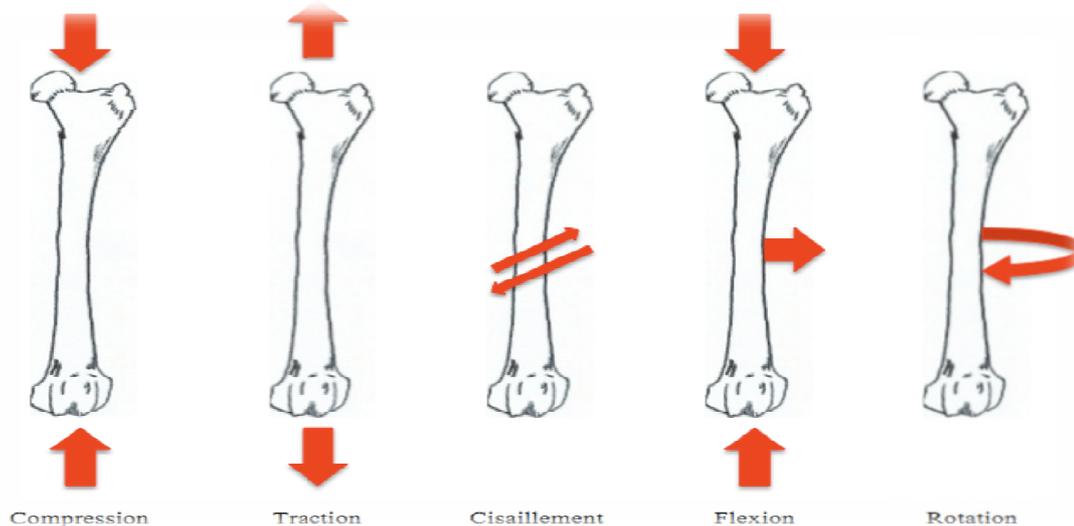
##### **3-2-1-1-Traumatisme direct :**

Les statistiques indiquent qu'au moins 75 à 80 % des fractures sont provoquées par des automobiles ou autres engins motorisés.

##### **3-2-1-2-Traumatisme indirect :**

Les forces sont transmises à travers l'os ou les muscles jusqu'en un point éloigné ou se produire la fracture ;(par exemple, fracture du col du fémur, arrachement de la tubérosité tibiale, fracture des condyles de l'humérus ou du fémur).

La contrainte appliquée au lieu de fracture peut alors se décomposer en 5 forces de proportions variables : la compression, la traction, le cisaillement, la flexion et la rotation (**Brinker et al, 1994**)



**Figure N°15 : Les différentes forces pouvant s'appliquer sur un os (d'après Brinker et al;1994)**

### 3-2-1-3- Affections osseuses :

Certaines affections osseuses entraînent la destruction de l'os ou une fragilisation de celui-ci à un point tel qu'un traumatisme banal peut provoquer une fracture ;(par exemple, tumeurs de l'os ou troubles métaboliques atteignant l'os).

### 3-2-1-4- Mises à l'épreuve répétée :

Les fractures de fatigue se rencontrent le plus souvent chez les petits animaux, sur les os de pied ou de la main ;(par exemple, métacarpes ou métatarses chez les lévriers de course) (**Brinker et al. ;1994**)

### 3-2-2-Présence d'une plaie externe communicante avec le foyer de fracture :

**3-2-2-1- Fracture close :** Le foyer de fracture ne communique pas avec l'extérieur (**Brinker et al, 1994**).

**Remarque :** La plus part des fractures chez les petits mammifères sont des fractures fermées (**Bennet, 2013**).

**3-2-2-2- Fracture ouverte :** Le foyer de fracture communique avec l'extérieur .ce type de fracture est très exposé aux souillures et à l'infection, et la réparation est peut être retardée ou se trouve compliquée (**Brinker et al, 1994**).

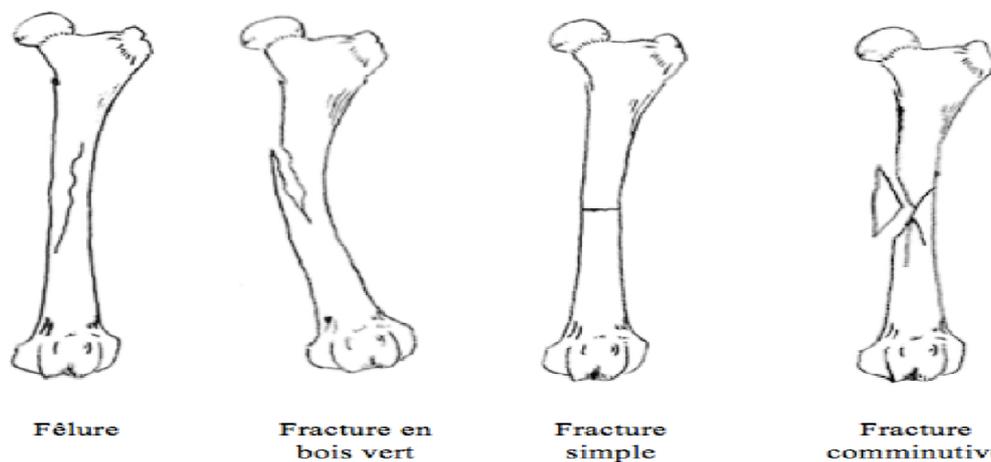
### **3-2-3-Etendue des lésions :**

**3-2-3-1- Fracture complète :** « Simple » il existe une division complète de l'os accompagnée généralement d'un déplacement important des fractures.

**3-2-3-2- Fracture en bois vert :** Un coté de l'os est brisé et l'autre coté est seulement plié. Ce type de fracture s'observe généralement chez les jeunes animaux en croissance. Le déplacement est très réduit et la réparation est rapide.

**3-2-3-3- Fêlure :** Une ou plusieurs fontes étroites, souvent orientées en spiral ou longitudinalement, divisent la corticale. Le périoste reste souvent intact.

**3-2-3-4- Fracture comminutive :** Elle présente un ou plusieurs fragments de taille moyenne totalement séparés des autres (**Brinker et al, 1994**).



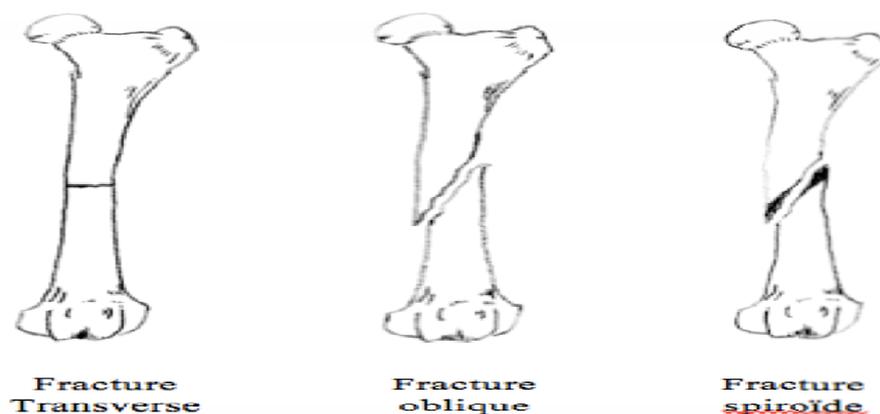
**Figure N°16: Les différentes étendues des lésions osseuses (d'après Brinker et al. ; 1994)**

**3-2-4- Direction et localisation de trait de fracture :****3-2-4-1- Direction du trait de fracture :**

**3-2-4-1-1- Fracture transversale :** le trait de fracture est perpendiculaire à l'axe de l'os.

**3-2-4-1-2- Fracture oblique :** le trait de fracture est oblique par rapport à l'axe longitudinal. En l'absence de l'immobilisation, les fragments tendent à glisser l'un sur l'autre en raison des contractures musculaires.

**3-2-4-1-3- Fracture spiroïde :** le trait de fracture est courbe. Les bouts ont tendance à glisser l'un sur l'autre ou à subir une rotation en l'absence d'immobilisation. (Brinker et al, 1994)



**Figure N°17: La direction du trait de fractures (d'après Brinker et al. ; 1994)**

Il est possible d'associer schématiquement le type de force s'appliquant sur l'os avec un dessin de fracture, comme le montre le tableau.

**Tableau 2 : Direction du trait de fracture en fonction de la force appliquée sur l'os (Harari, 2004)**

Type de force	Direction de trait de fracture
Compression	Oblique courte
Traction	Transverse
Cisaillement	Oblique courte
Flexion	Transverse ou oblique courte
Rotation	Spiroïde
Combinaison des forces	Fracture complexe, comminutive avec possible trait refend

### **3-2-4-2- Localisation du trait de fracture :**

**3-2-4-2-1-Fracture comminutive :** plusieurs traits de fracture font apparaître plusieurs fragments ou esquilles.

**3-2-4-2-2-Fracture multiple ou esquilleuse :** l'os est divisé en trois fragments, ou plus, par des traits de fractures non convergents.

**3-2-4-2-3-Fracture engrenée :** Les fragments osseux sont solidement enfoncés l'un dans l'autre.

**3-2-4-2-4-Fracture par arrachement :** Un fragment de l'os sur lequel s'insère un muscle, un tendon ou un ligament se détache sous l'action d'une traction puissante.

**3-2-4-2-5-Fracture épiphysaire :** La fracture ou la disjonction se produit au niveau du cartilage d'une épiphyse ou d'un cartilage d'accroissement. Ce type de fracture ne se produit que chez les jeunes animaux en croissance.

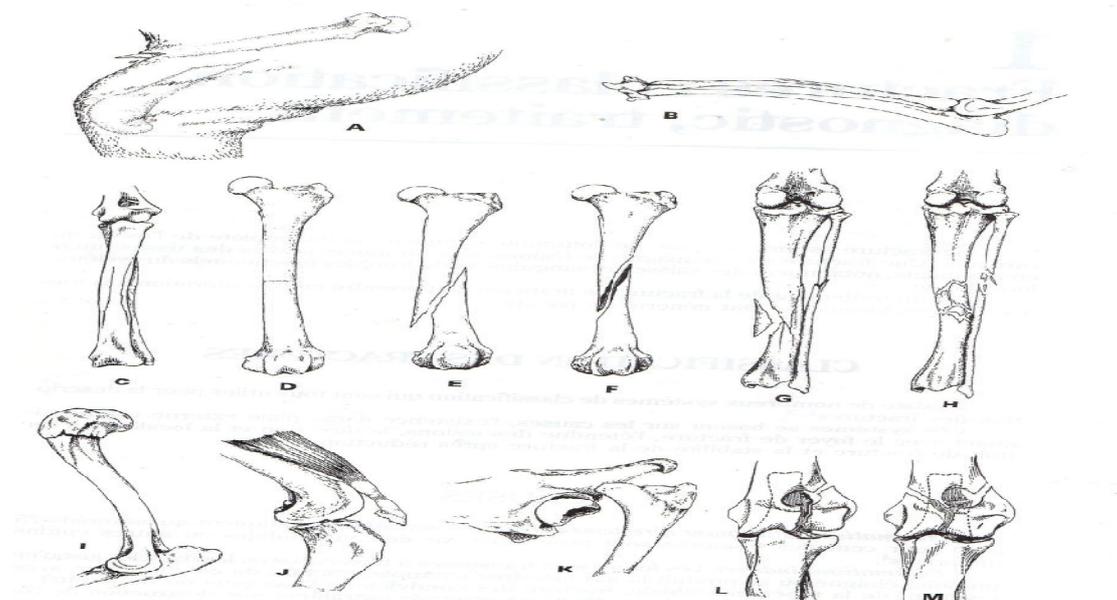
**3-2-4-2-6- Fracture condylienne ou unicondylienne :** Le trait de fracture traverse un condyle (par exemple, humérus, fémur).

**3-2-4-2-7- Fracture bicondylienne :** Il existe au moins trois fragments : un trait de fracture sépare les condyles ; un autre trait se situe entre les condyles et la diaphyse (**Brinker et al.; 1994**).

### 3-2-5- Stabilité après réduction :

**3-2-5-1-Fracture stable :** Les fragments s'engrènent et résistent aux forces de raccourcissement (par exemple, fractures engrenées ou en bois vert). Le but principal de l'immobilisation est d'empêcher une déformation par angulation.

**3-2-5-2-Fracture instable :** Les fragments ne s'engrènent pas et glissent l'un sur l'autre, d'où un chevauchement (par exemple, fractures obliques, spiroïdes ou multiples). Une mobilisation est nécessaire pour l'alignement, et prévenir une rotation (**Brinker et al.; 1994**).



**Figure N°18 : Direction et localisation du trait de fracture (Brinker et al. ; 1994)**

**A.** Fracture ouverte, **B.** Fracture en bois vert, **C.** Fêlure, **D.** Fracture transversale, **E.** Fracture oblique, **F.** Fracture spiroïde, **G.** Fracture comminutive, **H.** Fracture multiple, **I.** Fracture engrenée, **J.** Fracture épiphysaire, **K.** Fracture d'arrachement, **L.** Fracture unicondylienne, **M.** Fracture bicondylienne.

### **3-3- Complications des fractures :**

Les complications des fractures sont diverses parmi les on site :

#### **3-3-1- Retard de consolidation :**

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

#### **3-3-2- Non-union :**

La non-union est un état fracturaire pour lequel toute activité ostéogénique a cessé et pour lequel la continuité osseuse n'a pas été rétablie, caractérisée par la présence d'une pseudarthrose dans le site de fracture. La non-union hypertrophique provient lorsque le tissu fibrocartilagineux persiste plusieurs mois, et quand il ya pas formation d'une cal osseux .Elle a lieu lorsque la fracture est associée avec des dommages des tissus mous, si elle n'est plus bien stabilisée ou lorsque qu'il y a un large espace interfragmentaire (Claes et al, 1997).

#### **3-3-3- Cal vicieux :**

Les cals vicieux sont provoqués par une mauvaise consolidation du foyer de fracture aboutit a une malformation structurale.ces cals peuvent être de 3 types :

- Cal vicieux exubérant ou hypertrophique, de dimensions normales.
- Cal vicieux diaphysaire.
- Cal vicieux épiphysaire ou articulaire.

Ces 2 derniers justiciables d'une correction chirurgicale par suite des troubles fonctionnels et de retentissement sur les articulations voisines qu'ils provoquent (Feron, 2000).

#### **3-3-4- Ostéomyélite :**

L'ostéomyélite ou ostéite peut être définie comme une inflammation de l'os atteignant les espaces de Havers, les canaux de Volkmann et généralement la cavité

médullaire et le périoste (**Brinker et al,1994**).l'inflammation et les infections de la cavité médullaire, du cortex et du périoste de l'os sont le plus fréquemment associées à des bactéries, dues à l'ischémie, un traumatisme, une inflammation locale, une nécrose osseuse ou hématogène (**Kahn et al,2008**).

#### **3-3-5- Lâchages et rupture des implants :**

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

# CHAPITRE IV

## LE DIAGNOSTIC DES FRACTURES

#### **4-1-Anamnèse :**

Concernant l'anamnèse, il faut rechercher la survenue de traumatisme, d'une chute. la fracture doit faire partie du diagnostic différentiel si l'animal est laissé en liberté sans surveillance.

#### **4-2-Examen clinique :**

L'examen clinique comporte une observation à distance, un examen en mouvement, une palpation sur animal debout et un examen sur animal couché. L'importance de ces explorations est à adapter au stress et à la douleur de l'animal **(Brinker et al ; 1994)**.

#### **4-3-Imagerie médicale :**

Pour obtenir un diagnostic de certitude et pouvoir décrire précisément la fracture, des examens d'imagerie sont alors indiqués : on réalise une radiographie selon deux incidences perpendiculaires (face et profil) du membre suspect **(Krautwald –Junghanns et al. ;2011)**. Elle permet de visualiser la structure osseuse, la position de la fracture, les facteurs de complication potentiels ainsi que le diamètre et la longueur de l'os, essentiels au choix de la meilleure méthode de réduction et de fixation de la fracture et de la taille de l'implant à utiliser. **(Rich, 2002)**

Après accord éclairé de propriétaire, une sédation voire une anesthésie générale de courte durée à l'isoflurane ou au sevoflurane dite « anesthésie flash » lors de l'examen radiographique est conseillée pour limiter le stress et le risque d'aggravation de la fracture dû aux mouvements de l'animal. **(Brinker et al. ;1994 ; Capello,1998)**

##### **4-3-1- Radiographie osseuse :**

La radiologie et l'imagerie connaît un développement considérable depuis plusieurs années, elle s'impose progressivement comme véritable carrefour dans la plupart des disciplines cliniques et chirurgicales **(Adamsbaum et al. ; 2010)**

##### **4-3-1-1- Définition :**

La radiographie, réalisée à partir des rayons x, est la plus ancienne et la plus utilisée des formes d'imagerie médicale, découverts il y a plus de cent ans, les rayons x peuvent produire des images diagnostiques du corps sur pellicule ou numériquement sur écran d'ordinateur. L'imagerie par radiographie est la méthode la plus rapide et la

plus facile pour un médecin de voir et d'évaluer les os fracturés comme les fractures du crâne, les fractures des membres et les blessures à la colonne vertébrale. On prend au moins deux radiographies (sous différents angles) et souvent trois si le problème implique une articulation. Les rayons x jouent aussi un rôle clé pour guider la chirurgie orthopédique (**Hertrich ; 2005**).

La radiographie numérique recouvre entièrement le domaine de la radiographie conventionnelle en ajoutant les applications en temps réel, le traitement et l'interprétation des images réalisées en direct par un opérateur (**Cofrend ; 2012**).

#### **4-3-1-2- Définition de la densité, l'opacité et le contraste :**

La densité osseuse dépend de l'importance de l'écran minéral, c'est-à-dire bien de la dimension du volume osseux dans l'axe ou l'aborde le rayonnement, que de son degré global d'imprégnation par les sels phosphocalciques (**Trial et al. ; 1979**)

L'opacité radiographique est la mesure du noircissement du film provoqué par les rayons x. Après son développement, le film apparaît noir aux endroits atteints par les rayons. Si le rayon x ne peut pas atteindre une partie du film, cette zone apparaît blanche après le développement. L'opacité radiographique dépend donc de la densité de la matière ; plus celle-ci est importante moins il y aura de radiations atteignant le film (**Kealy et Allister ; 2004**).

Le contraste représente la différence entre les plages noires et les plages blanches sur le cliché. Il dépend des conditions techniques de prise du cliché et de l'acuité visuelle de l'observateur. (**Monnier ; 1982**)

# CHAPITRE V

## LE TRAITEMENT DES FRACTURES

## **5. Traitement des fractures :**

### **5-1.Réduction des fractures :**

La réduction d'une fracture désigne le procédé visant à ramener les fragments osseux dans leur position initiale.les fractures peuvent être réduites à foyer fermé avec traction et manipulation des fragments osseux ou par réduction sanglante (foyer ouvert) et reconstitution visuelle directe de l'os. On peut comparer les os les muscles qui s'y insèrent à un system de leviers sur lesquels des ressorts sont attachés idéals, est une réduction anatomique des fragments osseux qui confère au foyer une stabilité maximale après mise en place du système de fixation (**Brinker et al.; 1994**)

#### **5-1-1-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 est idéale si la réduction peut être obtenue puis maintenue avec un minimum de lésions des tissus mous. Elle est habituellement réservée aux fractures récentes, à certaines fractures stables et aux animaux dont les os peuvent être aisément palpés (chats, petits chiens). (**Brinker et al. ; 1994**)

Cette réduction doit être tentée dès que l'état du patient permet l'anesthésie générale car tout regard augmente les spasmes et les contractures musculaires ainsi que la difficulté de réduction de la fracture. (**Brinker et al. ; 1994**).

##### **5-1-1-1-Méthodes de réduction à foyer fermé :**

Voici quelques méthodes recommandées :

**1-**Application d'une extension, d'une contre- extension et d'une translation.

**2-**Application d'une extension, d'une contre- extension et d'une angulation.

**3-**Utilisation du poids de l'animal pour réaliser la traction et la contre- extension et fatiguer les muscles spasmes.10 à 30mn peuvent être nécessaires pour fatiguer les muscles de façon à permettre la manipulation et la réduction de la fracture.

4-Utilisation de l'extenseur de gordon.la fatigue de muscles et leur relâchement s'obtiennent le mieux en augmentant progressivement la traction sur une période de 10 à 30mn (**Brinker et al. ;1994**)

#### 5-1-2-Réduction sanglante :

La réduction sanglante est la méthode de choix dans de nombreux cas.la réduction des fragments osseux se fait sous vision directe et l'on applique généralement un type donné de fixation interne pour les maintenir en position.

Le chirurgien doit s'efforcer en permanence d'améliorer sa technique de manipulation des tissus mous.les points essentiels à observer sont les suivants :

1- Etre doux et efficace.

2-Obtenir une hémostase stricte.

3-Respecter les plans de clivage naturel entre les muscles et les fascias.

4-S'il faut léser un muscle pour permettre l'abord, intervenir près de l'origine musculaire ou de l'insertion pour limiter le traumatisme et l'hémorragie faciliter la fermeture et minimiser la perte de fonction musculaire.

5-Connaitre la localisation des principaux vaisseaux et nerfs, les identifier et travailler autour.

6-Eviter d'exercer des tractions excessives sur les nerfs, ce qui peut entrainer des lésions temporaires ou définitives.

7-Préserver les insertions des tissus mous sur les fragments osseux lors des manoeuvre d'abord, de réduction et de fixation.

8-Préférer l'aspiration au séchage à la compresse pou limiter les lésions des tissus mous.

9-Si nécessaire tamponner avec des compresses humides pour nettoyer la zone opératoire. Eviter de froter.

10-Irriguer copieusement pour éliminer les caillots sanguins et les débris (**Brinker et al. ; 1994**)

**5-1-2-1-Méthodes de réduction sanglante :**

Ce qui suit est présenté à titre de suggestion :

1-Application d'un effet de levier exercé par un instrument tel qu'un ostéotome, un manche de crochet à ovariectomie ou un manche de bistouri.

2-Application d'une force directe au moyen de divers osseux sur un des fragments osseux ou plus.

3-Application directe d'une force sur les deux bouts.

4-Application directe d'une force sur les deux bouts associée à un effet de levier.

**Note :** Les fragments osseux doivent être manipulés avec précaution, car une force excessive peut provoquer une fragmentation supplémentaire. **(Brinker et al. ; 1994)**

**5-2- Immobilisation :**

L'immobilisation consiste à fixer les fragments osseux de façon à ce qu'ils restent immobiliser les uns par rapport aux autres pendant le processus de réparation. Le but est de stabiliser les fragments en position anatomique normale et d'empêcher leur déplacement (angulation ou rotation). **(Brinker et al.; 1994)**.

**5-2-1-Méthodes de l'immobilisation :**

Elles peuvent être classées de la manière suivante :

1- Contention du membre (plâtre, attelles, attelle de thomas).

2- Contention de l'os (enclouage centromédullaire, fixateur externe, plaque).

3- Compression (vis de traction, cerclage, cerclage interfragmentaire, haubanage, plaque de compression/en hauban).

**5-2-1-1- Contention provisoire (du membre) :**

L'immobilisation est obtenue le plus souvent par un bondage plâtré appliqué sur un bondage tubulaire, en jersey ou réalisé par une bande de Velpeau, ou une immobilisation avec une attelle, les plus pratiques sont formés par une gouttière en

aluminium et doivent être mise en place sur épais bandage en coton cadré pour éviter toute compression localisée (**morillon et al. ; 2007**).

### **5-2-1-2-Attelles et plâtres :**

Ce traitement a pour principe de base d'immobiliser l'articulation située au-dessus de la fracture et toutes les articulations situées en dessous. Utilisés seuls, ces dispositifs agissent essentiellement comme contention du membre.

Ces dispositifs peuvent être utilisés pour :

1-Les fractures situées au- dessous du coude ou de grasset et celles de la queue et des cotes.

2-Les fractures stables.

3-En combinaison avec d'autres méthodes à titre d'immobilisation de complément.

4-A titre de contention provisoire. (**Brinker et al.; 1994**)

### **5-2-1-2-1-Attelle de thomas :**

Cette attelle polyvalente a été largement utilisée pour la fixation des fractures, elle est actuellement supplantée par les attelles et plâtres moulés.

Néanmoins elle reste intéressante pour ceux qui savent comment l'appliquer.

### **Indications :**

Fixation des articulations de coude, du grasset, du carpe, du tarse, du radius et de l'ulna, ou du tibia et de fibula. L'attelle de thomas peut être le système le plus efficace pour la fixation de l'articulation du grasset selon un angle fonctionnel.

## **5-3-Contention de l'os :**

### **5-3-1-Fixateurs externes :**

Les fixateurs externes sont des moyens de stabilisation des fractures et des articulations en utilisant une fixation percutanée par des broches qui pénètrent à l'intérieur de l'os cortical et sont connectés à l'extérieur par des barres, il fournit une

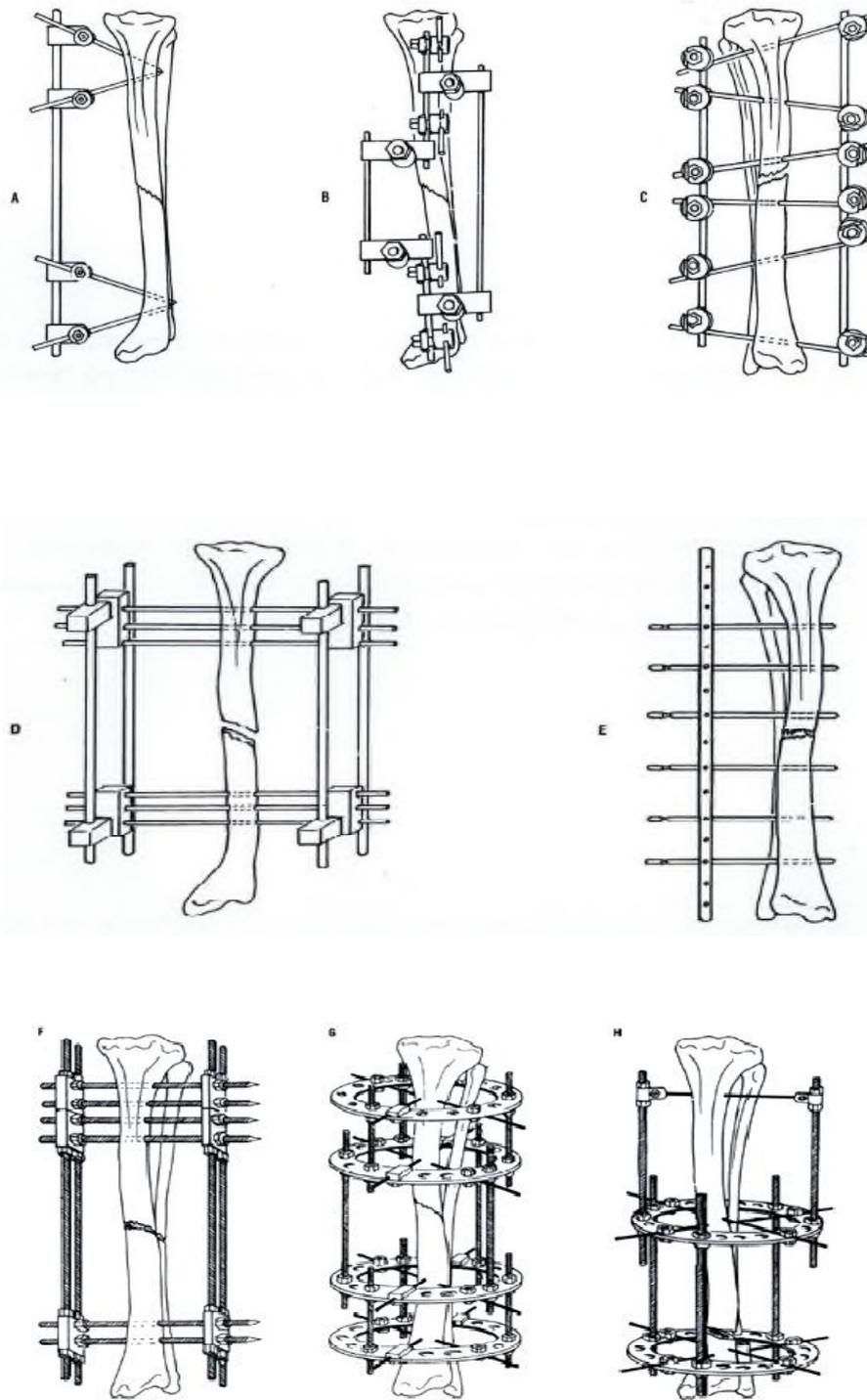
fixation stable des fragments sans dommages des tissus mous et sans mobilisation de l'articulation adjacente (**Egger, 1991**).

La théorie est souvent mal comprise ; biomécaniquement il est connu qu'il est préférable d'avoir un montage stable mais pas trop rigide pour favoriser la cal périosté. Ceci n'est valable que pour les fractures ouvertes (**Patrick Herard, 2008**).

**NB :** Il est possible d'utiliser le fixateur externe en ajoutant d'autres techniques : enclouage centromédullaire, du fémur notamment, afin d'éviter la rotation des abouts ; mise en décharge des sutures du tendon d'Achille rompu. (**Maynard J.A, 1993**).

Les principaux fixateurs selon Maynard ; 1993 sont :

- Le fixateur de Stader Ehmer : trop lourd est actuellement abandonné
- L'appareil de Kirchner-Ehmer (Figure N° IV-15-A et B) ;
- Jam (Figure N° IV-15-C);
- Hoffmann-Vidal (Figure N°IV-15-D) ;
- Luera-Tarrage (Figure N° IV-15-E) ;
- Luera-Tarrage (Figure N° IV-15-F) ;
- Illizarov (Figure N° IV-15-G);
- Latte (Figure N° IV-15-H).



**Figure N°19 : Principaux types de fixateurs utilisables en chirurgie vétérinaire (d'après Maynard J.A 1993)**

**Principe de mise en place :**

Les règles suivantes doivent être respectées :

**1-**Utiliser une technique aseptique : cela inclut la préparation de l'opéré, du bloc opératoire, du matériel, du chirurgien et les soins post opératoires.

**2-**Choisir une face d'implantation osseuse correcte : le taux de complication peut être diminué en choisissant une face d'implantation des branches qui permette, après le passage de la peau, l'implantation directe dans l'os.

**3-**La fracture doit être réduite et la réduction maintenue au cours de la mise en place des broches.

**4-**Des moyens complémentaires doivent être employées si nécessaire.

**5-**Utiliser une méthode correcte d'implantation des broches : l'utilisation d'un mandrin à main ou d'une perceuse à vitesse de rotation lente (150 tours par minute ou moins) est souhaitable.

**6-** Insérer les broches selon un angle de 70° avec l'axe longitudinal de l'os.

**7-** Placer toutes les broches dans un même plan.

**8-**Insérer les broches aux endroits appropriés dans les fragments osseux.

**9-**Insérer deux à quatre broches dans chacun des fragments osseux principaux.

**10-**Choisir des broches de fixation et des barres de connexion de taille optimale.

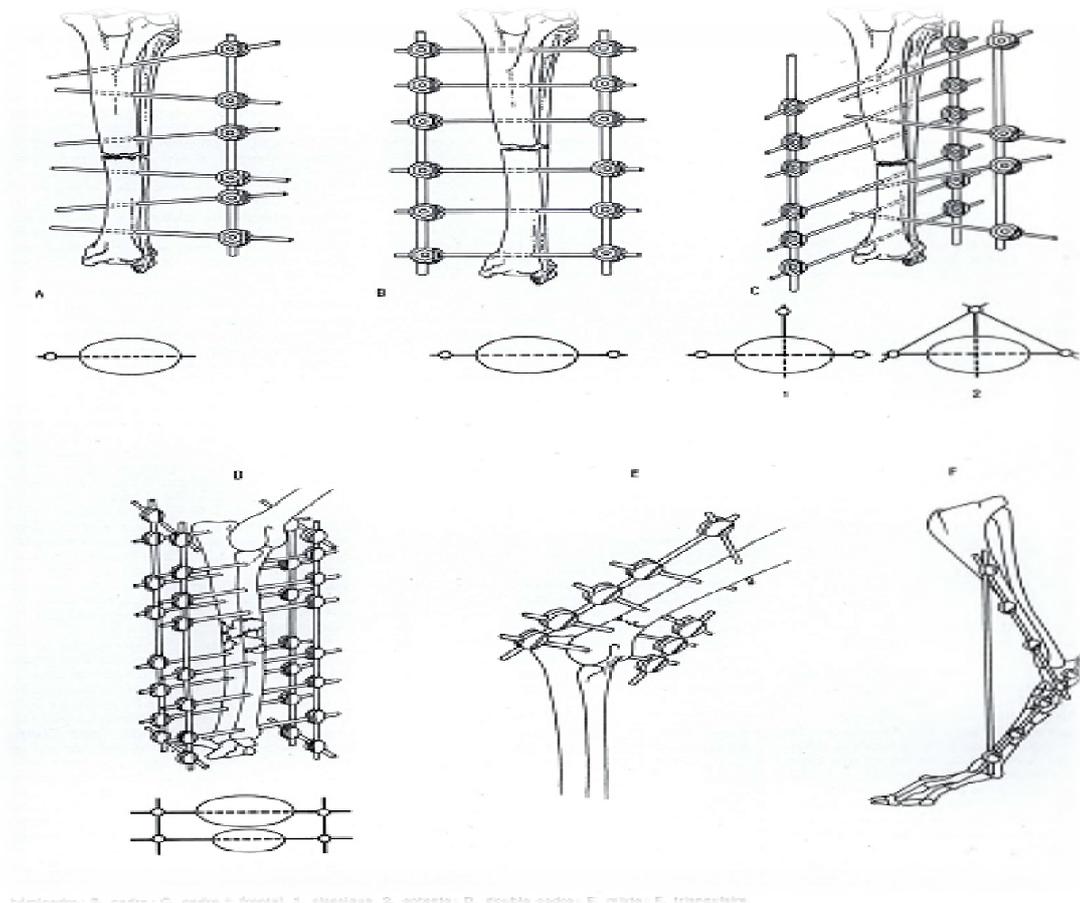
**11-**Implanter les broches dans les deux corticales osseuses.

**12-**Utiliser le montage le plus approprié.

**13-**Greffer les pertes de substance osseuse.

**14-**Placer les coaptateurs à une distance optimale de la peau.

**15-**Mettre en place des soins postopératoires appropriés. (**Brinker et al. ; 1994**)



**Figure N° 20 : Principaux montages réalisables (fixateurs jam Maynard J.A ; 1993)**

### **Contre-indication :**

Le jeune âge ne saurait considérer comme une contre- indication en raison de la faible résistance mécanique de l'os ou l'indocilité des opérés. (Maynard j-A ; 1993)

### **5-3-2-Enclouage centromédullaire :**

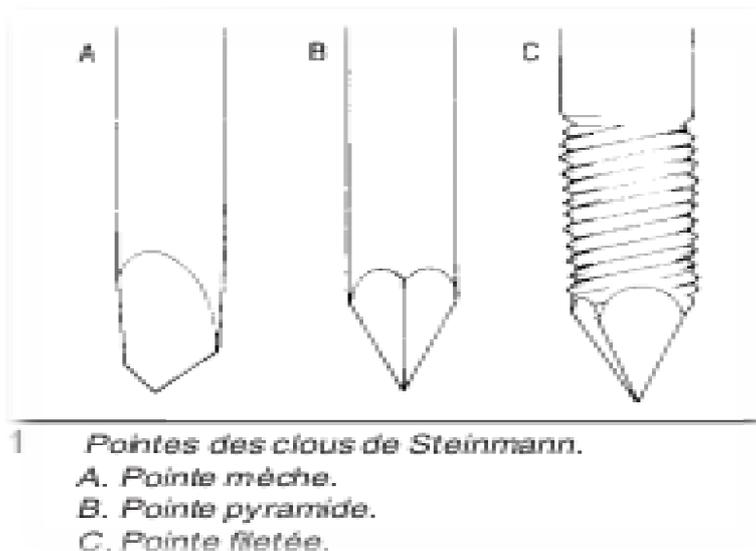
L'enclouage des os longs, technique simple et rapide de mise en œuvre, nécessite pendant un compromis judicieux dans le choix du matériel et de la technique d'enclouage pour obtenir un montage stable, néanmoins, face à la variabilité des os, de leur courbure et des fractures aux quelles nous sommes confrontés, la stabilité obtenue au moyen de cette technique d'alignement est souvent insuffisante, nécessitant le recours à des fixations complémentaires (1). Les systèmes de contention péri osseux que sont les cerclages représentent une méthode d'immobilisation

complémentaire simple et parfois satisfaisante. L'enclouage verrouillé vétérinaire, en limitant les facteurs d'instabilité de l'enclouage centromédullaire constitue une amélioration sensible de la technique de base de l'enclouage d'alignement et évite le recours aux moyens complémentaires de fixation parfois complexes ou fastidieux (Duhautois B ; 2000)

### Matériel :

Selon le diamètre et la rigidité, on distingue les broches et les clous. Leurs pointes (figure 21) simples ou doubles peuvent être de trois types :

- Mèche (deux arrêtes), moins inclinée à perforer la corticale opposée et à quitter la cavité médullaire ;
- Pyramide (trois arrêtes), pour pénétrer très facilement les corticales ;
- Filetée, dangereuse et peu efficace dans les enclouages centromédullaires.



**Figure 21 : Différentes pointes des clous de Steinmann**  
(Duhautois. B ; 2000)

### 5-3-2-1-Différents types de clous :

**A-Clou de Steinmann :** Section ronde, pointe pyramide, de diamètre 1,6 à 6 mm (respectivement 1/16 à 1/4 de pouce), utilisé pour l'enclouage centromédullaire classique. Si les clous de Steinmann, de section ronde, demeurent de loin les clous le

plus classiquement utilisés en orthopédie vétérinaire, d'autres, de section non ronde, ont été mis au point afin d'augmenter la stabilité du montage.

**B-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-Clou verrouillé (de Duhautois)** : Section ronde, pointe pyramide, de diamètre  $e4\text{à}10\text{mm}$ ; perforé à ses deux extrémités d'orifices permettant le passage de vis de verrouillage spécifiques qui le solidarisent à l'os ; se met en place au moyen d'un ancillaire adapté.

**D- 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- Clou de Rush**: A 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, 1/8, 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 B ;2000**)

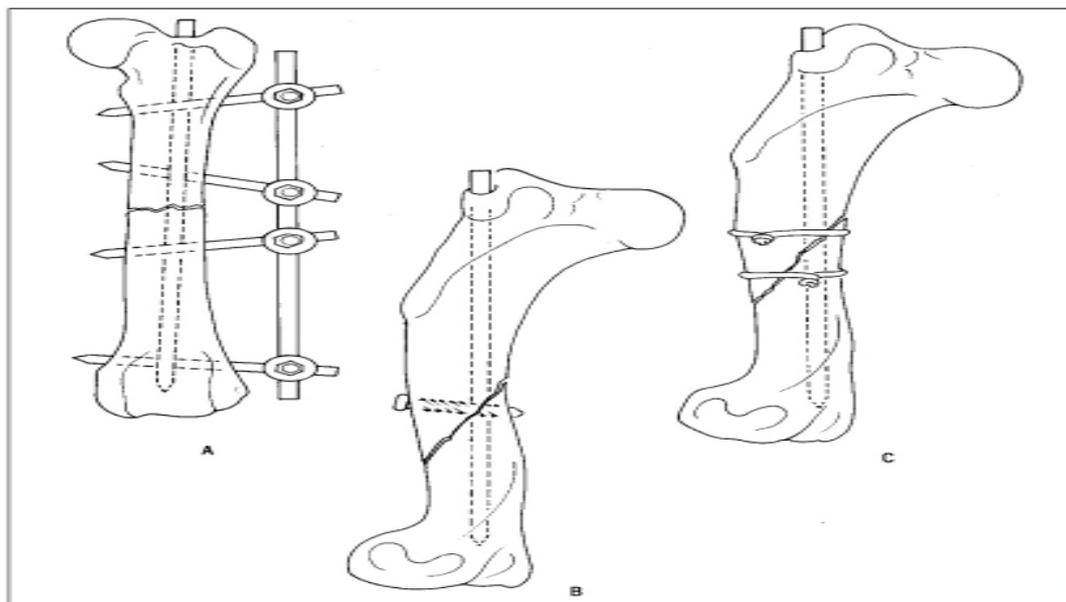
### **5-3-2-2-Broches :**

Ces cylindres d'acier chirurgical calibrés et polis ont un diamètre inférieur à 1,6 mm. Certains sont disponibles avec un talon arrondi à trois méplats pour une bonne tenue par les mandrins de perceuse. Les broches les plus utilisées en chirurgie vétérinaire sont les broches de Kirschner, dont les diamètres disponibles sont initialement de 0,8, 1,2 et 1,6 mm (respectivement 0,035, 0,045 et 0,062 pouces). D'autres broches de diamètres 1 et 1,5 mm existent également sur le marché vétérinaire (**Duhautois B ; 2000**)

**Principe de base:**

L'enclouage centromédullaire peut se faire à découvert ou à foyer fermé. Bien qu'elle diminue les risques d'infection et respecte la vascularisation résiduelle des abouts osseux, la méthode à foyer fermé n'est applicable qu'aux fractures stables et récentes des os longs facilement palpables. On utilise plus communément la méthode à découvert, qui présente les avantages de la précision de la réduction, du contrôle de la stabilité et permet de mettre en place des moyens complémentaires d'immobilisation (figure 22).

Outre le strict respect des principes de base communs à toute chirurgie, le succès d'un enclouage exige, comme tout traitement orthopédique, une réduction anatomique précise ainsi qu'une stabilité axiale (au cisaillement, à la translation), en flexion et en rotation. La stabilité axiale et en flexion nécessite l'implantation solide des clous dans l'os spongieux proximal et distal et un contact étroit de l'implant avec la corticale interne au niveau du foyer de fracture. La capacité de neutralisation des contraintes de cisaillement dans le cas des fractures transverses ou de télescopage dans les fractures obliques ou spiroïdes est proportionnelle, d'une part, à l'implantation solide des deux extrémités du clou et, d'autre part, à l'adéquation du diamètre du clou à celui de la cavité médullaire au lieu du foyer de fracture.



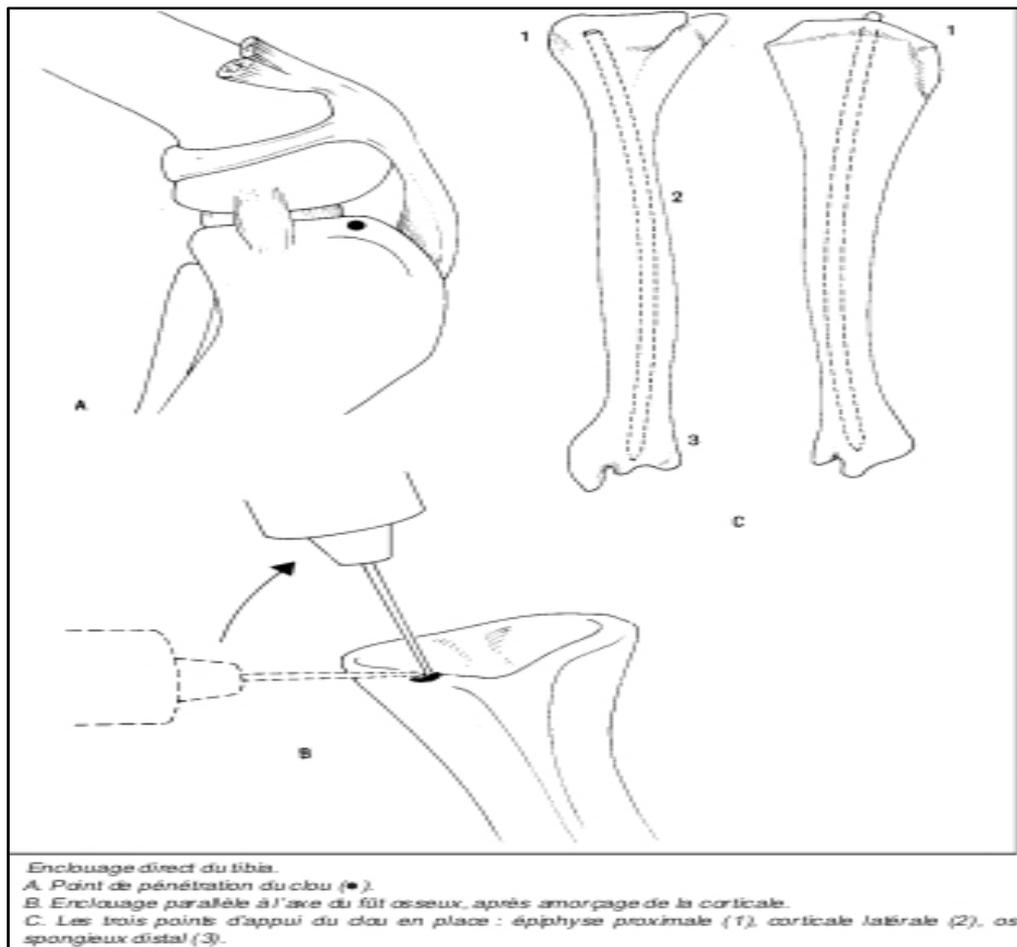
**2** Compléments de l'enclouage. Un certain nombre de techniques complémentaires doivent parfois être utilisées pour améliorer la stabilité de l'enclouage centromédullaire classique utilisé seul.  
 A. Fixation ou hémifixation externe (action antirotatoire).  
 B. Vis de traction (action anticompressive dans les fractures obliques).  
 C. Cerdages ou hémicerdages (action anticompressive dans les fractures obliques).

**Figure N° 22 : Compléments de l'enclouage centromédullaires (Duhautois B ; 2000)**

**5-3-2-3-Techniques chirurgicales :****5-3-2-3-1-Enclouage centromédullaire classique par clou de Steinmann :**

Il peut se faire de façon directe ou indirecte.

– **Enclouage direct (ou normograde) :** Le clou ne subit qu'une translation dans le sens proximodistal (enclouage direct centrifuge cas de l'enclouage du tibia) ou dans le sens distoproximal (enclouage direct centripète) ;

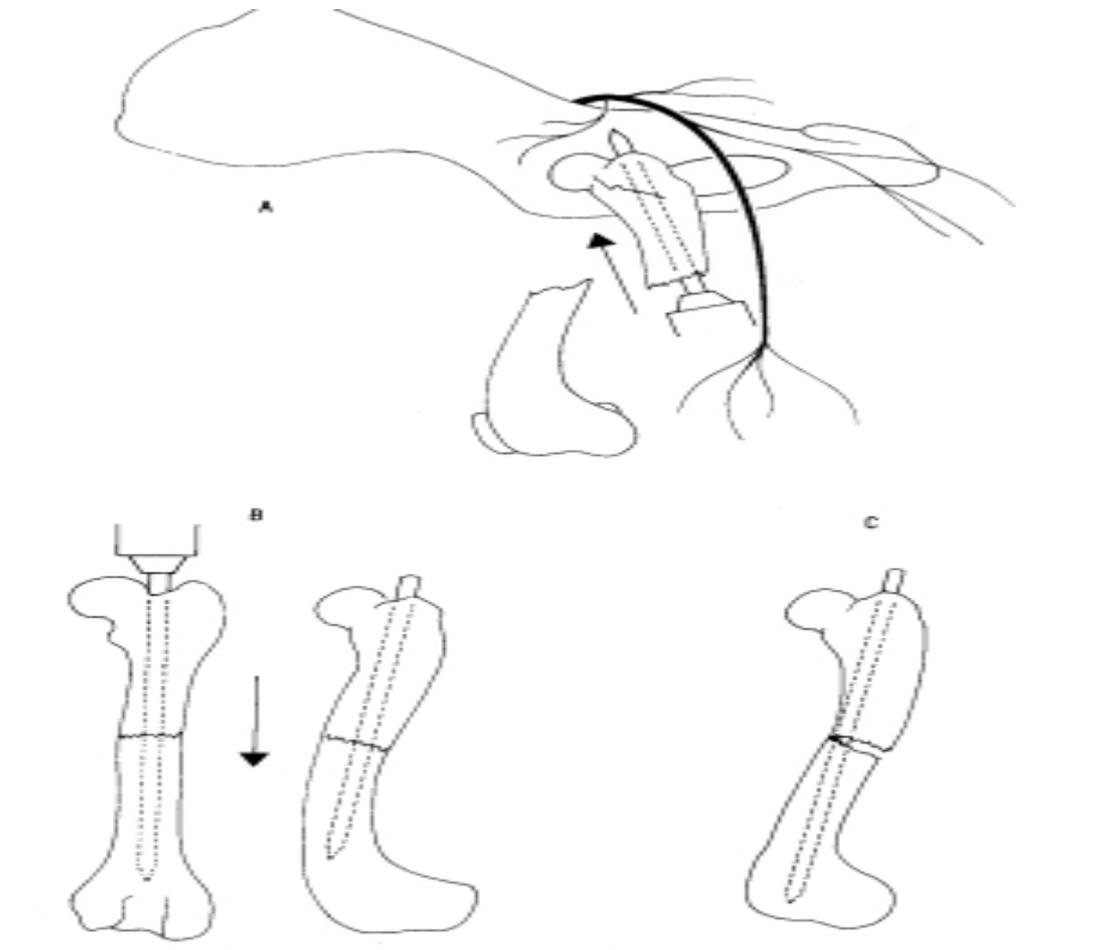


**Figure N°23 : L'enclouage centromédullaire normograde de tibia (Sinibaldi KR ; 1988).**

**5-3-2-3-2- Enclouage indirect (ou rétrograde) :**

Le clou subit deux translations successives, de sens opposés, du foyer de fracture vers l'une des épiphyses, puis vers l'autre fragment ; ce mode d'enclouage, couramment utilisé dans les fractures fémorales ou humérales est fortement

déconseillé dans les fractures diaphysaires du tibia en raison des risques de destruction de l'articulation du genou.



*Enclouage rétrograde du fémur.*

*A. Le clou est enfoncé de façon rétrograde pour ressortir par la fosse trochantérienne ; le fragment proximal est porté en adduction et en extension pour ne pas léser le nerf sciatique.  
B. Le mandrin est positionné sur l'extrémité supérieure du clou, la fracture réduite et le clou poussé dans le fragment distal, le long de sa corticale postérieure, jusqu'à ancrage dans l'os spongieux.  
C. Le fragment distal doit parfois être porté en avant afin de pouvoir y ancrer solidement le clou et d'éviter de traverser la trochlée fémorale.*

**Figure N°24 : Enclouage rétrograde du fémur (Stoloff, D ; 1988)**

### 5-3-3– Vis osseuses :

Les vis osseuses sont de deux types : vis à os spongieux et vis à corticale. Les premiers sont utilisées pour comprimer les fragments de l'os épiphysaire et métaphysaire. Ces vis peuvent être filetées complètement ou partiellement, leurs filetage est très profond et relativement grand. Les vis à corticale s'utilisent principalement dans l'os diaphysaire. Elles sont complètement filetées. Les vis sont indiquées dans les cas suivants : (d'après Brinker et al. ; 1994).

**A-Immobilisation initiale de certaines fractures :**

Ces fractures se situent généralement en région métaphysaire ou articulaire de l'os ou non en région diaphysaire. Pour réaliser une compression interfragmentaire, on met en place des vis à os spongieux de façon telle que leur filetage ne croit pas le trait de fracture. (**Brinker et al, 1948**).

**B-Compression interfragmentaire :**

Une vis à cortical provoque une compression interfragmentaire . Si l'on fore dans la corticale superficielle un trou plus grand d'un diamètre égal à celui de l'axe de la vis et traudé de façon telle que le filetage de la vis morde à la mise en place de celle-ci.

Le serrage de la vis permet de comprimer les corticales l'un cotre l'autre. On n'utilise toujours d'une plaque, d'un clou ou d'un fixateur externe. ( **Brinker et al, 1994**).

**C-Aide à la réduction et immobilisation complémentaire :**

Dans les fractures obliques longues, les fractures spiroïdes ou les fractures multiples de la diaphyse, on peut utiliser des vis à corticale exerçant une action de compression interfragmentaire à titre d'aide à la réduction et à l'immobilisation complémentaire. Chaque fois que possible, il faut utiliser les vis de compression interfragmentaire et aider à la réduction et assurer une immobilisation supplémentaire. (**Brinker et al. ; 1994**).

**5-3-4- Plaques vissées :**

Un des objectifs essentiels du traitement des fractures est une récupération fonctionnelle totale et précoce du membre blessé. Les plaques sont idéales pour réaliser ces objectifs car, lorsqu'elles sont correctement mises en place, elles permettent de fournir à l'os fracturé et reconstruit une stabilité stricte (**Brinker et al. ; 1994**)

**Les indications :**

Les plaques osseuses conviennent dans les situations suivantes :

- Elles peuvent être adaptées à la plupart des fractures des os longs.
- Elles conviennent particulièrement pour les fractures multiples et complexes.
- Elles sont particulièrement efficaces dans les fractures chez les grands chiens (**Brinker et al. ; 1994**).

**Matériel :**

Les implants utilisés à l'heure actuelle en médecine vétérinaire sont principalement en acier inoxydable. Ces implants sont de différents types classables en fonction de leur taille, de leur forme, de l'implantation de s vis, du type de vis utilisée, de leur positionnement osseux... On distingue deux types d'implants :

- Les maxi-plaques dites rigides ; les mini-plaques, miniaturisées dites semi-rigides

**5-3-4-1-1- Les maxi plaques :**

Il s'agit des principales plaques utilisées en médecine vétérinaire. Elles sont directement dérivées du matériel mis au point pour les os longs par l'AO/ASIF (schweizersche Arbeitsgeme inschaftfür Osteosynthesefragen / Swiss Association for the Study of Internal Fixation), Epaissees d'au moins 2 mm, elles sont mises en place sur le bord basilaire et nécessitent des vis de 2.7 mm voire de 3.5, à ancrage bi cortical.

Il existe principalement deux types de maxi-plaques :

**5-3-4-1-2-Les plaques de reconstruction :**

Les plaques de reconstruction sont épaisses (2,7 à 3,2 mm). Cependant, leur configuration leur perm et d'être facilement modelées dans les différents plans de l'espace, notamment, elles peuvent être modelées sur leur champ. Ces plaques peuvent être sectionnées de manière à ne conserver que trois vis de part et d'autre du trait de fracture voire quatre lors de perte de substance. (Egger ; 1993).



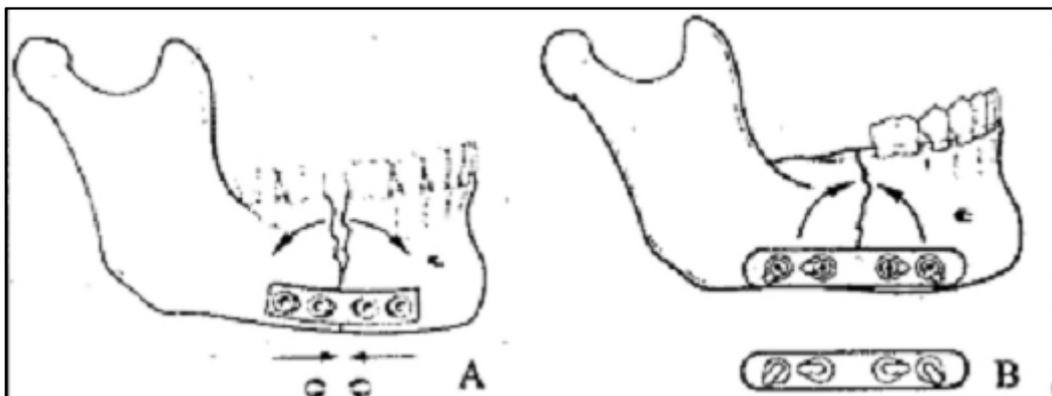
**Figure N° 25 : Plaque de reconstruction en position ventrale sur une mandibule de chien. (Photo Hennet, 1993)**

### 5-3-4-1-3-Les plaques à compression dynamique interfragmentaire :

La configuration des trous des plaques à compression dynamique interfragmentaire permet d'obtenir une compression des abouts osseux et ainsi une cicatrisation par l'intermédiaire d'une cal primaire. (Greenberg ;1993) On en distingue trois :

**A- DCP (Dynamic Compression Plate) :** première plaque de compression mise au point, elle peut être utilisée en association avec un cerclage interdentaire (cf. figure 30). Il s'agit de la principale plaque à compression Dynamic que utilisée chez l'animal, pour traiter les fractures du squelette. (Gola et Cheynet ; 1994)

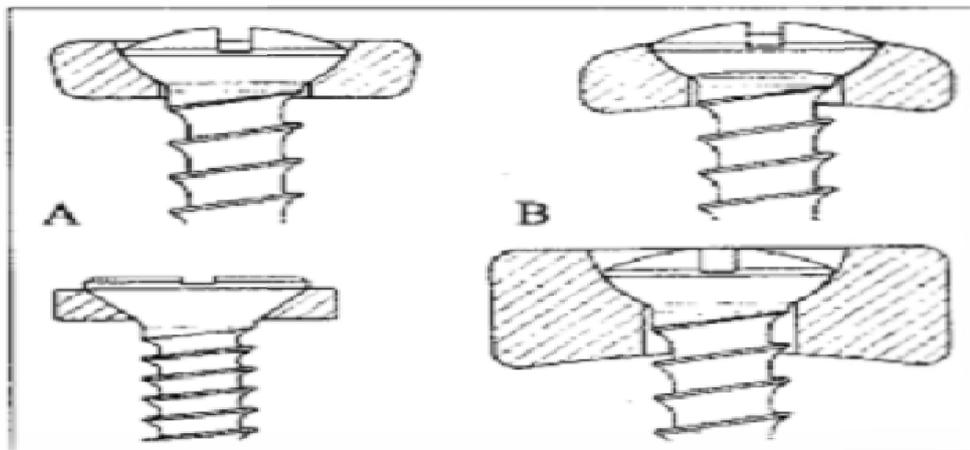
**B-EDCP (Eccentric Dynamic Compression Plate) :** construite selon le même principe. Son épaisseur est de 2 mm. L'orientation des deux trous extérieurs permet d'obtenir une compression. (Gola et Cheynet ; 1994).



A - DCP, compression simple, écartement sur la face de tension ; B - EDCP, compression sur le bord opposé à celui sur lequel est posée la plaque D'après (Gola et Cheynet ,1994)

**Figure N° 26: Plaques de compression dynamique.**

**C- LC-EDCP (Limited Contact Dynamic Compression Plate) :** développée pour pallier l'ostéoporose qui peut survenir sous les plaques classiques présentant sur une grande surface un contact étroit avec la corticale. Réalisée en titane, son épaisseur est réduite (1,65 mm). Les vis utilisées sont autotaraudeuses, de diamètre 2,4 mm. Elles peuvent être implantées avec une angulation de 40° dans toutes les directions. La compression ainsi obtenue est bidirectionnelle. (Figure 27)



A – standard ; B - LC-DCP, l'aspect incurvé de la plaque limitant le contact de celle-ci avec la corticale. D'après (Greenberg ;1993)

**Figure N° 27: Coupe transversale de plaques de compression.**

#### **5-3-4-1-4-Les mini-plaques :**

D'épaisseur réduite (environ 1 mm), ces mini-plaques offrent une rigidité optimale pour un volume minimal. Malléables à la main, elles s'adaptent parfaitement à la mâchoire. Elles sont droites, courbes ou adoptent des formes multiples T, Y, X, L, H... De nombreux systèmes d'ostéosynthèse existent dans le commerce.

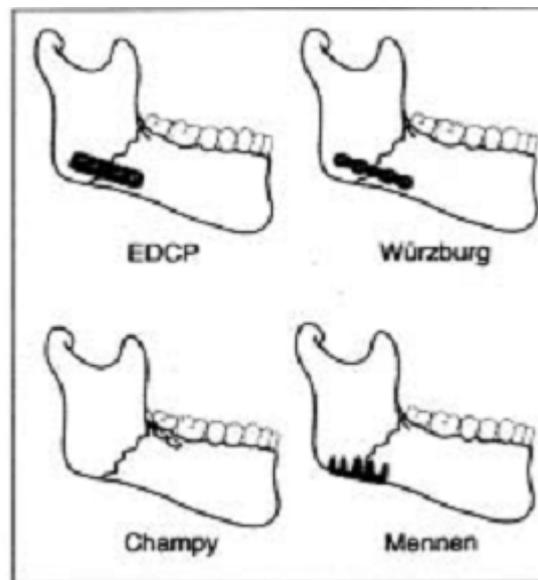
#### **A- Les mini-plaques AO :**

Développées par l'Association pour l'Ostéosynthèse, ces plaques sont commercialisées en titane ou en acier inoxydable. Il existe des plaques droites permettant une compression et des plaques en L, T, H... non-compressives. (Gola et Cheynet ; 1994)

#### **B- Les plaques de Champy et leurs dérivées :**

Les plaques sont miniaturisées, plus minces et plus étroites que celles existant déjà sur le marché. Leur malléabilité est suffisante pour que le modelage soit aisé sans toute fois leur faire perdre de la solidité. Elles étaient constituées, à l'origine, d'un alliage de chrome, nickel et molybdène, aujourd'hui, elles sont en titane T40. Leur épaisseur a alors pu être diminuée : 2.0 mm d'épaisseur pour les plaques commercialisées par Würzburg (Freiburg, Germany), 0.9 mm pour les plaques de Martin (Tuttlingen, Germany). Les vis employées sont cylindriques, autotaraudeuses,

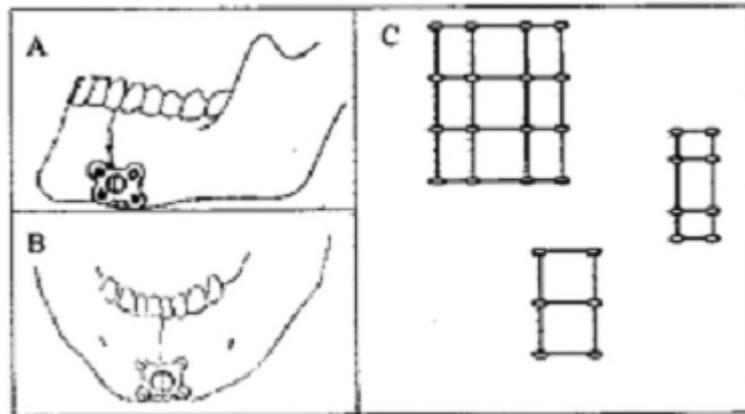
à ancrage monocortical. Leur diamètre est faible (1 mm) (cf. figure 26). (Shetty et al.; 1995), (Schortinghuis et al. ; 1999)



**Figure N° 28 : Exemples de différents types de plaques utilisées chez l'homme lors de fracture de l'angle de la mandibule. D'après (Shetty et al. ; 1995)**

#### **5-3-4-1-5-Les plaques tridimensionnelles :**

Il s'agit de plaques carrées ou rectangulaires comportant 2x2, 3x2, 4x2, 4x4 ou 6x4 trous (cf. figure 33). Leur épaisseur varie de 0.5 à 1 mm. Elles sont malléables et peuvent être prédécoupées permettant ainsi tous les arrangements géométriques possibles. Les vis sont autotaraudeuses à appui monocortical, de diamètre 1 à 2 mm. La résistance aux contraintes de torsion de ces plaques est importante ce qui leur confère une plus grande efficacité que les plaques de Champy lors de fractures symphysaires. (Farmand et Dupoirieux (1992), Gola et al. (1996), Huckel (1996), Lambotte (1913))



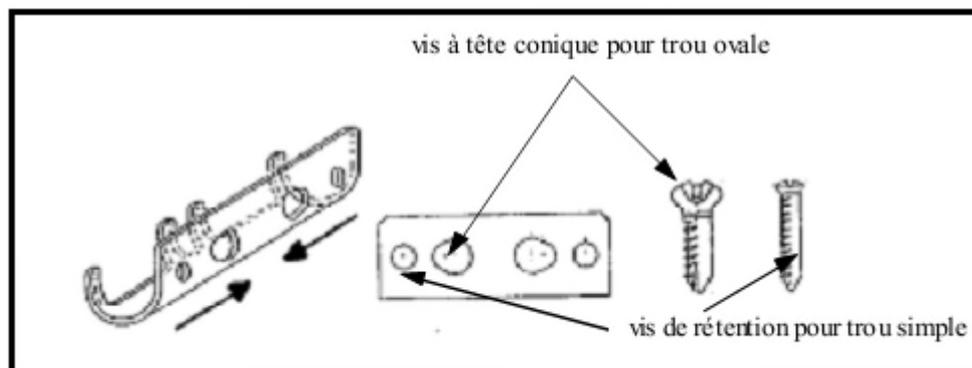
A et B - technique de Lambotte mise au point en 1913, C - plaque de Farmant actuelles.

**Figure N° 29 : Schéma de plaques tridimensionnelles. (Gola et al.; 1996)**

### 5-3-4-1-6-Les gouttières :

#### A- Les gouttières AO :

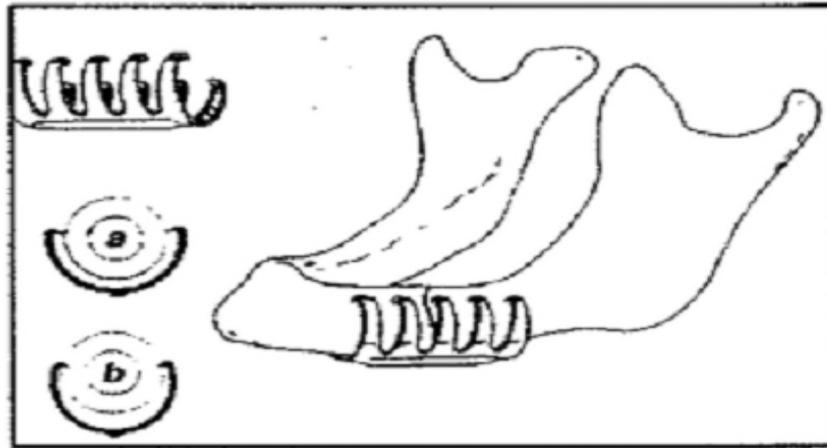
Il s'agit d'une gouttière à compression axiale, mise au point par Luhr en 1968. Elle présente deux trous excentriques permettant la mise en compression



**Figure N°30: Gouttière à compression axiale. D'après (Huckel ; 1996)**

#### B- Les plaques de Mennen:

Utilisée avec succès dès 1979 pour la synthèse des os longs, notamment lors d'ostéoporose, CMW Laboratoires, Exeter, UK. (Figure 31).



**Figure N°31 : Plaque de Mennen, présentée sur une mandibule humaine édentée.**

**D'après (Maung Aung et al.; 1990)**

#### **5-3-4-2- Fonctions biomécaniques de la plaque vissée :**

Une même plaque peut remplir différentes fonctions selon la fracture qu'elle traite: **(Viateau ; 1994)**

##### **5-3-4-2-1-Les plaques de compression :**

Est mise en compression lorsque la fracture est simple, transverse et sans déficit osseux, les forces passent par le trait de fracture, le long duquel elles sont uniformément réparties. Une telle plaque est destinée à permettre une cicatrisation primaire, plus ou moins théorique. La compression augmente la stabilité. **(Brinker et al. ; 1984).**

##### **5-3-4-2-2-Les plaques de neutralisations :**

La plaque est dite de neutralisation neutralise les forces exercées sur les implants (cerclages vis...) qui maintiennent les esquilles. Elle s'applique aux fractures complexes, spiroïdes ou multi-esquilleuses, sans perte de substance **(Brinker et al. ; 1984).**

##### **5-3-4-2-3-Les plaques de soutiens :**

La plaque est dite de soutien lors de fracture complexe, comminutive, avec perte de substance. Elle permet un alignement des fragments et prend en charge la majorité des sollicitations imposées au foyer de fracture. **(Brinker et al. ; 1984).**

**5-3-4-3- Intérêts et limites de la plaque vissée :**

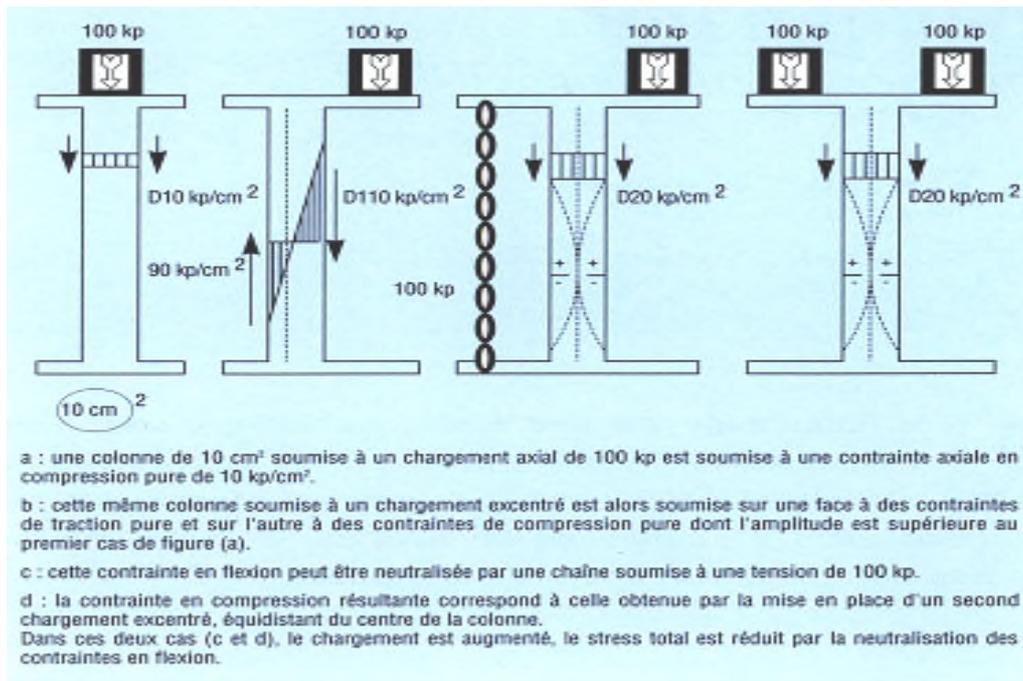
L'intérêt principal d'une ostéosynthèse par plaque vissée est le retour rapide de la fonction, tout en assurant une contention stable et solide. La durée de l'intervention peut être longue par rapport à d'autres techniques et le coût important. Les perturbations vasculaires réalisées lors de la mise en place d'une plaque vissée sont importantes, alors que la fracture a déjà, elle-même, entraîné un très grand désordre (rupture de l'irrigation interne, déchirures tissulaires...). La voie d'abord est large. L'os est dépériosté, or le périoste est responsable d'un fort pourcentage de la vascularisation de l'os, pourcentage qui semble augmenter avec l'âge. (cf. Partie I, 1.3.1.3) La mise en place des vis, surtout si celles-ci sont mal positionnées, perturbe également la vascularisation de l'os (**Huckel ; 1996**).

**5-3-5-Haubanage :**

L'application d'une force compressive axiale sur la diaphyse osseuse induit une augmentation uniforme des contraintes axiales en compression. La fonction du hauban est de modifier le rapport de ces contraintes en éliminant celles qui s'exercent en traction et en diminuant celles qui agissent en compression. (**Crusel, 1986**)

L'haubanage est indiqué dans les cas suivants :

- Pour le membre postérieur : les fractures du grand trochanter, de la rotule, de la tubérosité tibiale, de la malléole médiale du tibia, du calcaneum et des luxations intertarsiennes.
- Pour le membre antérieur : les fractures de l'acromion, du processus coracoïde, du trochin huméral et de l'olécrane. (**Camensulin ,1994**)



**Figure N° 32 : Illustration du principe de hauban d'après Pauwels (manuel Vet ;2009)**

### 5-3-6-Cerclage et demi cerclage :

Il s'agit de l'enserrement complet ou incomplet de la circonférence d'un os par un fil métallique. Il ne peut jamais être utilisé seul mais intervient comme moyen d'immobilisation complémentaire pour maintenir les fragments osseux en position réduite sur des fractures obliques longues, spiroïdes ou sur certaines fractures comminutives ou multiples.

La mise en place de cerclage doit se faire en respectant l'irrigation sanguine : les insertions musculaires doivent être préservées. En cas de pose de plusieurs cerclages, il est important de les espacer suffisamment les uns des autres pour ne pas nuire à la vascularisation osseuse, ce qui retarde la cicatrisation sans augmenter significativement la stabilité. Lors de la pose de cerclage veiller à limiter les mouvements de fil métallique contre l'os pour éviter une dévascularisation et une déminéralisation de l'os. **(Brinker et al., 1994 ; Rich , 2002)**

Les cerclages sont utilisés dans les cas suivants :

**A-Stabilisation des fêlures** : Lors de la réduction de fractures ou de mise en place de l'enclouage.

**B-Fractures obliques ou spiroïdes** : L'effet de compression est d'autant meilleur que la fracture est oblique, l'idéal étant un trait de fracture double de diamètre de l'os ; un cerclage appliqué sur une fracture oblique courte accentue au contraire les forces de cisaillement.

**C-Fractures comminutives** : Susceptibles d'être reconstruites.

Les hémicerclages sont indiqués dans les fractures transversales ou obliques courtes, ils empêchent la rotation des abouts. ces sutures osseuses présentent un certain nombre d'avantages :

- Stabilité de fixation (pas de glissement).
- Respect des éléments nobles péri-osseux.
- Possibilité de prendre appui sur un clou centromédullaire (**Duhautois et Legard, 1992**).

# CHAPITRE VI

**ETUDE EXPERIMENTALE (matériels et méthodes )**

### 6-1-Aspect général

Le lapin est caractérisé par ses longues oreilles, sa queue courte en « houpette », sa silhouette plutôt compacte, où l'abdomen, du fait du caecum, est surdimensionné par rapport au thorax. (Vella et Donnelly, 2004 ; Quinton, 2009)

### 6-2-Particularités du squelette

La colonne vertébrale du lapin est composée de 7 vertèbres cervicales, 12 vertèbres thoraciques, 7 vertèbres lombaires, 4 sacrées et 14 à 16 caudales. Elle est naturellement incurvée. La région thoracique est très rigide, contrairement à la région lombaire qui est douée d'une grande mobilité dans le plan sagittal (Audigier, 1999 ; Barone, 1999 ; Ithier, 2004). Cela prédispose les lapins à des fractures et luxations des lombaires, en particulier L6 et L7 lorsqu'un stress important est appliqué à la colonne (contention inappropriée, convulsions) (Vella et Donnelly, 2004 ; Meredith et Flecknell, 2006).

Le lapin possède une clavicule bien différenciée en forme de S (Barone, 1999). Concernant les os longs, il faut également noter que :

- Le radius et l'ulna sont étroitement appliqués l'un contre l'autre, sans supination possible mais sont peu croisés dans leur partie proximale. Ils sont très incurvés, concaves du côté palmaire et latéralement ;
- Le tibia est soudé avec la fibula. On ne peut pas les distinguer dans toute leur moitié distale ;
- Ses membres postérieurs sont nettement plus longs que les antérieurs (mais moins que chez les lièvres) (Barone, 1999 ; Craigie, 1948).

Les lapins ont des os de petite taille constitués d'une corticale fine, dure et cassante par rapport aux chiens et chats. Leur arrière train est bien développé (cuisse et râble) et leurs pattes antérieures sont fines mais musclées. Le squelette ne représente ainsi que 7 à 8 % de leur masse corporelle, contre 13 % chez le chat, et est soumis à de fortes contraintes musculaires. Il est donc particulièrement fragile (Bennett, 2013 ; Capello, 1998 ; Vella et Donnelly, 2012 ; Harkness, 1990 ; Ithier, 2004 ; Van Praag, 2003).

**Description de l'expérimentation :**

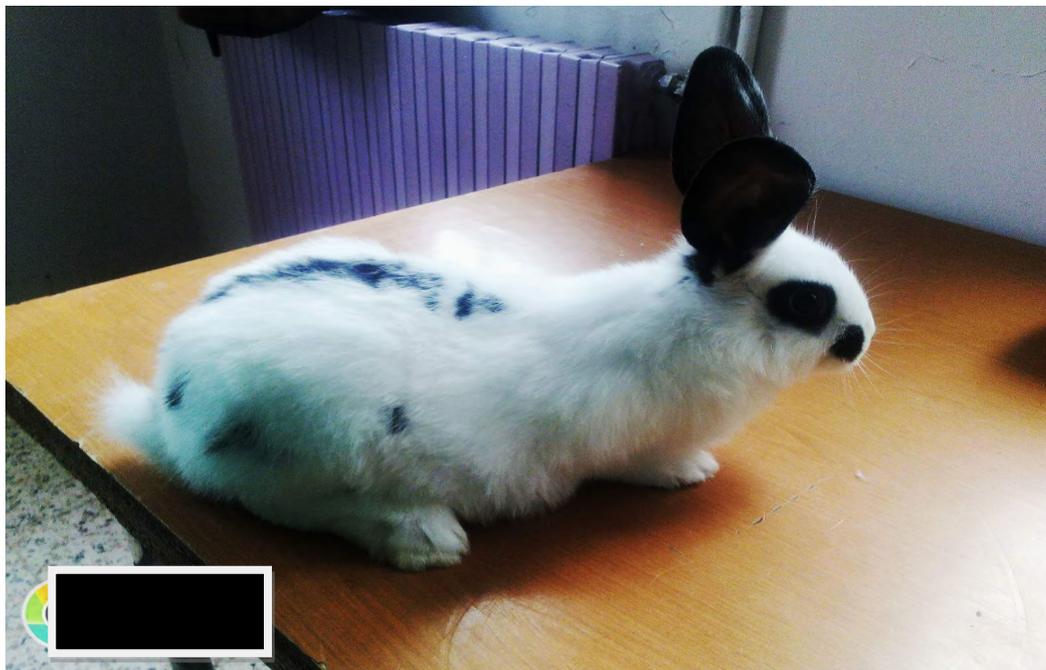
Notre étude a été effectuée sur un lapin male entier. Cette espèce est choisie vu sa disponibilité, la facilité de sa manipulation

Une ostéosynthèse par enclouage centromédullaire a été pratiquée sur le fémur gauche d'un lapin, fémur qui présente une fracture transversale diaphysaire provoquée ; un suivi radiographique nous a permis d'évaluer le degré de consolidation osseuse ainsi que la qualité de cal formé.

*Ce type de fracture devrait être corrigé par la mise en place de plaque vissée mais faute de non disponibilité de matériel nous avons été amené à poser un enclouage centromédullaire renforcé par un hémi cerclage.*

**6-3-Description de l'animal de l'expérimentation :**

Ce lapin male de race papillon âgé de 2 mois avec un poids de 1.5 kg a été utilisé pour ce travail expérimental. Le lapin a été vacciné déparasité puis placé dans un endroit calme à lumière et température ambiante avant l'acte chirurgicale.



**Figure N°33** : Une photo montrant l'animal de l'expérimentation.

**6-4-Matériel :**

L'accès à l'os à travers les différents tissus, a été réalisé par un matériel de chirurgie générale et par un matériel orthopédique.

- Table et tenues chirurgicales.
- champs opératoires
- Pincés à champ
- perceuse orthopédique
- ciseaux
- Lame bistouri.
- Pincés hémostatiques.
- Scie fils.
- compresses stériles.
- sonde cannelé à spatule.
- broches de 2 mm de diamètre
- mandrin Jacobson
- coupe broches
- écarteurs
- Pincés de préhension.
- Pince porte aiguille.
- Fils de suture
- fil métallique 0.6mm

Autres matériels

Appareil radiologique numérique



**Figure N°34 :** Le matériel chirurgical nécessaire pour l'intervention

**6-5-Méthodes :****6-5-1-Protocole opératoire :****6-5-1-1-Préparation de l'animal, du chirurgien et du champ opératoire :**

Préparation aseptique : Chez le lapin, l'acte chirurgical visant des structures osseuses doit, comme chez les carnivores de compagnie, bénéficier d'une asepsie rigoureuse. La zone opératoire doit être tondue, nettoyée et désinfectée soigneusement avant incision. La salle opératoire doit être une salle réservée à la chirurgie, nettoyée et désinfectée régulièrement. Le matériel chirurgical utilisé est du matériel stérile. La préparation du chirurgien suit une procédure classique pour une chirurgie osseuse : nettoyage des mains à l'aide d'un savon désinfectant pendant 5 minutes, port d'une blouse et de gants stériles, port d'un masque et d'une charlotte couvrant les cheveux (**Bennet,2013**). Une antibioprophylaxie par voie intraveineuse est recommandée toutes les 90 minutes pendant l'intervention chirurgicale (**Bennett, 2013**).



**Figure N°35** : Rasage et préparation du site opératoire.



**Figure N°36 : Tenue de bloc**

#### **6-5-1-2-Protocol anesthésique :**

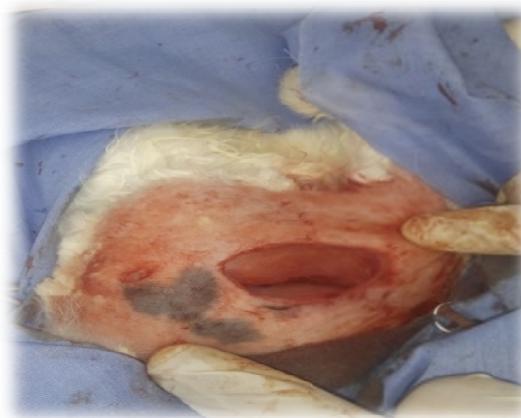
L'intervention a été réalisée sous la couverture d'anesthésie générale un protocole qui offre un temps opératoire égale a 1h et demi avec en prémédication de l'acépromazine (calmivet) a raison de 0.1mg /kg en IM et 15 minutes après un mélange de xylazine et de kétamine respectivement a raison de 0.5 mg/kg et 0.7 mg/kg en IM

#### **6-5-1-3-L'acte chirurgical:**

L'animal est d'abord placé en décubitus latéral, une incision cutanée est pratiquée sur la face latérale de la cuisse. Après la dilacération, on sectionne le fascia lata la réclinaison du biceps fémoral vers l'arrière et le muscle vaste latérale vers l'avant met en évidence la diaphyse du fémur.



**Figure N°37 : Incision de la peau**



**Figure N°38: La section du fascia lata**



**Figure N°39:** Dégagement de la diaphyse fémorale

Une ostéotomie transversale dans le milieu de la diaphyse est faite à l'aide d'un scie-fil tout en protégeant les muscles.



**Figure N°40 :** Passage du scie-fil



**Figure N°41 :** Pratique de l'ostéotomie transversale



**Figure N°42:** Photo montrant la protection des muscles à l'aide des ciseaux

### **L'enclouage centromédullaire (rétrograde):**

Le geste consiste à l'enfoncement du clou dans la partie proximale de la diaphyse jusqu'à sa sortie au niveau de la fosse trochantérienne puis un ré-enfoncement dans la partie distale (épiphyse distale).

L'excès de la broche est sectionné à l'aide d'un coupe de broche, par la suite une suture métallique est réalisée afin de neutraliser les contraintes mécaniques mis à part la tension axiale.



**Figure N°43 :** Méchage du canal

Médullaire



**Figure N°44 :** Méchage du canal

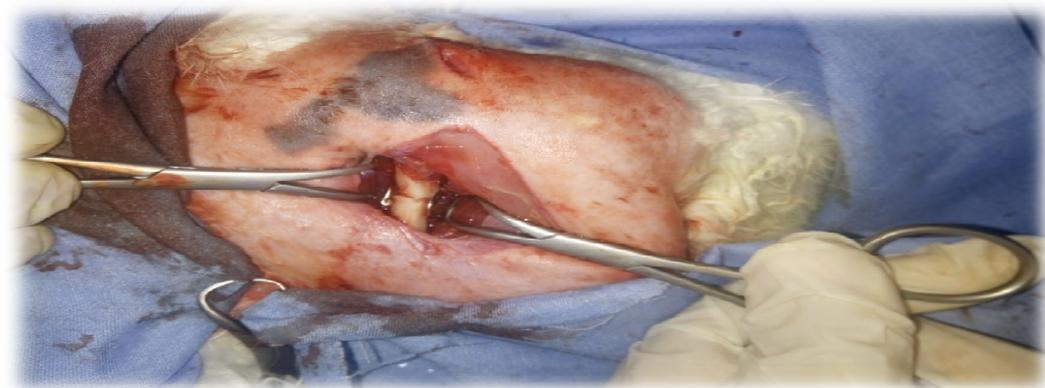
médullaire



**Figure N°45 :**Le méchage de deux bouts par perceuse



**Figure N°46 :** Le passage du fil métallique dans les deux



**Figure N°47 :** Photo montrant l'hémicerclage après alignement de deux bouts.

Dès qu'on termine l'acte chirurgicale on procède à la suture de plan musculaire par un surjet simple à l'aide de fil résorbable et la peau par des points simples avec du fil non résorbable tout en instillant la plaie par un serum salé, à la fin de la bétadine et un pansement stérile.



**Figure N°48:** Photo montrant la suture de plan musculaire.

### **6-5-2-Suivi post opératoire :**

#### **6-5-2-1-Suivi clinique :**

L'hospitalisation post opératoire doit être de durée minimale car elle est source de stress : les lagomorphes se sentent mieux dans un environnement familial. Un point critique de la récupération du lapin est la reprise alimentaire dans les 24 heures qui suivent l'intervention. La fluidothérapie doit être poursuivie jusqu'à reprise d'une alimentation spontanée. Une restriction de l'activité est nécessaire à la cicatrisation osseuse mais peut être difficile à obtenir car les lapins sont libres dans leur cage. Tous les dispositifs d'exercice, plateformes ou tunnels doivent être retirés de la cage le temps de la convalescence (**Bennett,2013**). Il est conseillé de laisser en guise de litière une serviette éponge épaisse, du papier journal changé régulièrement afin de limiter les souillures du pansement (**Ithier et al. ; 2005**).

-L'animal est mis sous une antibiothérapie pendant 10 jours en utilisant la penicilline.

-Prise de température pendant 10 jours également.

-Vérification quotidienne de la plaie et de l'appuie. Le tableau suivant montre que l'animal a pu solliciter son membre opéré a partir du 4eme jour tout en restant apyrétique et sans aucune complication (ni sortie de broche , ni infection de plaie).

**Tableau N° 03: Evolution de l'appuie, de la température et de la plaie en fonction du temps**

	J1	J2	J3	J4	J5	J6	J7	J8	J9	J10
<b>Etat de plaie</b>	bon	bon	Bon	Bon	bon	bon	bon	bon	bon	Bon
<b>Prie de T<sup>0</sup></b>	39.3	39.4	39.8	39.7	39.2	39.5	39	38.9	38.6	38.7
<b>L'appuie</b>	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+

-Un cliché radiographique du fémur gauche du lapin est effectué.

-La mise en place d'un enclouage centromédullaire simple, occupant (50% du canal médullaire) renforcé par une suture métallique.

Le passage d'un cal plus ou moins volumineux par rapport au mouvement permanent de l'animal constaté.



**Figure N°49:** Cliché radiographique du fémur du lapin.

## Conclusion

---

En guise de conclusion, le traitement des fractures de la diaphyse fémorale représente un déficit pour les chirurgiens vétérinaires vue leur haute fréquence chez les animaux de compagnes tel que le lapin.

Au terme de notre étude nous avons trouvé que l'enclouage centromédullaire rétrograde est la méthode de choix pour le traitement des fractures diaphysaires transversales du fémur avec plus de sécurité et moins de complication cependant qu'il engendre une consolidation osseuse de seconde intention et un retour plus au moins retardé de l'appuie.

## Liste des figures

---

<b>Figure N°1</b> : Variétés anatomiques d'os .....	01
<b>Figure N°2</b> : Différentes cellules osseuses .....	04
<b>Figure N°3</b> : Tissu osseux lamellaire.....	06
<b>Figure N°4</b> : Tissu osseux non lamellaire.....	07
<b>Figure N°5</b> : Tissu osseux compact .....	08
<b>Figure N°6</b> : Tissu osseux spongieux .....	09
<b>Figure N°7</b> : Vascularisation artérielle d'un os long .....	11
<b>Figure N°8</b> : Nécrose osseuse lors d'une fracture.....	16
<b>Figure N°9</b> : Aspect du foyer de fracture quelques heures après l'accident.....	16
<b>Figure N°10</b> : Aspect d'une fracture une semaine après l'accident .....	17
<b>Figure N°11</b> : Aspect d'une fracture quatre semaines après l'accident.....	18
<b>Figure N°12</b> : Aspect d'une fracture plusieurs mois après l'accident .....	19
<b>Figure N°13</b> : Remodelage de cal de fracture .....	20
<b>Figure N°14</b> : Représentation schématique d'un cône de forage.....	20
<b>Figure N°15</b> : Les différentes forces pouvant s'appliquent sur un os .....	25
<b>Figure N°16</b> : Les différentes étendues des lésions osseuses .....	26
<b>Figure N°17</b> : La direction du trait de fracture .....	27
<b>Figure N°18</b> : Localisation et direction du trait de fracture.....	29
<b>Figure N°19</b> : Principaux types de fixateurs en chirurgie vétérinaire.....	39
<b>Figure N°20</b> : Principaux montages réalisables.....	41
<b>Figure N°21</b> : Différentes pointes de Steinmann.....	42
<b>Figure N°22</b> : Compléments de l'enclouage centromédullaire.....	44
<b>Figure N°23</b> : L'enclouage centromédullaire normograde de tibia .....	45
<b>Figure N°24</b> : Enclouage rétrograde du fémur.....	46
<b>Figure N°25</b> : Plaque de reconstruction en position ventrale sur une mandibule de chien .....	48
<b>Figure N°26</b> : Plaques de compression dynamique .....	49
<b>Figure N°27</b> : Coupe transversale de plaques de compression.....	50
<b>Figure N°28</b> : Exemples de différents types de plaques utilisées chez l'homme .....	51
<b>Figure N°29</b> : Schéma de plaques tridimensionnelles .....	52
<b>Figure N°30</b> : Gouttière à compression axiale.....	52
<b>Figure N°31</b> : Plaque de Mennen présenté sur une mandibule humaine .....	53
<b>Figure N°32</b> : Illustration du principe de hauban .....	55
<b>Figure N°33</b> : Une photo montrant l'animal de l'expérimentation.....	58
<b>Figure N°34</b> : Le matériel chirurgical nécessaire pour l'intervention .....	59

## Liste des figures

---

<b>Figure N°35</b> : Rasage et préparation du site opératoire .....	60
<b>Figure N°36</b> : Tenue de bloc.....	61
<b>Figure N°37</b> : Incision de la peau .....	61
<b>Figure N°38</b> : La section de fascia.....	61
<b>Figure N°39</b> : Dégagement de la diaphyse fémorale .....	62
<b>Figure N°40</b> : Introduction du scie-fil.....	62
<b>Figure N°41</b> : Pratique de l'ostéotomie transversale .....	62
<b>Figure N°42</b> : Photo montrant le foyer fracturaire.....	63
<b>Figure N°43</b> : Perforation du canal médullaire proximal en rétrograde .....	63
<b>Figure N°44</b> : Perforation du canal médullaire du segment distal.....	63
<b>Figure N°45</b> : Le forage de deux abouts par perceuse électrique .....	64
<b>Figure N°46</b> : Le passage de fil métallique dans les deux abouts .....	64
<b>Figure N° 47</b> : Photo montrant l'hémi cerclage après la mise en alignement de deux abouts .....	64
<b>Figure N°48</b> : Photo montrant la suture de plan musculaire .....	65
<b>Figure N° 49</b> : Cliché radiographique du fémur du lapin .....	67

## Lite des tableaux

---

<b>Tableau 1 :</b> Vitesse de réparation osseuse appréciée sur la base de la consolidation clinique en fonction de l'âge de l'animal et de mode de traitement.....	22
<b>Tableau 2 :</b> Direction de trait de fracture en fonction de la force appliquée sur l'os .....	28
<b>Tableau 3 :</b> Evolution de l'appuie, de la température et da la plaie .....	66

## Liste des abréviations

---

**AO** : association pour l'ostéosynthèse

**DCP** : Dynamic Compression Plate

**EDCP** : Eccentric Dynamic Compression Plate

**LC-EDCP** : Limited Contact Dynamic Compression Plate

**P<sub>o<sub>2</sub></sub>** : pression d'oxygène

**TGFB**: transforming growth factor beta

## Listes des références

---

**ADAMSBUM C .,BOUDGHENE F., BOYER B ., CHATTEL J.F., DACHER J.N ., DORMINT D., GANDON Y., GRENIER N ., HELANSON O ., KRAUSE D ., LEFOURNIER J .F., MEDER Y ., MENU D., REVEL R.et RYMER (2010)** collège des enseignants de radiologie ,Elsevier , Masson, France, p1.

**AUDIGIER, F. (1999).**Etude comparative de la locomotion du lapin normal et du lapin sauteur d'Alfort .th Med Vet Alfort. n°103 ,140p

**AUTEFAGE A 1994 :** anatomie et physiologie de l'os. Ces de chirurgie ostéoarticulaire. École national vétérinaire de Toulouse ; **1992 :** consolidation des fractures, encyclopédie vétérinaire, paris,

**BARON 1975** anatomie appliquée des carnivores domestiques chiens et chats. Paris. ; **1996** Anatomie comparée des mammifères domestiques. Tome 1.

**BENNETT, R.A. (2013)** Rabbit and Rodent orthopedics, communication personnelle.

**BONEWALD L.F (2011)** the amazing osteocyte. J Bone Miner Res, 26, p229-238.

**BRINKER W .O ., PIERMATTEI D L .et FLO G.L (1994)** Le manuel d'orthopédie et de traitement des fractures des petits animaux,2<sup>ème</sup> édition, point vétérinaire, maisons Alfort p9-137.

**BRINKER W.O., HOHN R.B .et PRIEUR.W.D .1984** manual of internal fixation in small animals, Berlin Springer Verlag, p289.

**CAMENSULIN J A ,1994 :** contribution à l'étude d'un clou centromédullaire d'allongement progressif – expérimentation sur quatre brebis thèse doc. Vét, université Claude Bernard, Lyon, 85 p.

**CAPELLO V. (1998).** Osteosintesi de la tibia mediante fissazione esterna in un coniglio nano de compagnia : descrizione di un caso clinico e considerazioni generali in merito alla sintesi ossea nel coniglio, Veterinaria

**CHANCRIN JL 1992 :** anatomie et physiologie de l'os encyclopédie vétérinaire, paris, 1992, orthopédie 2800.

**CLAES L., AUGAT P., SUGER G.et WILKE H.J. (1997)** influence of size and stability of the osteotomy gap on the success of fracture healing J.ORTH.Res.15.p577-584.

**COCHRAN P.E. (2011)** Veterinary anatomy and physiology, 2<sup>nd</sup> edition Lexitis, Paris, p7.

**COFREND (2012)** Radiographie numérique : description et guide d'utilisation, édition Lexis, Paris, p7.

## Listes des références

---

**CORDEY J; GRUTTER R; JOHNER R 2000:** the medical strength of bones in torsion: application in human tibiae injury, suppl 3, 68 -71 p

**COUJARD R., POIRIER J.et RACADOT J** (1980) précis histologie humaine, édition Masson, Paris, P218-219.

**CRAIGIER, E.H. (1948).**practical anatomy of the rabbit: an elementary laboratory text book in mammalian anatomy .philadelphia, Blakiston, 412p

**CRUSEL C, 1986 :** traitement des fractures du fémur par enclouage centromédullaire verrouillé thèse de doctorat en médecine, Lyon 1.

**DADOUNE J.P ., HADJISKY P., SIFFROI J.P .et VENDRELY E.** (1990) histologie, Flammarion Médecine-sciences, P87-121.

**DENNY H.B .BUTTERWORTH S.J 2000: *fracture healing a guide to canine and feline orthopedic surgery, 4 éme edition, oxford Blackwell science. 3-33p.*** domestiques. Tome 1 : ostéologie .4<sup>ème</sup> édition Vigot ,761p.

**DUHAUTIOS .B ET LEGARD F 1992 :** l'enclouage verrouillée vétérinaire : étude clinique rétrospective sur 45 cas. Prat méd. chir anim comp ; 30 : 613 -630

**DUHAUTIOS .B 2000** Editions techniques. Encycl. Méd. Chir. Paris. France. Stomatologie-odontologie I, 22-070-A-20, 14p.

**EGGER, E...** (1991) Complications of external fixation. Problem-oriented approach. Vet .clin. North Am. Small Anim. Pract.21, 705-733.

**EINHORN T a; BONNARENS F, BURSTEIN A H 1986:** the contributions of dietary protein and mineral to the healing of experimental fractures a biomechanical study. J. bone joint surge, 68 a, 1389-1395.

**FARMAND M., DUPOIRIEUX L. (1992) :** Intérêt des plaques tridimensionnelles en Fixation of Maxillo-facial Fractures with Micro plates. J. Oral Maxillofacial. Surg., 57, 130-134.

**FETTER W 1985–** normal bone anatomy structure and function of bone in; c, d. new tonwn unamaker – textbook of small animal orthopedics. Philadelphia, j .b lip – pincott Co, 9-12.

**FRAYSSINET P. (1994).** Réactions cellulaires et tissulaires à l'implantation de matériaux à usage orthopédique en sites osseux et médullaire. Évolution des matériaux implantés en site osseux. Toulouse : laboratoire de génie biologique – Bioland, 13, 164,171p.

**GOLA R., CHEYNET F 1994 b :** Bases du traitement des fractures de la mandibule.

## Listes des références

---

**GREENBERG A.M. (1993):** Basics of AO/ASIF Principles and stable internal Fixation of Mandibular fracture. In: Craniomaxillofacial fractures. New-York: Springer-Verlag,

**Harari, J. (2004).** Small animal surgery secret. Elsevier Health Sciences, 454 p.

**HENNET P. (1993) :** Approche diagnostic des malocclusions chez le chien. Prat. Méd. Chir. Anim. Comp., 28, 131-139.

**HERGINOU PH ; BEAUJEAN F 1997 :** moelle osseuse de patients présentant une pseudarthrose. Revu chir. ortho .83, 33,40 p.

**HERTRICH P. (2005)** practical radiography principles and application. Edition SIEMENS Germany. p 21-243.

**Huckel 1996 :** L'ostéosynthèse mandibulaire par plaques vissées : évolution des idées. Thèse Med., Strasbourg 1, n° 96STR11074 introduction to the "Mennen Plate" and its use in treatment of fractures of the edentulous

**ITHIER, D., feix .C., DUCOS DE LAHIETTE, J. et JOUGLAR, j.y. (2005).** traitement d'une fracture multi-esquilleuse du tibia chez un lapin, revue méd.Vet. 156,4,194-198.

**ITHIER, D. (2004)** la chirurgie ostéo -articulaire chez le lapin (*orictolagus cuniculus*).Th Méd. Vét Toulouse, 194p

**Jackson AJ ; 1988.** Fractures de l'humérus. In : Bojrab MJ éd. Techniques actuelles de chirurgie des petits animaux. Tom e 2 - Tissus mous (2 partie). Os et articulations. 2 éd, Paris : Vigot, 1988 : 303-31

**KAHN C.M. LINE S. et AILLO S.E (2008)** le manuel vétérinaire Merck, 3eme édition .MERCK CO Inc.p973

**KEALY J.K .et Allister MC.H (2004)** Radiographie et échographie du chien et du chat, édition MED 'com. Elsevier, New-York, USA p1-299.

**KONE .j .2008 :** enclouage centromédullaire dans les fractures diaphysaires de fémur

**KRAUTWALD-JUNGHANNS, M.A., Pees, M., Reese, S.et TULLY, T. (2011).**Diagnostic imaging of exotic pets: birds, small mammals, reptiles. Hannover , Schlutershe ,453 p.

**LAMBOTTE 1913 :** Chirurgie opératoire des fractures. Paris : Masson, 122-123.

**MAILLET M.et CHIARASINI D. (1979)** collection PCEM Histologie, tome 1, Bréal éditeur, Montrantuil , P 97-121.

## Listes des références

---

**MATHON 1994** : anatomie et physiologie de l'os, ces de traumatologie osteoarticulaire et orthopédie animales, envt .7-11 p.

**MAUNG AUNG T., BROOK I.M., CROFTS C.E., TROWBRIGE E.A. (1990)**: An Mandibular Angle fracture Model. J. Oral. Maxillo-facial. Surg. , 53, 791-801

**MAYNARD .J.A.1993**. Fixateurs externes .encyclopédie vétérinaire, Paris.1993. Orthopédie 3500, p7.

**MEREDETH, a ET FLECKNELL, P. (2006)**.Manual of rabbit medicine and Surgery, 2nd edition A. Meredith ET P .FLECKNELL, 213p

**MIZUNO K , MINEO K , TACHIBANA T , SUMI M , MATSUBARA T , HIROHATA K . 1990**: the osteogenic potential of fracture haematoma. J.bone joint surg, 72b, 822 -829p.

**MONNIER J.P (1982)** Généralité dans abrégé de radiodiagnostic ,2<sup>ème</sup> édition Masson, Paris, p8.

**MORAILLON R., EGEAY Y.et BOUSSARIE D. (2007)** Dictionnaire pratique de thérapeutique Chien, chat et NAC, 6<sup>ème</sup> édition .Masson, p271-272.

**NESS M.G. (1998)** Manual of small animal fracture repair and management, BSAVA, Shurdington, p 311-315.

**NGUYEN S.et BOURUINA R. (2008)** *Manuel d'anatomie et de physiologie* 4<sup>e</sup> édition .Lamane, Paris ,421p.

**PATRICIA C., CROSS K. et MERCER L. (1995)** Ultra structure cellulaire et tissulaire : approche fonctionnelle, Debock larcier, p 87.

**PATRICK .H-référent** orthopedique.OCB.2008. Bonnes pratiques en missionns.MSF.OCP.

**PRUGNOLLE H.et THOREAU F. (1996)** Histologie P C E M, Paris E S T M, p68-75.

**RAHN B. A (1982)**. Bone healing: histology and physiologic concept .in: SUMNERSMITH G. (Ed): Bone in clinical orthopedics, WB Saunders Company, Philadelphia, 1982, 81-157.

**REILLY D.T; BURSTEIN A.H 1974**: the mechanical properties of cortical bone j. bone joint surg, 56-A, pp. 1001-1116.

**RHINELANDER ET WILSON 1982**: normal bone anatomy. Normal vascular anatomy. In c.d Newton, d.m nunamaker- textbook of small animal orthopedic lippincont co, 1985; 12-20.

## Listes des références

---

**RICH, G.A.** (2002) rabbit orthopedic surgery .veterinary clin .north Am.Exot.anim.pract.5, 157-168.

**ROBESTON W.W:** Newest knowledge of the growth plate. clin. Orthop. 1990, 253,253, 270 .

**Rudy RL**1975. Principles of intramedullary pinning. Vet Clin North Am; 5: 209-228

**SALTER D** .(1995) Pocket companion to textbook of small animal surgery, first t edition Philadelphia, WB Saunders company 542-5597.

**SCHILTZ G 1988 :** biomécanique osseuse : bases théoriques et biomécaniques des fractures point vét, 115, 677-684 p.

**SCHORTINGHUIS J., BOS R.R.M., VISSINK A. (1999):** Complications of internal Fixation of Maxillofacial Fractures with Micro plates. J. Oral Maxillofacial. Surg., 57, 130-134.

**SHETTY V., McBREARTY D., FOURNEY M., CAPUTO A.A. (1995):** Fracture Line Stability as An f onction of the Internal Fixation System: an in V itro Com parison Using Mandibular Angle fracture Model. J. Oral. Maxillo-facial. Surg. , 53, 791-801.

**SINIBALDI KR**1988. Fractures du tibia. In : Bojrab MJ éd. Techniques actuelles de chirurgie des petits animaux. Tome 2 - Tissus mous (2 partie). Os et articulations. 2 éd, Paris : Vigot, : 259-265

**SOLARI F et JURDIC P.** (1997) Nouveaux concepts sur l'origine des ostéoclastes : relation avec les macrophages normaux et inflammatoires médecine/sciences M Synthèse, 13, p 1285-1293.

**STEVSON S 1991 :** consolidation osseuse chez le jeune Prat. Méd. chir .anim.comp 26, 3,181-185

**STOLOFF D.** Fractures du fémur. In : Bojrab MJ éd. Techniques actuelles de chirurgie des petits animaux. Tome 2 - Tissus mous (2 partie). Os et articulations. 2 éd, Paris : Vigot, 1988 : 283-301

**TAYON B ; ORENGO P ; ZAHLAOUI J 1980 :** consolidation osseuse. Paris, encyclopédie médico-chirurgicale. Appareil locomoteur.

**TOPPETS V., PASTORET V., DE BEHR V., ANTOINE N. DESSY C .et GABRIEL A.** (2004) Morphologie, croissance et remaniement du tissu osseux. Ann. Méd. Vet, 148, p1-13

**TORTORA G, J., GRABOWSKY S.R et PARENT J.C.,** (1999) Morphology of fracture non union and osteomyelitis, in fractures complication. Vet clin. North .Am. (Small Anim .pract.), p21, 4,813-844.250

## Listes des références

---

**TRIAL R., RESCANIERES A .et GARRETAL L. (1979)** Interprétation radiologique, tome3 .Editions Vigot, Paris, p18.

**VELLA.D ET DONNELLY, T.M (2004).**Basic anatomy, physiology and husbandry in ferrets, rabbits and rodents –clinical medicine and surgery, 3<sup>eme</sup> edition Queensberry ET Carpenter, 157-173. Veterinary Surgery. 2nd ed., Philadelphia: W .B. Saunders, 1910-1921.

**VIATEAU V. (1994) :** Cours magistral : traitement général des fractures. fE.N.V.A.

**SERGE N (2009) :** Université de Lyon HO spices civils de Lyon

## **Résumé :**

L'ostéosynthèse par enclouage centromédullaire est la technique la plus simple et la récente pour le traitement des fractures transverses.

Notre étude expérimentale, que nous avons fait a montré la maniabilité et la facilité de la mise en place du clou ( $\phi 2\text{mm}$ ) au niveau du fémur du lapin ; les résultats sont satisfaisants concernant la consolidation et la durée de la formation du cal osseux qui a été obtenue après 1 mois de l'intervention.

## **Mots clés :**

Os, ostéosynthèse, fractures, consolidation.

## **Abstract:**

Intramedullary nailing is the simplest and most recent technique for the treatment of transverse fractures.

Our experimental study, which we did, showed the maneuverability and ease of placing the nail ( $\phi 2\text{mm}$ ) at the level of the rabbit's femur; the results are satisfactory concerning the consolidation and the duration of callus formation which was obtained after 1 month of the intervention.

## **Keywords :**

Bone, osteosynthesis, fractures, consolidation.

## **خلاصة:**

تسمير داخل النقي هو أبسط وأحدث تقنية لعلاج الكسور العرضية.

أظهرت دراستنا التجريبية ، التي قمنا بها ، القدرة على المناورة وسهولة وضع مسمار ( $\phi 2\text{mm}$ ) على مستوى عظم الفخذ للأرنب. النتائج مرضية فيما يتعلق بتدعيم ومدة تكوين الكالس الذي تم الحصول عليه بعد شهر واحد من التدخل.

## **كلمات البحث:**

العظام ، طلاء العظام ، الكسور ، توحيد.