

## **Tables des matières :**

<b>1</b>	<b>Considérations générales .....</b>	<b>23</b>
1.1	<i>Les principes fondamentaux de la techniques AO .....</i>	<i>23</i>
1.2	<i>Les bases de la technique AO .....</i>	<i>24</i>
1.2.1	La cicatrisation osseuse .....	24
1.2.1.1	Cicatrisation osseuse classique.....	24
1.2.1.2	Cicatrisation osseuse par première intention .....	25
1.2.2	Vascularisation osseuse.....	26
1.2.2.1	Vascularisation osseuse physiologique .....	26
1.2.2.2	Vascularisation osseuse après une fracture .....	27
1.2.3	Les effets de l'utilisation de vis et de plaque lors d'ostéosynthèse sur la vascularisation osseuse .....	28
1.3	<i>Les plaques en T.....</i>	<i>28</i>
1.3.1	Les différents types de plaque en T .....	29
1.3.2	La pose de plaque en T .....	30
<b>2</b>	<b>L'utilisation des plaques en T.....</b>	<b>35</b>
2.1	<i>Les fractures de la mandibule .....</i>	<i>35</i>
2.2	<i>Les fractures de la scapula :.....</i>	<i>36</i>
2.2.1	Les fractures du corps et de l'épine scapulaire .....	36
2.2.2	Les fractures du col de la scapula.....	37
2.3	<i>Les fractures proximales de l'humérus .....</i>	<i>38</i>

<b>2.4</b>	<b><i>Les fractures du radius et de l'ulna.....</i></b>	<b>40</b>
2.4.1	Fractures proximales du radius .....	40
2.4.2	Fractures distales du radius.....	41
<b>2.5</b>	<b><i>Arthrodèses du carpe.....</i></b>	<b>48</b>
2.5.1	Arthrodèse : généralités .....	48
2.5.2	Particularité de l'arthrodèse du carpe .....	49
2.5.3	Arthrodèses du carpe avec les plaque en T .....	49
<b>2.6</b>	<b><i>Les fractures des métacarpes/métatarses .....</i></b>	<b>55</b>
<b>2.7</b>	<b><i>Les fractures du bassin.....</i></b>	<b>56</b>
2.7.1	Généralités .....	56
2.7.2	Les fractures de l'ilium.....	57
2.7.3	Les fractures de l'acétabulum.....	58
<b>2.8</b>	<b><i>Les fractures du tibia et de la fibula.....</i></b>	<b>59</b>
2.8.1	Les fractures proximales .....	59
2.8.2	Fractures distales du tibia .....	65
<b>2.9</b>	<b><i>Les fractures du tarse.....</i></b>	<b>66</b>
2.9.1	Les fractures du corps du talus .....	66
2.9.2	Les fractures de l'os central du tarse.....	67
2.9.2.1	Classification des fractures de l'os central du tarse .....	67
2.9.2.2	Traitement des fractures de l'os central du tarse .....	68
<b>3</b>	<b><i>Les complications associées à la pose de plaque en T</i></b>	<b>73</b>
3.1	<i>Positionnement des plaques en T.....</i>	73
3.1.1	Les fractures proximales du radius.....	73
3.1.2	Les fractures distales du radius .....	74

3.1.3	Les arthrodèses partielles du carpe .....	74
3.2	<i>Les fractures de l'os central du tarse</i> .....	75
3.3	<i>Action des plaques en T sur la vascularisation</i> .....	75
3.4	<i>Lâchage des implants</i> .....	76

## **Tables des illustrations :**

### **Figures :**

Figure 1 : Cicatrisation osseuse par première intention chez un chien associée à la pose d’une plaque après ostéotomie. ....	26
Figure 2 : Vascularisation osseuse à l’âge adulte.....	27
Figure 3 : Quelques exemples de plaques en T.....	29
Figure 4 : Mise en place d’une plaque en T .....	31
Figure 5 : Pose de vis pour une plaque en T utilisée en compression.....	32
Figure 6 : Fracture de la branche montante de la mandibule stabilisée avec une plaque en T.	35
Figure 7 : Utilisation d’une plaque en T lors de la fracture de la jonction corps-épine de la scapula.....	37
Figure 8 : Utilisation d’une plaque en T lors d’une fracture transverse du col de la scapula. .	38
Figure 9 : Classification des fractures proximales de l’humérus selon MONTAVON et HEIM. ....	39
Figure 10 : Pose d’une plaque en T lors de fractures humérales proximales.....	39
Figure 11 : Classification des fractures proximales du tibia et de la fibula selon MONTAVON et HEIM.....	40
Figure 12 : Traitement d’une fracture proximale radiale (type A2) par une plaque en T.....	41
Figure 13 : Classification des fractures distales du radius et de l’ulna selon MONTAVON et HEIM.....	42
Figure 14 : Fracture distale du radius (type A2) fixée avec une plaque en T. ....	42
Figure 15 : Utilisation d’une plaque en T sur une ostéotomie correctrice sur l’extrémité distale du radius .....	48
Figure 16 : Arthrodèse totale du carpe avec une plaque en T.....	50
Figure 17 : Arthrodèse partielle du carpe avec une plaque en T.....	51
Figure 18 : Classification des fractures du tibia selon MONTAVON et HEIM. ....	60
Figure 19 : Fixation d’une fracture proximale (type A2) avec une plaque en T.....	60

Figure 20 : Classification des fractures du tibia et de la fibula selon MONTAVON et HEIM.	66
Figure 21 : Fracture distale du tibia (type A1) fixée avec une plaque en T.	66
Figure 22 : Traitement d'une fracture du corps du talus avec une plaque en T.	67
Figure 23 : Classification des fractures de l'os central du tarse.	68
Figure 24 : Traitement d'une fracture de l'os central du tarse de type V avec une plaque en T.	69
Figure 25 : Plaque en T associée à une barre pour la fixation de fractures radiales proximales.	74
Figure 26 : Radiographies dorsopalmaires et latérales d'une arthrodèse partielle 32 semaines après l'intervention.	75

### **Radiographies :**

radiographie 1 : fracture distale du radius associée à une fracture distale de l'ulna (type A2).	47
radiographie 2 : Arthrodèse partielle du carpe suite à une hyperextension du carpe.	55
radiographie 3 : Fracture iliaque associée à une fracture controlatérale iliaque.	57
radiographie 4 : Fracture iliaque proche de l'acétabulum et fracture complexe du sacrum. ...	58
radiographie 5 : Fracture proximale du tibia (type C1).	65

### **Tableau:**

Tableau : Les différents types de plaque en T et leurs caractéristiques techniques	30
--	----

## **Introduction :**

La technique AO/ASIF (Association pour l'étude de l'Ostéosynthèse) a été mise en place pour répondre aux besoins des chirurgiens afin de standardiser et de définir des procédures reconnues concernant l'ostéosynthèse [85]. Définie dès 1958 en chirurgie humaine par des chirurgiens suisses, ce n'est que vers le milieu des années soixante que cette technique voyage vers le monde animal, par l'intermédiaire de vétérinaires américains[65].

Outre le développement de techniques appropriées aux traitements des diverses affections osseuses, cette association a aussi cherché à améliorer et à trouver de nouveaux implants susceptibles de convenir aux besoins des orthopédistes, parmi eux se trouvent les plaques en T dont nous allons voir les diverses applications.

Après avoir discuté des divers principes de la technique AO, de la réparation osseuse et des différents types de plaques en T, nous nous attacherons à décrire les multiples particularités de leur utilisation. Enfin, nous verrons les complications qui peuvent survenir lors de leur pose.

## **Considérations générales**

# 1 Considérations générales

## 1.1 *Les principes fondamentaux de la techniques AO*

Le premier but de tout traitement des fractures est de retrouver une anatomie normale, une reprise rapide de la locomotion et une récupération fonctionnelle complète [8] [65].

Depuis un certains temps, les hommes ont essayé de traiter les problèmes de fractures par l'utilisation de moyen de contention externe. Ceux-ci ont abouti dans beaucoup de cas à des pertes d'utilisation du membre dues à un phénomène appelé « maladie fracturaire ». Celle-ci se caractérise par une amyotrophie, une fibrose des tissus environnants la fracture, une ankylose articulaire et une ostéoporose [65].

La technique AO a eu pour but de pallier ces déficiences des traitements conservateurs (défauts d'alignement, pseudarthrose, limitation d'utilisation du membre, maladie fracturaire) ou du moins de diminuer leurs incidences.

Pour cela quatre règles principales ont été instaurées et doivent être suivie lors de tout traitement d'une fracture.

Ces quatre règles de la technique AO sont:

- Une réduction anatomique des différents fragments de la fracture, notamment dans les cas de fractures articulaires
- Une chirurgie atraumatique permettant la conservation de la vascularisation des fragments osseux et des tissus environnants
- Une fixation interne stable satisfaisant aux exigences biomécaniques
- Une mobilisation active indolore de toutes les articulations et muscles voisins pour prévenir toute maladie fracturaire [65] [85].

La réduction anatomique passe par le repositionnement de tous les fragments osseux du foyer de fracture, ceci étant vérifié de façon directe mais aussi à l'aide de radiographies post-opératoires selon au moins deux incidences [65].

Cette réduction est tout particulièrement indispensable dans les cas de fractures articulaires afin d'éviter tout risque d'apparition d'arthrose [8] [65].

Néanmoins cette règle est à moduler en fonction des situations. En effet lors de fractures pluri-esquilleuses, une manipulation trop importante peut provoquer la dévitalisation des esquilles par perturbation de leur vascularisation ce qui sera néfaste à la bonne cicatrisation. Pour cela le chirurgien devra faire la part des choses entre une réduction anatomique et un maintien de la vascularisation de l'os et des tissus voisins [65].

Une chirurgie atraumatique, permettant de préserver la vascularisation et la viabilité des structures osseuses est une autre condition essentielle afin d'éviter tout retard de guérison et de limiter les risques d'infection. Il est aussi nécessaire d'ajouter à cette chirurgie atraumatique un drainage aspiratif [70] [65].



Celui-ci aura deux buts :

- Favoriser la formation de ponts vasculaires entre l'os et les parties molles, ce qui va améliorer la consolidation en enlevant les collections de sang
- Drainer les hématomes post-opératoires. Ceux-ci peuvent être responsables d'infections post-opératoires étant donné qu'ils contiennent des germes dans 1/5 à 1/4 des cas [8] [85].

Remarque : une fixation interne n'est pas toujours nécessaire lors de fracture ; certaines fractures comme celles concernant les os distaux à l'articulation du coude et du genou, peuvent être traitées avec un traitement conservateur ou avec une fixation externe. Ce choix sera alors pris en fonction de l'âge, du tempérament de l'animal ainsi qu'en fonction des qualités d'infirmier du maître [65].

## **1.2 Les bases de la technique AO**

Pour appliquer de façon adéquate la technique AO, il est intéressant de connaître les mécanismes qui régissent la guérison osseuse.

L'os est un tissu particulier car sa matrice extra-cellulaire est calcifiée ce qui lui confère sa rigidité lui permettant de soutenir le poids du corps. Les fluides ne peuvent diffuser à travers ce tissu ; la nutrition des ostéocytes est alors assurée par une circulation intra-osseuse constituée par les canaux de Havers (comprenant chacun une artère et une ou plusieurs veines) qui se trouvent au centre des ostéones [25]. Ces canaux sont reliés entre eux par les vaisseaux de Volkman qui leurs sont perpendiculaires. Cette vascularisation particulière explique en partie les particularités de la cicatrisation osseuse [35].

### **1.2.1 La cicatrisation osseuse**

Lorsque l'os est fracturé celui-ci peut cicatriser de deux façons suivant les conditions auxquelles il est soumis. Ces deux types de cicatrisation sont appelées cicatrisation classique (ou cicatrisation par seconde intention) et cicatrisation par première intention.

#### **1.2.1.1 Cicatrisation osseuse classique**

Cette cicatrisation débute par une phase inflammatoire avec formation d'un hématome. Ces deux phénomènes entraînent le relargage de médiateurs chimiques responsables de l'attraction de cellules mésenchymateuses pluri-potentes et de l'activation de l'angiogénèse. Ces cellules proviennent du périoste, de l'endoste mais aussi des tissus mous voisins (on appelle cela l'apport extra-osseux) [14] [65].

Ces cellules colonisent le caillot et se différencient en fibroblastes, chondroblastes, ou ostéoblastes suivant les conditions locales [65].

En effet, si le milieu est riche en oxygène, les cellules mésenchymateuses vont se différencier en ostéoblastes qui formeront un cal osseux [65].

Si les conditions sont moins favorables, elles deviendront alors des chondroblastes et l'évolution de la cicatrisation se fera par une calcification du cartilage néoformé et une ossification endochondrale [14] [65].

Enfin, si les conditions sont défavorables, notamment lors de tensions au sein du site de fracture, les cellules mésenchymateuses se différencieront en fibroblastes, ce qui donnera un tissu fibreux, qui sera pour la cicatrisation osseuse, un obstacle à son bon déroulement [69].

La cicatrisation osseuse par seconde intention se caractérise de plus, par la formation d'un cal qui sera à la fois endosté, intra-cortical et périosté. Ce cal est formé par de l'os et du cartilage suivant les conditions d'oxygénation. Les endroits cartilagineux sont alors des faiblesses du point de vue de la stabilité [14].

La taille de ce cal dépend de nombreux paramètres dont le principal est la stabilité. Moins la fracture est stable et plus le cal sera important et inversement [14] [69].

Une fois la fracture stabilisée, le cal subira des modifications et ce remodelage conduira à une diminution de sa taille voire à sa disparition et le remplacement de l'os primaire par de l'os compact de type Haversien [65].

### **1.2.1.2 Cicatrisation osseuse par première intention**

Ce type de cicatrisation demande des conditions particulières qui sont une réduction parfaite des bouts osseux, et une compression du trait de fracture [14].

Contrairement à la cicatrisation classique, cette cicatrisation ne conduit pas à la formation d'un cal externe, les mouvements entre les bouts étant limités par la réduction et la compression inter-fragmentaire imposée par les implants [65].

Grâce à ces conditions, la cicatrisation osseuse se fera de la même façon que lors du remodelage osseux Haversien.

Deux situations peuvent se présenter toutefois lors de cicatrisation osseuse par première intention.

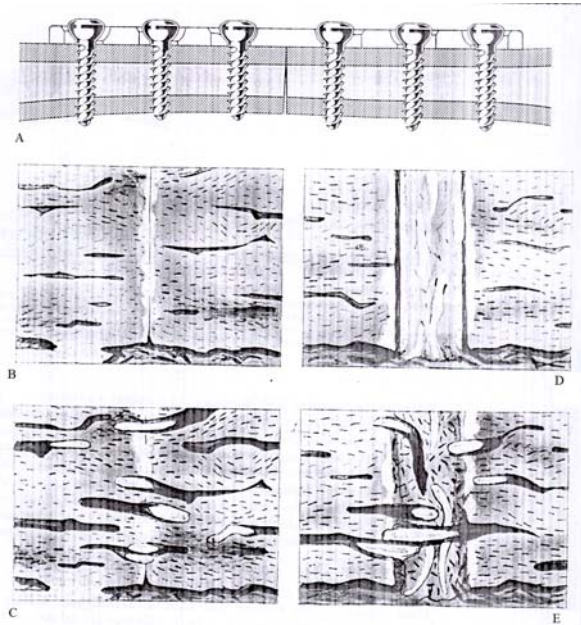
Les bouts osseux sont en contact étroit. Des cônes d'ostéoclastes se forment et donnent de nouveaux ostéones ; ceux-ci traversent le trait de fracture et relient peu à peu les deux bouts entre eux (figure 1) [5] [38] [87].

Les bouts sont proches mais non en contact (espace < 1 mm). Cet espace sera d'abord comblé par de l'os lamellaire, lui-même remplacé dans un second temps par de l'os compact orienté selon les contraintes mécaniques maximales (figure 1) [5] [38] [65].

Les avantages de la cicatrisation osseuse par première intention sont qu'elle permet un retour précoce à l'utilisation du membre et donc évite tout risque de maladie fracturaire [38].

Les inconvénients sont que dans les premières étapes de la reconstruction, la zone de la fracture est peu solide car la stabilisation n'est pas assurée par un cal osseux. Par conséquent pendant toute la phase de guérison, cette zone doit être protégée et il faut donc éviter toute sollicitation trop brutale.

Dans la pratique la cicatrisation osseuse est un mélange des deux types [38].



**Figure 1 : Cicatrisation osseuse par première intention chez un chien associée à la pose d'une plaque après ostéotomie. A : les corticales adjacentes à la plaque sont en contact, il n'y a pas de prolifération de cellules mésenchymateuses au niveau du périoste, ni au niveau de l'endoste. Par contre on peut noter un espace entre les deux corticales du côté opposé à la plaque. B : les abouts osseux en contact étroit ne montrent aucun changement durant les 3 premières semaines. C : à partir de la semaine 4, on observe un remodelage osseux haversien. On note une proliférations d'ostéones avec formation d'os de type haversien ce qui contribue à ponter l'ostéotomie. D : l'espace entre les deux corticales est d'abord comblé par des vaisseaux, qui apparaissent dans les 8 premiers jours. Ils sont accompagnés d'ostéoblastes qui déposent du tissu ostéoïde. Ceci forme des lamelles osseuses orientées à 90° par rapport à l'axe osseux. E : A partir de la semaine 4, les lamelles orientées transversalement sont remplacées par des ostéones orientées de façon axiale [65].**

## 1.2.2 Vascularisation osseuse

### 1.2.2.1 Vascularisation osseuse physiologique

L'os étant un tissu particulier avec sa matrice calcifiée qui empêche tout passage de fluide ; il nécessite une vascularisation particulière.

Cette vascularisation se sépare en trois systèmes en relation les uns avec les autres (figure 2) :

- Le système afférent
- Le système intermédiaire
- Le système efférent [8] [65].

Le système afférent se compose de l'artère nourricière et de ses subdivisions, des artères métaphysaires, périostées et des attaches musculaires qui apportent avec elles des vaisseaux. La majorité de la vascularisation au niveau de la corticale est assurée par l'artère nourricière et par les artères métaphysaires, les artères périostées n'irriguant que le tiers externe de la corticale [8] [65].

Le système intermédiaire correspond aux canaux de Havers et de Wolkman qui assurent la nutrition des ostéocytes (figure 2) [8].

Le système efférent est en fait constitué du système veineux ; il se trouve majoritairement sous la surface du périoste (exception faite de la veine nourricière qui assure le drainage de la corticale poche de la médulla) [8] [65].

La vascularisation au sein du tissu osseux se fait donc de façon centrifuge, de la médulla vers le périoste [87].

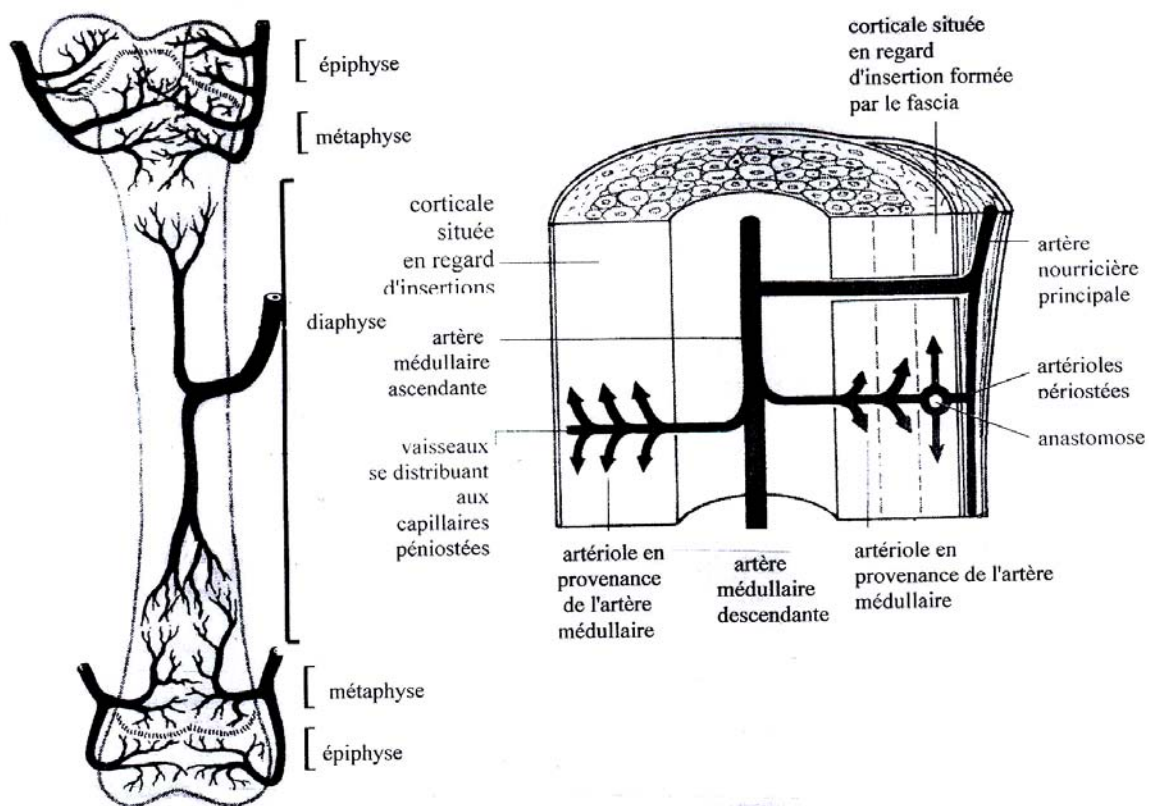


Figure 2 : Vascularisation osseuse à l'âge adulte. [8]

Remarque : pendant la croissance, les zones épiphysaires et métaphysaires des os longs reçoivent une vascularisation indépendante l'une de l'autre, ces deux zones étant séparées par le cartilage de croissance. Ceci explique la grande fragilité des zones épiphysaires pendant toute cette période car en cas d'arrêt de la vascularisation, cette zone ne peut recevoir de supplémentation sanguine, ce qui conduira à la nécrose de la zone épiphysaire [87].

### 1.2.2.2 Vascularisation osseuse après une fracture

Lors de fracture, cette vascularisation subit des perturbations plus ou moins graves suivant la complexité de la fracture.

Afin d'assurer une bonne vascularisation des fragments touchés et une bonne cicatrisation, les vaisseaux du système afférent vont s'hypertrophier (augmentation en taille mais aussi en nombre) [8] [14]. De plus une vascularisation supplémentaire va se mettre en place par le biais des tissus mous voisins : c'est la vascularisation extra-osseuse. Cette vascularisation va irriguer les fragments osseux détachés, la partie de la corticale dévitalisée et le cal périosté en développement [65] [87].

Cette vascularisation disparaîtra peu à peu avec la reconstitution de la cavité médullaire et la réapparition d'une circulation d'origine médullaire [69] [87].

### **1.2.3 Les effets de l'utilisation de vis et de plaque lors d'ostéosynthèse sur la vascularisation osseuse**

Le principal avantage de l'utilisation des plaques et des vis est de permettre une bonne stabilité du foyer de fracture, une utilisation précoce du membre et une croissance vasculaire qui peut se voir dès la première semaine suivant la pose [25] [70].

On a longtemps cru que l'application de plaque sur les os entraînait un arrêt de la vascularisation périosté, ce qui conduisait à une ostéopénie à l'endroit où la plaque était posée, cette surface ne recevant pas une vascularisation adéquate.

En principe ce phénomène devait donc être augmenté lorsque l'on modelait les plaques de façon à ce qu'elles suivent l'anatomie des os auxquelles elles étaient apposées.

Néanmoins, en pratique, ce n'est pas le cas et il n'y a aucune différence (concernant les effets néfastes sur l'os) entre des plaques précontraintes ou posées telles quelles [5].

En fait il a été démontré que la pose de tels implants cause des altérations immédiates dans le flux sanguin cortical. Ce phénomène se produit non seulement au niveau de la corticale qui se trouve sous l'implant mais aussi du côté opposé. Ce changement dans le flux sanguin cause des modifications au niveau du micro-environnement de la corticale ce qui conduit à une absence de croissance vasculaire et une résorption osseuse [87].

D'autre part vient s'ajouter la protection de l'os par l'implant vis-à-vis des sollicitations mécaniques physiologiques auxquelles l'os est habituellement soumis : ce phénomène appelé : « stress protection » est réversible et l'os retrouve son épaisseur dès que la protection cesse [5] [15].

Enfin concernant la pose des vis, les trous qu'il est nécessaire de former pour les placer sont responsables de traumatismes qui affectent la vascularisation de l'os [87].

Par conséquent le choix de la pose de plaque et de vis doit être un choix raisonné en fonction des conditions de viabilité des fragments osseux.

## **1.3 Les plaques en T**

### 1.3.1 Les différents types de plaque en T

On distingue dans les plaques en T plusieurs familles (tableau1 et figure 3) :

- Les minis plaques qui correspondent aux vis de diamètre 1.5-2.0 mm [46] [63]
- Les plaques en T pour les vis de diamètre 2.7-3.5 mm [1] [64]
- Les plaques utilisées pour les diamètres de vis 4.5-6.5 mm que l'on utilise souvent pour soutenir les plateaux tibiaux (certaines lors de fracture de l'humérus) [71]

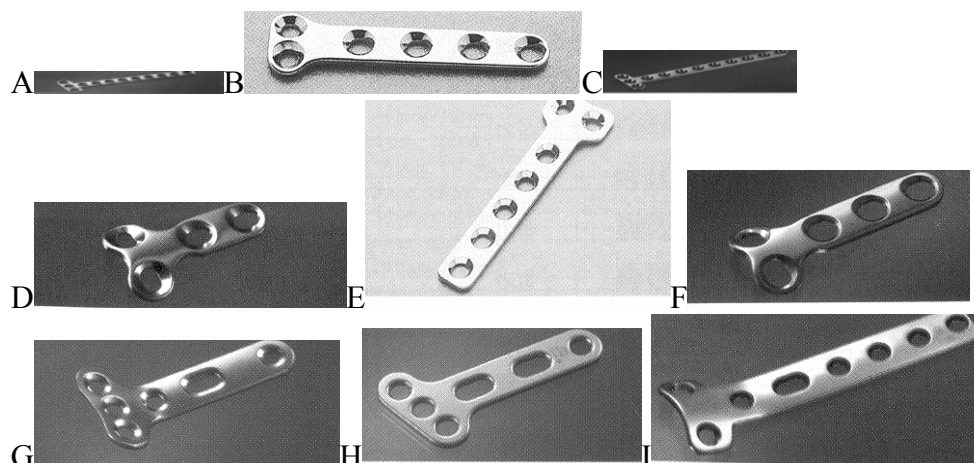


Figure 3 : Quelques exemples de plaques en T. A : mini-plaque en T 1.5 mm 9 trous. B : mini-plaque vétérinaire en T 2.0 mm. C : mini-plaque en T 2.0 mm 9 trous. D : mini-plaque en T 2.0 mm 1/3 tube. E : plaque en T pour vis de 2.7 et 3.5 mm. F : plaque en T 2.7 mm. G : plaque en T 3.5 mm à angle droit. H : plaque en T de 3.5 mm oblique plate. I : plaque en T 4.5 mm. [46] [64] [71] [72]

Types de plaques	Diamètre des vis utilisées	Nombre de vis Tige/Tête	Angle Tige/Tête	Epaisseur	Longueur	Largeur	Distance entre deux trous
Mini-plaque	1.5	9/3	/	0.9 (pour	50	3.8	5.0

en T 1.5 mm (Tige 9 trous)	2.0	9/4		acier) 1.0 (pour titane)			
Mini-plaque en T 2.0 mm 1/3 Tube	2.0	2/2	/	1.0	18	5.0	6.0
Mini-plaque en T 2.0 (tige 9trous)	2.0	9/3 9/4	/	1.2	50	5.0	5.0
Plaque en T vétérinaire 2.0 mm	2.0	4/2	/	1.5	34	5.0	/
Plaque en T 2.7 mm	2.7	3/2	/	1.2	32	7.0	8.0
Plaque en T 2.7 mm vétérinaire	2.7 3.5	5/2	/	2.0	64	9.0	/
Plaque en T oblique 3.5 mm (gauche et droite)	3.5 4.0	3/3 4/3 5/3	/	1.5	52 63 74	10.0	/
Plaque en T angle droit	3.5 4.0	3/3 4/4 5/3 6/4	20°	1.2	50 56 67 78	10.0	/
Plaque en T 4.5 mm	4.5 6.5	3/2 4/2 5/2 6/2 7/2 8/2	22°	2.0	68 84 100 116 134 148	17.0	/
Plaque en T de soutien 4.5 mm	4.5 6.5	4/2 5/2 6/2	/	2.0	81 96 112	17.0	/

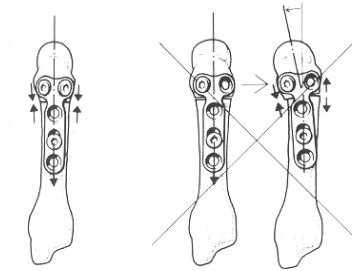
**Tableau : Les différents types de plaque en T et leurs caractéristiques techniques. (les mesures sont en mm)**

### **1.3.2 La pose de plaque en T**

Contrairement aux plaques droites pour lesquelles on place un vis de chaque côté de la fracture dans un premier temps, la pose de plaque en T nécessite de placer tout d'abord les vis

de la tête puis les vis de la tige afin d'éviter toute erreur de réduction de la fracture (Figure 4) [45] [71].

Pour les plaques de 3.5-4.5 mm, on peut dans un premier temps fixer la tige de la plaque grâce à une vis placée dans le trou de forme ovale, puis on fixera les vis de la tête. Le placement d'une vis au niveau de ce trou ovale permet de moduler la position de la plaque par rapport aux bouts osseux [2] [70].



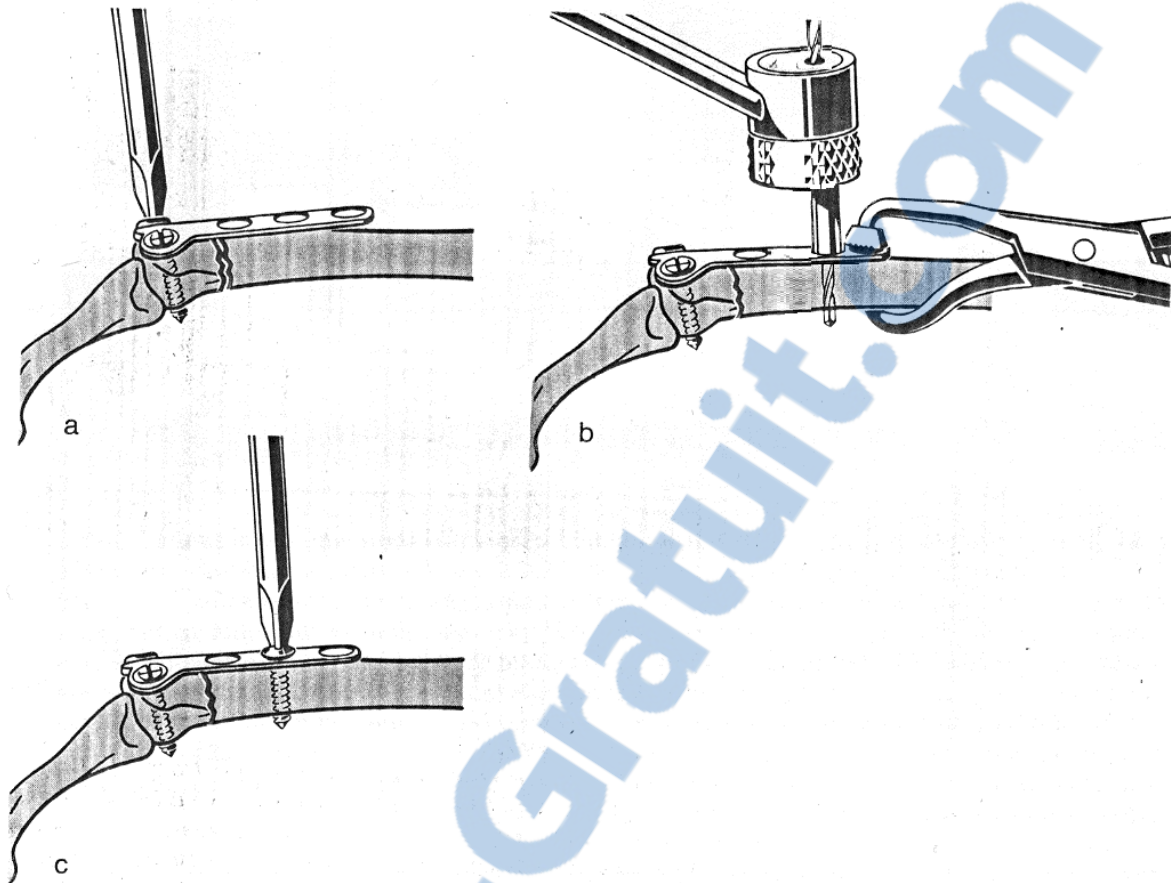
**Figure 4 : Mise en place d'une plaque en T**

**a : vis de la tête fixées en premier lieu, cela évite tout mouvement au niveau de la fixation**

**b : si une vis est placée de chaque côté de la fracture, des mouvements des bouts osseux sont encore possibles et peuvent entraîner un défaut de réduction [71]**

Les plaques en T peuvent s'utiliser comme les plaques droites en compression (Figure 5), neutralisation ou en soutien [45].





**Figure 5 : Pose de vis pour une plaque en T utilisée en compression. [64]**

**a : les deux vis de la tête sont fixées**

**b : on perce un trou pour la première vis qui va mettre le foyer de fracture en compression**

**c : le serrage de cette vis permet la mise en compression**

Après avoir vu les principes de la guérison osseuse ainsi que les principes de la pose des plaques en T ; nous allons désormais nous attacher à décrire les principales utilisations des plaques en T chez les carnivores domestiques.

## **L'utilisation des plaques en T**



## 2 L'utilisation des plaques en T

### 2.1 Les fractures de la mandibule

Les fractures de la mandibule représentent 3% de toutes les fractures chez le chien, et 15% chez le chat, la majorité de ces fractures touchant la symphyse entre les deux mandibules.

Dans la plupart des cas, la cause est un traumatisme et près de 70% de ces fractures sont ouvertes [78].

Les complications associées à ces fractures sont des problèmes de malocclusion (35% des complications), des infections (27%) et des retards de consolidation (7%) [78].

Pour la fixation de ces fractures, les plaques donnent d'excellents résultats notamment dans les cas de fracture complexe [28].

Lors de fracture simple, les plaques peuvent être intéressantes car elles autorisent une mise en compression du trait de fracture.

Pour les fractures comminutives, la réduction peut être assurée par des vis de traction ou des cerclages eux même protégés par une plaque [78].

Les plaques en T sont utilisées pour les fractures hautes de la mandibule. Leur avantage n'est pas ici leur forme particulière, mais le fait que ces plaques soient malléables dans plusieurs plans au niveau de la jonction tête-tige. Ceci permet de contourner la plaque de façon adéquate afin de permettre une meilleure réduction.

La plaque en T est alors fixée la tête sur le fragment supérieur, la tige sur le fragment de la mandibule (Figure 6).

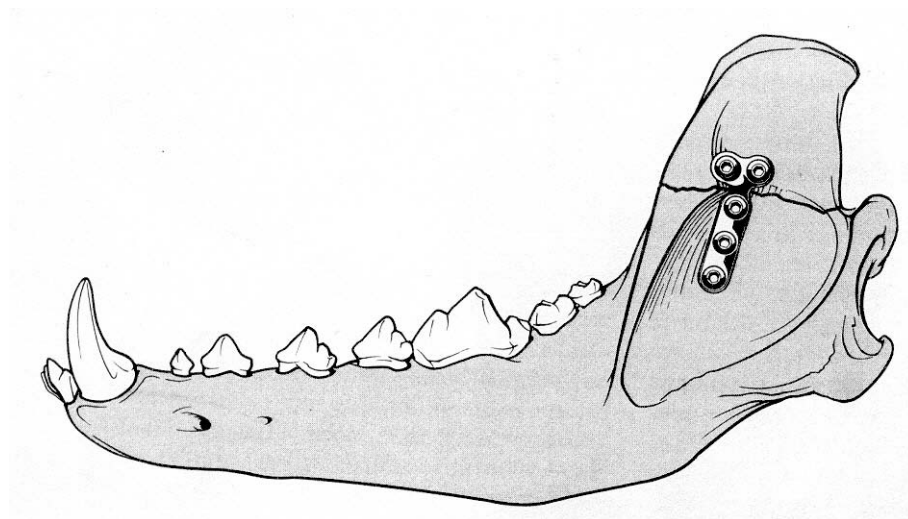


Figure 6 : Fracture de la branche montante de la mandibule stabilisée avec une plaque en T. [78]

## **2.2 Les fractures de la scapula :**

La scapula est un os servant de support au membre thoracique. Ces fractures sont peu fréquentes puisqu'elles ne représentent que 0.5 à 2.4% de toutes les fractures chez les carnivores domestiques.

La majorité de ces fractures sont causées par des véhicules dans 70.5% des cas [22].

On peut diviser les fractures de la scapula en trois groupes :

- Les fractures du corps et de l'épine scapulaire
- Les fractures du col
- Les fractures de la cavité glénoïde et du tubercule supra-glénoïdien [55].

Les plaques en T s'utilisent ici pour les fractures du col, du corps et de l'épine scapulaire.

### **2.2.1 Les fractures du corps et de l'épine scapulaire**

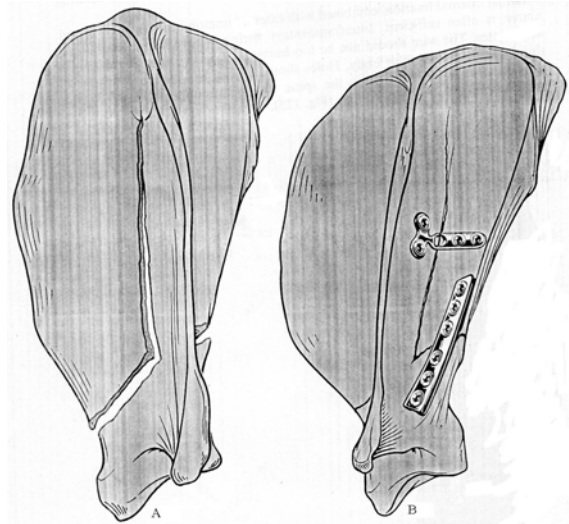
Ces fractures subissent ordinairement un déplacement minime car la musculature et le thorax maintiennent les fragments en place [11] [44].

La réduction à foyer ouvert sera recommandée lors d'instabilité sévère, quand le déplacement est cosmétiquement incorrect ou lorsque le déplacement risque de modifier les axes de l'articulation scapulo-humérale et donc de provoquer une arthrose secondaire de l'épaule.

Les divers traitements peuvent aussi combiner réduction ouverte minime (cerclage...) et immobilisation externe (écharpe de Velpeau...) [11] [44] [52].

Lors de pose de plaque, celle-ci doit être fixée le plus proche de l'insertion de l'épine scapulaire sur le corps afin de permettre un ancrage suffisant des vis dans la scapula [55].

Les fractures nécessitant la pose de plaque en T sont peu communes et intéressent la partie où l'épine scapulaire se fixe sur le corps. La plaque est alors placée coudée au niveau de la jonction épine-corps avec la tête sur l'épine et le corps sur celui de la scapula (Figure7) [55].



**Figure 7 : Utilisation d'une plaque en T lors de la fracture de la jonction corps-épine de la scapula. [55]**  
**a : vue latéro-latérale d'une fracture du corps de la scapula, l'épine est intacte mais elle est séparée du reste du corps ;**  
**b : même vue après fixation avec une plaque droite et une plaque en T pour stabiliser l'épine**

Une immobilisation externe associée est recommandée pendant 10 à 14 jours après la fixation [55].

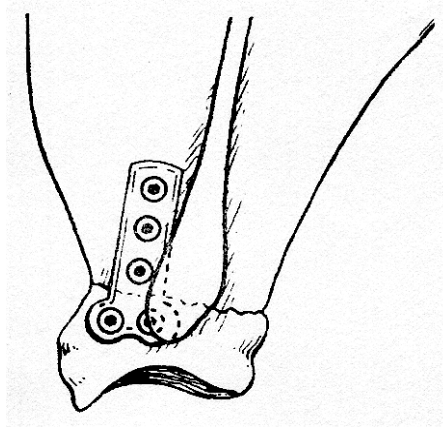
### **2.2.2 Les fractures du col de la scapula**

Le traitement de ce type de fracture passe par une réduction ouverte et une fixation interne. Plusieurs méthodes peuvent être alors utilisées. Des broches ou des clous implantés de façon croisés du corps vers le col ; des broches peuvent aussi être introduites toutes les deux à partir de la tubérosité supra-glénôïde ou une à partir de la tubérosité et l'autre en partie caudale[11] [52] [77].

Pour les chiens plus imposants, une vis à os spongieux peut être utilisée à la place de la broche au niveau de la tubérosité supra-glénôïde, une autre alternative pour ce type de chiens est la pose de plaque en T ou en L [55] [77].

La plaque en T est alors placée avec sa tête prenant appui sur le fragment distal, la tige sur le fragment proximal ; l'intérêt de la forme en T réside ici dans la possibilité de pouvoir poser au moins deux vis dans le fragment distal qui est souvent plus large que long (Figure 8) [56].

Au moment de la pose il est impératif de prendre garde et de ne pas léser le nerf supra-scapulaire [11].

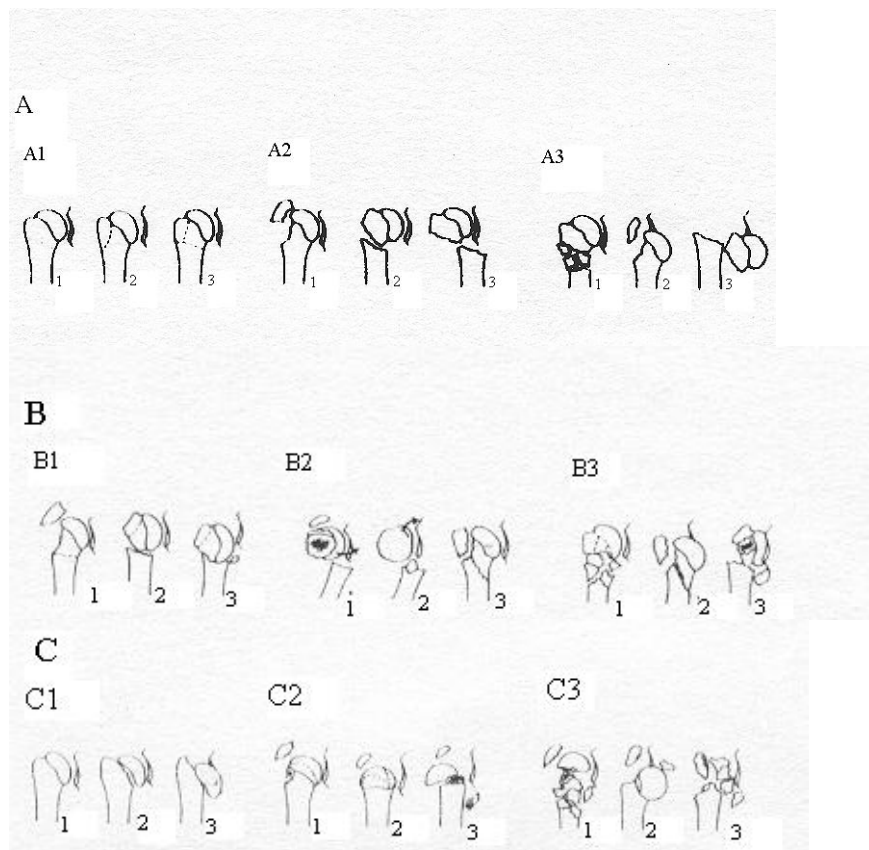


**Figure 8 : Utilisation d'une plaque en T lors d'une fracture transverse du col de la scapula. [56]**

En post-opératoire, il faut encourager une reprise de la marche précoce et procéder à des exercices passifs de l'épaule. On peut éventuellement ajouter une immobilisation externe pendant 10 à 14 jours. Le pronostic de ce type de fracture est en général favorable quand il n'y a pas de dommages collatéraux (atteinte thoracique, côte...) [11] [55].

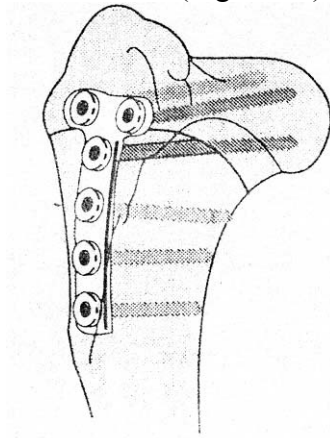
### **2.3 Les fractures proximales de l'humérus**

Parmi les fractures proximales de l'humérus, celles concernées par la pose de plaque en T sont les fractures situées distalement au grand tubercule et à tête humérale [50]. Chez l'homme on utilise les plaques en T lors de fractures humérales proximales, comminutives (type A3/1 selon la classification de MONTAVON et HEIM), pour les fractures transverses et obliques (type B, voire C1/2, C2/2, C2/3, figure 9) [79].



**Figure 9 : Classification des fractures proximales de l'humérus selon MONTAVON et HEIM. [79].**

La plaque en T sert en fait dès que le fragment proximal est trop court pour poser deux vis dans sa longueur. Si possible une vis de traction est insérée depuis le fragment distal vers la tête humérale afin de stabiliser l'ensemble (Figure 10).



**Figure 10 : Pose d'une plaque en T lors de fractures humérales proximales. [50].**

Il faut noter que les fractures proximales humérales sont peu fréquentes; en effet les fractures se localisent de façon préférentielle au niveau du tiers moyen ou distal de l'humérus. De plus les fractures nécessitant la pose d'une plaque en T sont elles-mêmes excessivement rares. Les fractures proximales humérales touchent les animaux en croissance avec décollement épiphysaire pour lesquels le traitement par plaque n'est pas recommandé [50].



Dans la majeure partie des fractures proximales chez les animaux adultes, on préfère utiliser des vis de tractions seules, ou une plaque droite lorsque le fragment proximal le permet ce qui est souvent le cas [50].

## 2.4 Les fractures du radius et de l'ulna

Ces fractures sont très fréquentes chez les carnivores domestiques puisqu'elles représentent 17 à 18% de toutes les fractures répertoriées pour ces espèces [27].

Ces fractures peuvent se classer de la façon suivante :

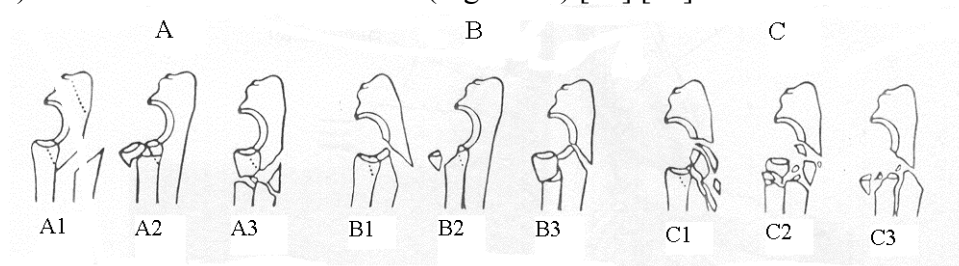
- Fractures de l'extrémité proximale de l'ulna concernant l'incisure trochléaire
- Fracture-décollement de l'épiphyse proximale de radius
- Fracture de l'extrémité proximale de l'ulna avec luxation du radius
  - Fracture de l'extrémité proximale avec luxation de la tête du radius et du reste de l'ulna
  - Fracture de l'extrémité proximale avec luxation de la tête du radius et disjonction radius-ulna (Fracture de Monteggia)
- Fracture diaphysaires
- Fractures de l'extrémité distale du radius et de l'ulna
  - Fractures articulaires distales ou fractures du processus styloïde
  - Fractures disjonctions de l'épiphyse distale du radius [12].

Les fractures concernées par la pose de plaque en T sont les fractures proximales et distales du radius

### 2.4.1 Fractures proximales du radius

Ces fractures sont rares. En effet, habituellement c'est le condyle huméral qui se fracture en premier [12] [27] [66].

Les types de fractures concernant la pose de plaque en T sont les fractures de type A2 (fracture de la tête du radius), A3 (fracture radiale et ulnaire) et B2 (fracture radiale articulaire) selon MONTAVON et HEIM (Figure 11) [57] [66].



**Figure 11 : Classification des fractures proximales du tibia et de la fibula selon MONTAVON et HEIM. [57]**

La fracture de l'épiphyse proximale du radius est le plus souvent latérale et s'accompagne d'un déplacement crânial du fragment proximal; parfois même elle est associée à une luxation du coude [57].

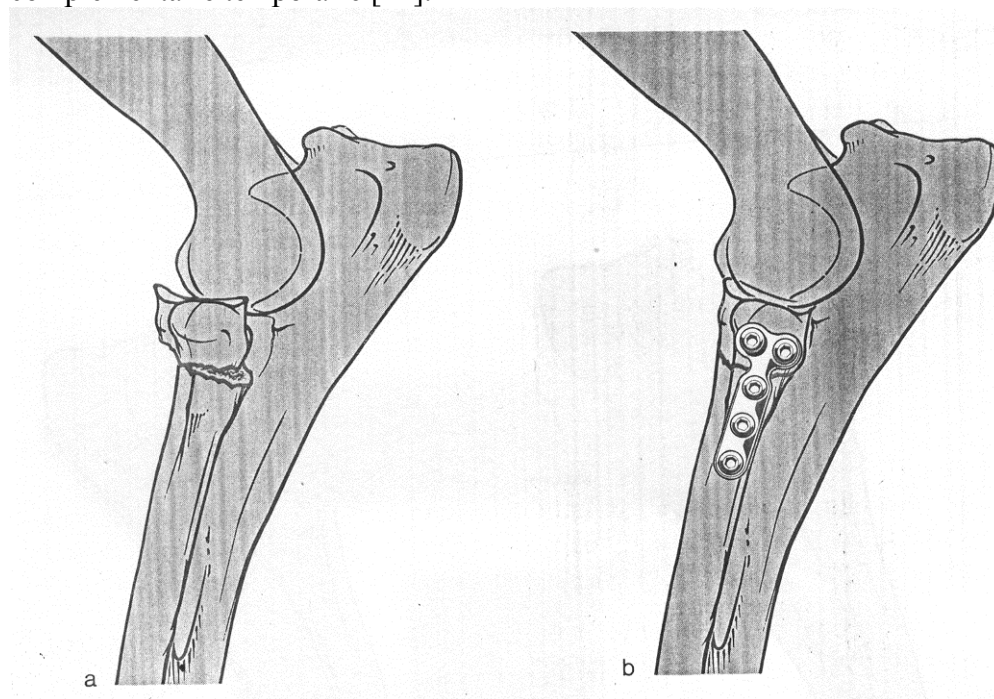
Lors de type B2 donc lors de fracture articulaire, il faut procéder à une réduction anatomique et une fixation stable [27]. Cette nécessité est majorée par le fait que l'articulation huméro-radiale supporte la plus grande partie des forces transmises par l'humérus (chez l'homme cette articulation supporte 57% des forces transmises par l'humérus). De plus l'articulation du coude est l'articulation centrale du membre avant [33] [53].

Pour le traitement des fractures déplacées ou instables, on va utiliser des fixations internes qui peuvent être des broches ou des vis de tractions seules [16] [57]. Dans les cas de fractures peu stables, comminutives ou s'il faut fixer la tête du radius à son col et au reste du fût radial, il faudra alors procéder à la pose d'implant plus conséquent, telle une plaque en T [53].

Les plaque en T seront nécessaires lorsqu'il est impossible de placer au moins deux vis dans le fragment proximal avec une plaque droite.

La plaque est posée latéralement ou crânialement, en commençant par les vis de la tête sur le fragment proximal puis les vis de la tige (Figure 12). Cette plaque peut être utilisée en compression, soutien ou neutralisation [57].

Un pansement de Robert-Jones peut éventuellement être ajouté pour immobilisation complémentaire temporaire [12].



**Figure 12 : Traitement d'une fracture proximale radiale (type A2) par une plaque en T.**

**a : vue latéro-médiale de la fracture**

**b : même vue après réduction et fixation avec une plaque en T posée latéralement [33].**

## **2.4.2 Fractures distales du radius**

Ces fractures sont propices au développement de non-union, pour cela il est nécessaire de procéder à une fixation stable tout en évitant de compromettre la vascularisation des bouts osseux [57].

Les techniques de réparation dépendent de l'étendue des lésions, on pourra tout aussi bien utiliser une plaque droite, en T, en L, des vis de traction, un haubannage (lors de fractures de processus styloïde).

Les plaques en T sont utilisées lors de fractures métaphysaires ou épiphysaires distales chez l'adulte lorsqu'il est impossible de placer au moins deux vis dans le fragment distal sur une plaque droite. Ce sont les fractures de type A2 et A3 dans la classification de MONTAVON et HEIM (Figure 13, radiographie 1) [57].

La plaque est posée sur la partie crâniale du radius (Figure 14) [57] [68].

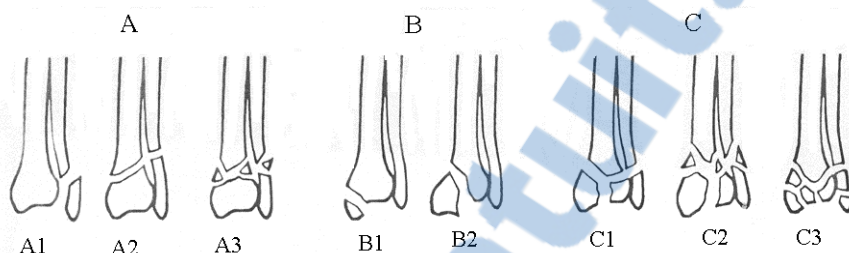


Figure 13 : Classification des fractures distales du radius et de l'ulna selon MONTAVON et HEIM. [57].

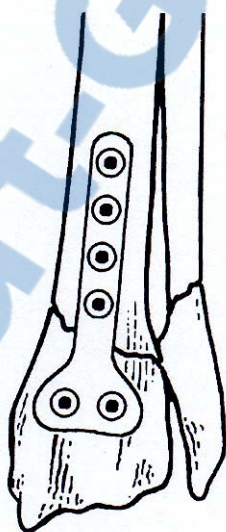
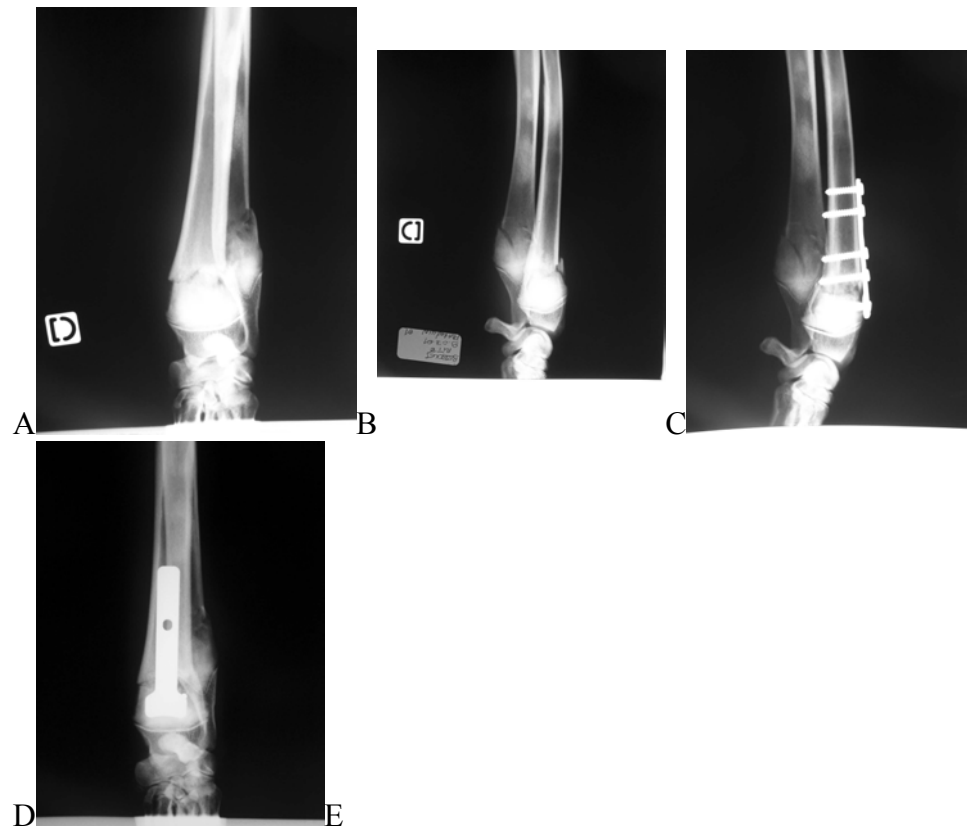


Figure 14 : Fracture distale du radius (type A2) fixée avec une plaque en T. [57].



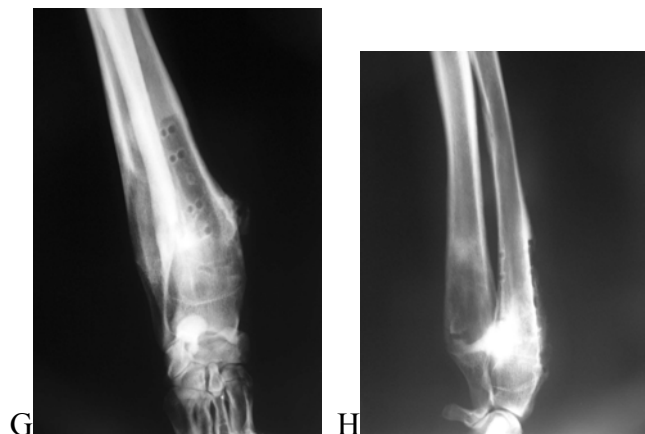
*Rapport-gratuit.com*

LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES



F





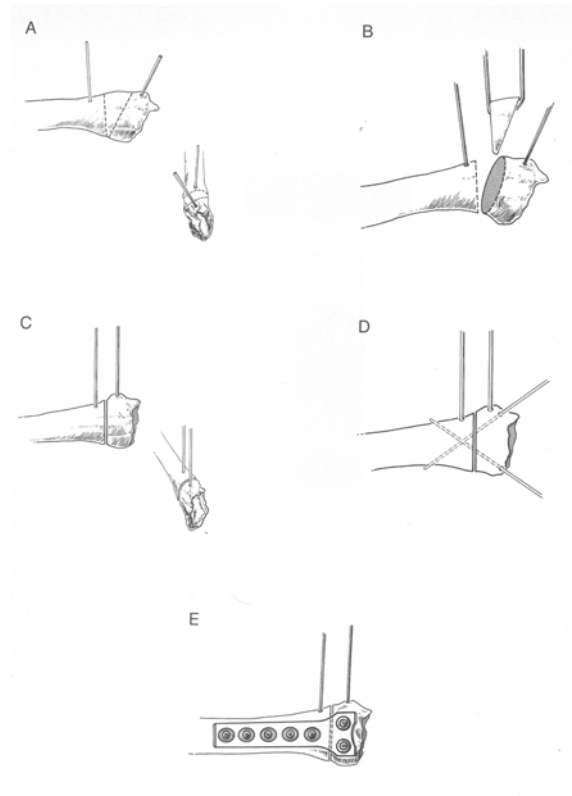
**radiographie 1 : fracture distale du radius associée à une fracture distale de l'ulna (type A2). A : vue antéro-postérieure. B : vue latérale. C : vue latérale après fixation avec une plaque en T. D : vue antéro-postérieure après fixation. E : vue antéro-postérieure après 6mois. F : vue latérale après 6 mois. G : vue antéro-postérieure après retrait de l'implant (à noter que le traumatisme du cartilage de croissance a conduit à un valgus de la main). H : vue latérale après retrait de l'implant**

Les plaques en T sont aussi utilisées lors de fractures complexes articulaires où une réduction anatomique est nécessaire [76]. Elles sont associées à des vis de traction ou de broches afin d'assurer le maintien des esquilles entre elles [12].

On se sert aussi des plaques en T dans le cadre d'ostéotomies correctrices lors de troubles de la croissance du couple radius-ulna avec fermeture précoce d'un des cartilages de croissance. Les plaques en T sont ici intéressantes lors d'ostéotomie radiale distale (Figure 15) [1].

En effet, cette ostéotomie se fait dans la zone de courbure maximale, ce qui permet une correction plus aisée ; or cette zone bien souvent distale nécessite quelque fois une fixation par plaque en T [47].





**Figure 15 : Utilisation d'une plaque en T sur une ostéotomie correctrice sur l'extrémité distale du radius**  
**A : pose de deux broches de façon à mesurer les angles de l'ostéotomie**  
**B : ostéotomie angulaire de l'extrémité distale du radius**  
**C : radius une fois le coin enlevé**  
**D : fixation provisoire à l'aide de deux broches croisées**  
**E : fixation avec une plaque en T. [1]**

Une dernière utilisation est le traitement des pseudarthroses métaphysaires ou épiphysaires consécutives à une fracture de l'extrémité distale du radius et qui nécessite une fixation solide par plaque [37].

## **2.5 Arthrodèses du carpe**

### **2.5.1 Arthrodèse : généralités**

Une arthrodèse est une procédure qui vise à éliminer tout mouvement dans une articulation en provoquant la fusion des os qui la composent.

On considère qu'il existe trois indications majeures aux arthrodèses [67] [42]:

- Les causes traumatiques : les fractures, les luxations, les atteintes ligamentaires entraînant une instabilité chronique qui provoquera une arthrose et une douleur

consécutives aux mouvements anormaux et aux tensions sur les tissus mous et les nerfs [24],

- Les causes acquises: comme les arthrites septiques, ou à médiation immunitaire. Elles créent une détérioration et une usure des cartilages et des tissus mous, ceci provoque une libération de substances inflammatoires qui auto-aggravent le processus [36] [45],
- Les causes congénitales : la luxation congénitale du coude, malformations du carpe [36].

### **2.5.2 Particularité de l'arthrodèse du carpe**

Les indications sont le plus souvent les hyperextensions du carpe (touchant les articulations médiocarpiales et carpométacarpiales), les fractures anciennes, les luxations irréductibles ou instables, les arthrites, les lésions des ligaments du carpe [15] [71] [78].

Au niveau de cette articulation on peut procéder à une arthrodèse totale ou partielle.

L'arthrodèse partielle reste préférable quand elle est possible. En effet, elle laisse une grande partie de la mobilité articulaire. Dans ce cas, seules les articulations distales du carpe sont fusionnées et l'articulation antebrachio-carpale est laissée libre. Or cette articulation est responsable de 85% des mouvements du carpe et donc en laissant cette articulation sans fixation le carpe conserve quasiment toute sa mobilité [54] [73] [75].

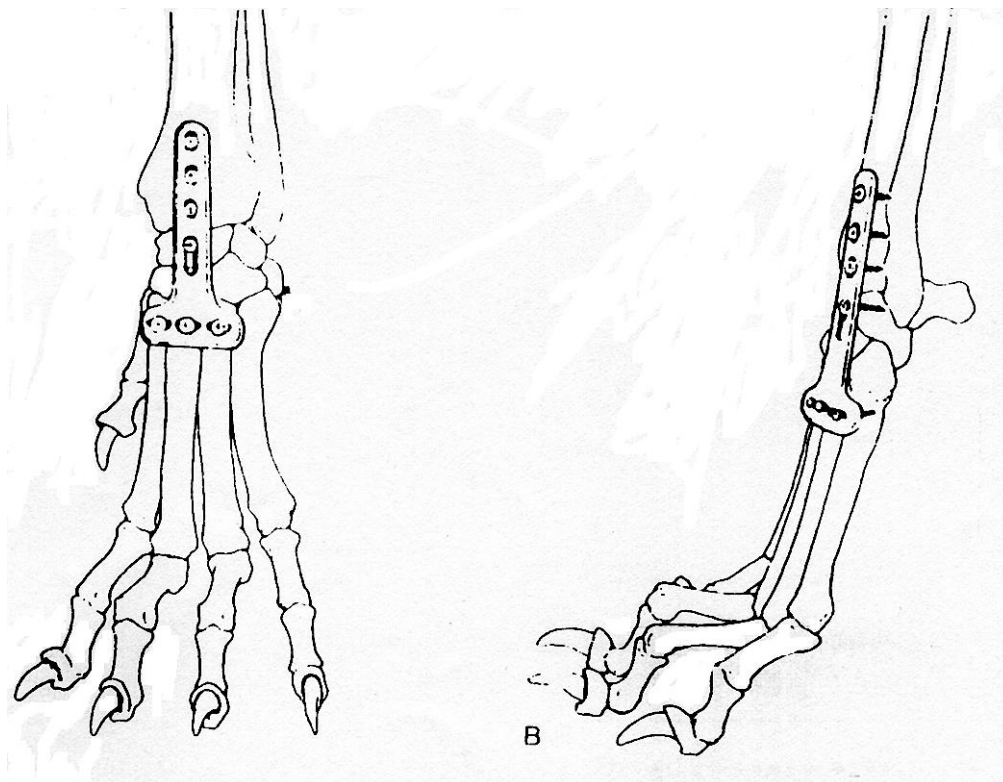
### **2.5.3 Arthrodèses du carpe avec les plaques en T**

Les plaques en T lors d'arthrodèses du carpe sont toujours positionnées sur la face crâniale du membre [48].

L'articulation est fixée avec une plaque DCP (ce qui présente l'avantage de mettre le montage en compression), le carpe est en extension de 5° à 15° [39]. Pour les chats, l'articulation peut être mise en légère hyperextension de 20° à 30° afin d'éviter tout traumatisme des griffes [54] [82].

Pour les panarthrodèses ou arthrodèses totales, la tête de la plaque est posée sur la base des os métacarpiens II, III, et IV, les vis de la tige seront alors fixées sur l'os radial du carpe et sur le radius (Figure 16) [17] [82].

L'avantage de cette technique avec une plaque en T est de permettre une meilleure fixation distale, car la plaque prend appui sur plusieurs os métacarpiens ce qui est impossible avec une plaque droite. Ceci permet d'éviter les fractures de fatigue de l'os métacarpien III qui est l'unique point d'ancrage lors de fixation de plaque droite. L'autre solution serait de poser plusieurs plaques droites côte à côte [17].



**Figure 16 : Arthrodèse totale du carpe avec une plaque en T. 17].**

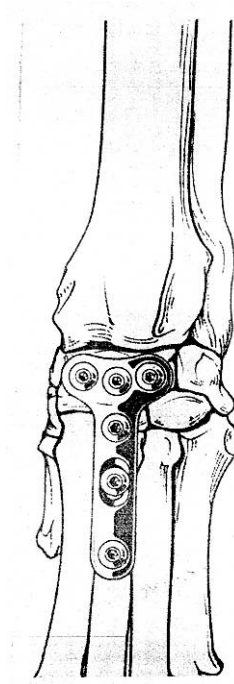
**A : vue dorso-palmaire**

**B : vue latéro-médiale.**

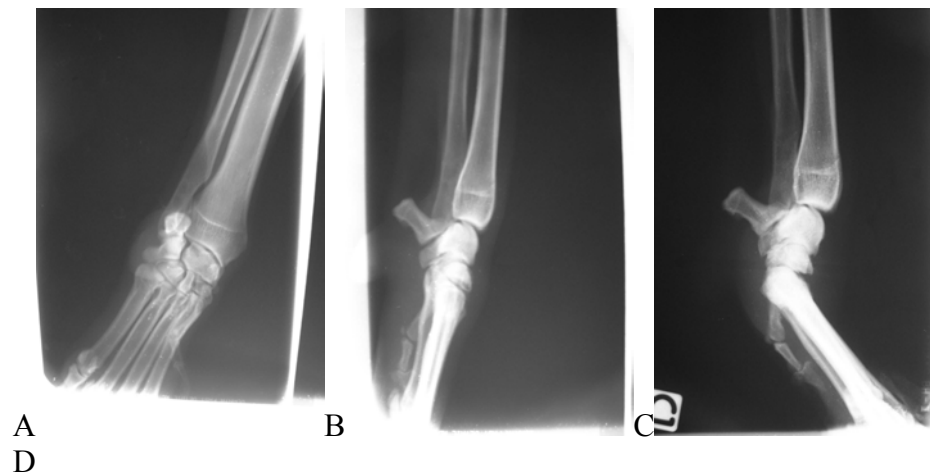
Dans les arthrodèses partielles, seules les articulations médiocarpiennes, intercarpiennes et carpométacarpiennes sont concernées par la fusion (radiographie 2) [54] [58] [74] [86].

La tête de la plaque est fixée sur l'os radial du carpe, la tige est fixée sur le troisième os du carpe et l'os métacarpien III ou IV (Figure 17) [58] [82]. Il faudra prendre garde à fixer la plaque de façon suffisamment distale sur l'os radial afin d'éviter que la tête de la plaque ne vienne buter contre la partie distale du radius lors des mouvements d'extension du carpe [17] [48] [74].

La taille des implants dépend du poids de l'animal : pour un chien (ou chat) de 5-10 kg on utilisera des implants de 1.5 à 2.0 mm, pour un animal de 10-27 kg on préférera des implants de 2.7mm, pour des chiens de plus de 27 kg on choisira des implants de 3.5 mm ou plus [58].



**Figure 17 : Arthrodèse partielle du carpe avec une plaque en T. [48].**





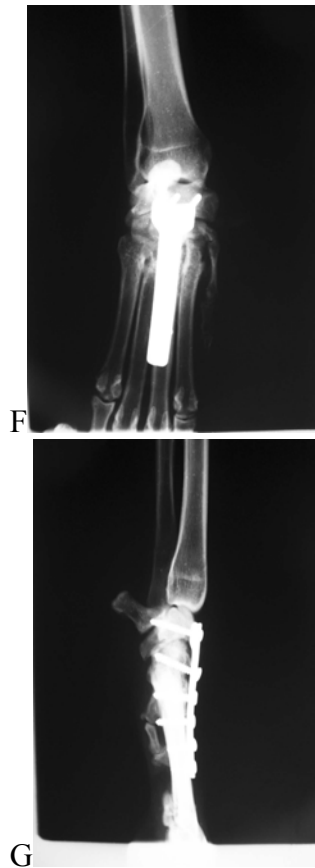
E



*Rapport-gratuit.com* 

LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

This is a black and white X-ray image of a human hand, specifically focusing on the thumb (pollex). A clear, transverse fracture is visible in the proximal phalanx of the thumb. The fracture is stabilized with a small intramedullary nail and a locking screw. The surrounding bone structure, including the metacarpals and other phalanges, appears relatively normal. The background is dark, making the white bone structures stand out.



**radiographie 2 : Arthrodèse partielle du carpe suite à une hyperextension du carpe (articulation carpo-métacarpienne). A : vue dorso-palmaire. B : vue latérale. C : vue latérale après mise sous contrainte. D : vue dorso-palmaire après arthrodèse partielle avec une plaque en T. E : vue latérale après fixation. F : vue dorso-palmaire après 1 mois. G : vue latérale après 1 mois.**

L'arthrodèse est ensuite protégée pendant 6-8 semaines avec un bandage associé à une attelle palmaire [48] [75].

## **2.6 Les fractures des métarpes/métatarses**

Le plus souvent ces fractures touchent les doigts II ou V (soit le médial soit le latéral) ; sur ces os se situent les insertions ligamentaires d'où des problèmes d'instabilité en valgus (II) ou en varus (V) [26] [58]. On peut éventuellement assister à des problèmes d'hyperextension de l'étage carpo-métacarpien dus à des lésions des ligaments concernés [10] [13].

L'utilisation de plaque pour la fixation de ces fractures se fait habituellement sur des chiens de grandes races ou de races géantes [10]. Les plaques en T seront ici intéressantes lorsque la fracture se situe à proximité d'une articulation et ne permet pas la pose de deux vis dans un des fragments avec une plaque droite. Les implants utilisés dans ces cas sont les plaques et les vis de 1.5-2.0 mm [43].

La fixation par plaque s'effectue essentiellement sur les doigts III et IV qui sont les doigts porteurs [26].



L'avantage des plaques dans ces fractures est de procéder à une réduction anatomique, d'éviter un cal imposant et de permettre une reprise d'activité précoce [43].

Les soins en post-opératoire comprennent une immobilisation à l'aide d'une attelle palmaire ou un plâtre pendant 3 à 4 semaines ainsi qu'une limitation d'exercice pendant ce même laps de temps [24] [26].

## **2.7 Les fractures du bassin**

### **2.7.1 Généralités**

Les fractures du bassin correspondent à 20-30% des fractures chez les carnivores domestiques [7]. Les fractures sont rarement ouvertes mais sont souvent multiples. Ceci peut s'expliquer par la configuration du bassin que l'on peut comparer à un cadre rigide composée par les coxaux (ilium, ischium et pubis) et du sacrum. Ces structures étant en relation les unes avec les autres, une fracture déplacée d'un côté entraînera une autre fracture ailleurs dans la structure. Il est par conséquent intéressant de procéder à des radiographies selon au moins deux incidences [3].

Au sein du bassin, les fractures se répartissent de la façon suivante :

- Fractures iliaques : 18.2%
- Fractures du pubis : 28.2%
- Fractures acétabulaires : 14.6%
- Fractures de l'ischium : 23.1%
- Lésions de l'articulation sacro-iliaque : 15.9% [40].

Les indications du traitement chirurgical des fractures du bassin sont :

- Les fractures avec une réduction importante du canal pelvien ce qui peut donner des problèmes ultérieurs (dystocie, constipation...)
- Les fractures touchant le bord crânio-dorsal de l'acétabulum
- Les fractures provoquent une instabilité du bassin
- Les fractures pour lesquelles le traitement conservateur est impossible à cause de l'animal ou du propriétaire
- Lorsqu'il s'agit d'un animal de course [3] [51].

Ce traitement doit être entrepris le plus tôt possible dans les quatre jours suivant le traumatisme. Après 7 jours, la réduction devient alors difficile à cause de la fibrose et de contracture musculaire qui se sont installées [18].

Le traitement ne visera pas à traiter toutes les fractures du bassin, les plus importantes à réduire étant les luxations sacro-iliaque, les fractures touchant l'ilium, l'acétabulum et le corps de l'ischium [7] [18].

Dans de nombreux cas, le simple fait de réduire ces fractures entraînera la réduction des autres fractures (le bassin agissant comme un cadre rigide) [59].

Dans le traitement chirurgical, même si de nombreuses possibilités existent, les meilleurs résultats sont obtenus grâce à l'application de plaque et de vis.

Parmi les fractures, celles concernant la pose de plaque en T sont les fractures iliaques et les fractures acétabulaires.

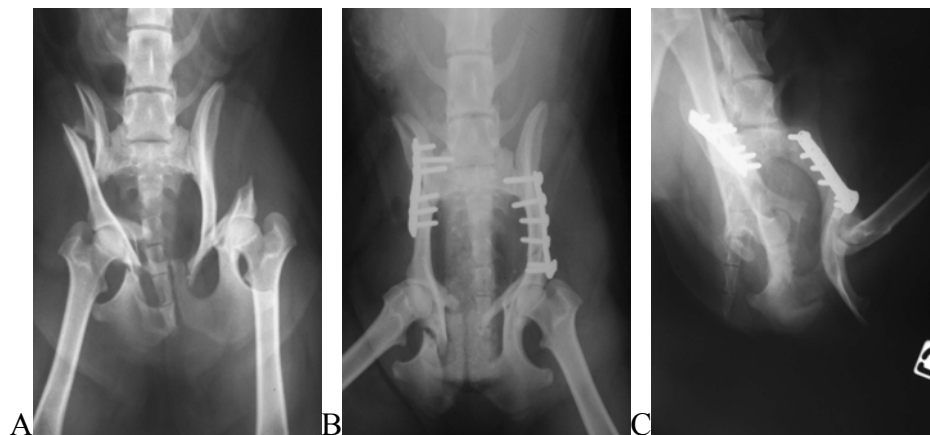
### 2.7.2 Les fractures de l'ilium

Ces fractures sont le plus souvent obliques avec un fragment caudal déplacé crânialement et médialement, ce qui aggrave les risques de lésion du nerf sciatique (radiographie 4) [7] [59].

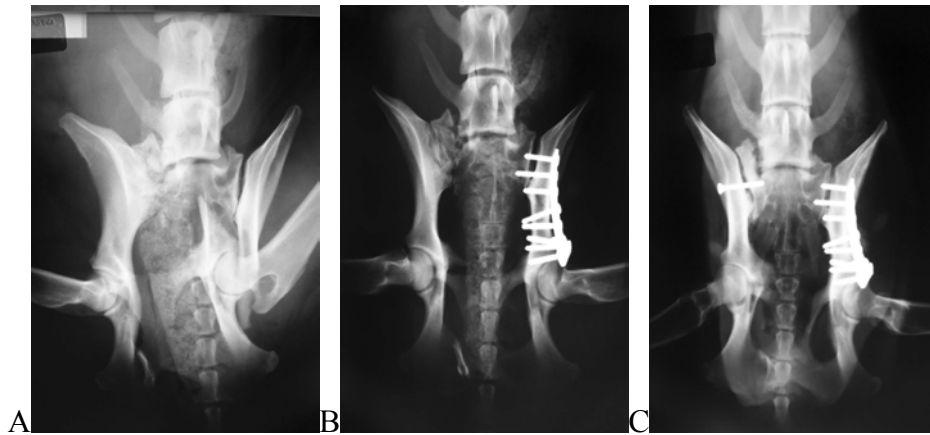
Le meilleur moyen de fixer ces fractures reste l'utilisation de plaque. On choisit ordinairement des implants de 2.7-3.5 mm suivant la taille de l'animal, on prendra éventuellement des implants de 2.0 mm pour les chiens nains et les chats [46] [59].

La fixation de la plaque nécessite de poser 2 à 3 vis dans chaque fragment. La plaque devra être contournée de manière à obtenir un canal pelvien de largeur physiologique. Elle sera alors posée avec un rôle de neutralisation ou de compression [59].

Les plaques en T seront alors intéressantes lors de fractures proches de l'articulation acétabulaire de façon à poser deux vis au moins dans l'about osseux caudal (Radiographies 3 et 4) [59].



**radiographie 3 : Fracture iliaque associée à une fracture controlatérale iliaque. (fracture ischium et pubis). A : vue ventro-dorsale. B : vue ventro-dorsale après fixation (plaque en T pour la fracture proche de l'articulation de la hanche ; plaque droite pour la fracture iliaque proche de l'articulation sacro-iliaque). C : vue de ¾ après fixation.**



**radiographie 4 : Fracture iliaque proche de l'acétabulum et fracture complexe du sacrum. A : vue ventro-dorsale. B : vue ventro-dorsale après fixation de la fracture proche de l'articulation de la hanche. C : vue ventro-dorsale après fixation de la fracture sacrale avec une vis de positionnement.**

Lors de la réduction de la fracture et de la pose des claviers, il faut prendre garde de ne pas léser le nerf sciatique qui chemine au contact du bord dorso-médial du col de l'ilium [3].

### **2.7.3 Les fractures de l'acétabulum**

Dans les fractures de l'acétabulum on distingue plusieurs types de fractures :

- Les fractures crâniales
- Les fractures centrales
- Les fractures caudales
- Les fractures comminutives [51].

A propos des fractures comminutives, il faut prendre garde lors de la lecture des radiographies, car la complexité de ces fractures est difficile à évaluer et on le découvre bien souvent au cours de l'intervention [51].

Toutes les fractures acétabulaires seront traitées chirurgicalement car ce sont des fractures articulaires. La réduction et la stabilité de la fixation doivent être optimales ceci afin d'éviter l'apparition d'arthrose. Les plaques et les vis seront alors la meilleure solution pour une fixation stable [3].

Les plaques en T seront utilisées dans les cas de fractures acétabulaires simples, la taille des implants variant de 2.0 à 3.5 mm suivant l'animal [51].

Lors de fractures acétabulaires complexes on leur préférera des plaques de reconstruction.

Il faudra s'efforcer de placer au moins deux vis de part et d'autre du trait de fracture, en évitant de léser le cartilage articulaire. Il faudra contourner la plaque pour qu'elle suive le contour du bord dorsal de l'acétabulum. Le maximum d'attention sera pris lors de la réduction et de la fixation de l'acétabulum pour obtenir une articulation congruente [7] [19].

En post-opératoire, si la réduction est anatomique et la stabilisation adéquate une reprise d'appui précoce est autorisée. L'activité devra être limitée à des marches légères pendant 3 à 8 semaines [7].

Durant la convalescence, des mouvements passifs de flexion et d'extension seront recommandés afin de garder un cartilage articulaire intègre [7].

## **2.8 Les fractures du tibia et de la fibula**

Ces fractures touchent préférentiellement la diaphyse tibiale (75 à 81% des fractures tibiales selon PIERMATTEI et al.) ; les autres types de fractures sont beaucoup moins nombreux [9].

### **2.8.1 Les fractures proximales**

Ces fractures sont très rares et ne représentent que 7% de toutes les fractures tibiales [60].

Ces fractures touchent généralement les animaux en croissance, et par conséquent, contrairement à l'homme où les fractures proximales sont fréquentes, les fractures métaphysaires ou épiphysaires complexes sont rares chez les carnivores domestiques à l'âge adulte [60].

Quand cela se produit, ces fractures sont le plus souvent obliques ou comminutives avec de très nombreuses esquilles. Le fragment proximal se déplace alors caudo-latéralement. Cette fracture peut alors s'accompagner de lésions des ligaments du genou allant de la simple entorse à la rupture complète, ce qui aggrave encore le pronostic [9]. Tout ceci, sans traitement adéquat, aura des conséquences au mieux esthétiques au pire fonctionnelles.

La fibula subit habituellement le même sort que le tibia mais bien souvent, le simple fait de réduire la fracture du tibia suffit à donner à la fibula une position et une longueur quasiment physiologiques [9].

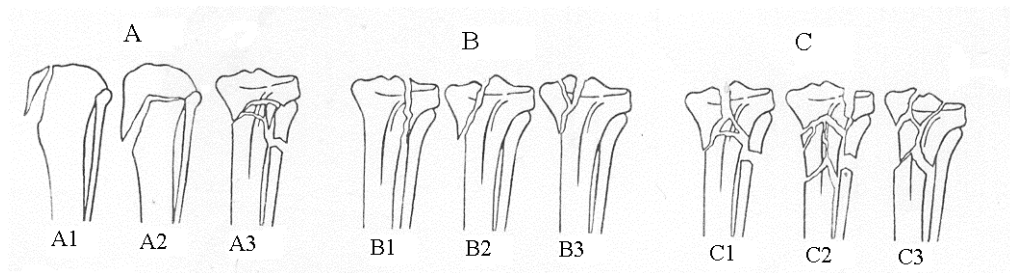
Le traitement chirurgical des fractures proximales du tibia fait appel à plusieurs types d'implants :

- Des clous centromédullaires placées à travers l'épiphyse jusqu'à la partie distale du tibia, la fibula peut elle aussi être enclouée. Le problème avec ce type de fixation est la possible rotation autour du clou.
- Des broches croisées et implantées sans endommager le cartilage articulaire (c'est la technique la plus utilisée lors de fractures chez le jeune)
- Une ou plusieurs vis à os spongieux placées de façon transversale [60].

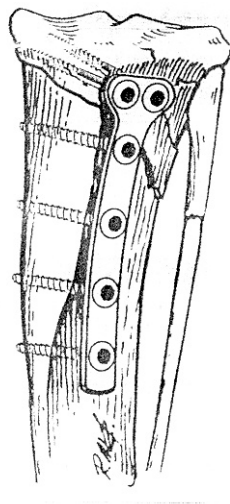
Pour les animaux adultes, les plaques en T seront utilisées dans le cas des fractures de type A2, A3 et C (Figure 18) [60].

Les plaques en T servent dans les situations de fractures proximales touchant l'articulation (type C). Ces lésions nécessitent une parfaite reconstruction et une fixation solide afin de prévenir une éventuelle arthrose [31].

Dans les cas de fractures proximales, les plaques en T seront intéressantes car elles permettent de poser deux ou trois vis dans le fragment proximal (Figure 19). Une autre alternative serait d'utiliser deux plaques droites sécables posées côte à côte [60].

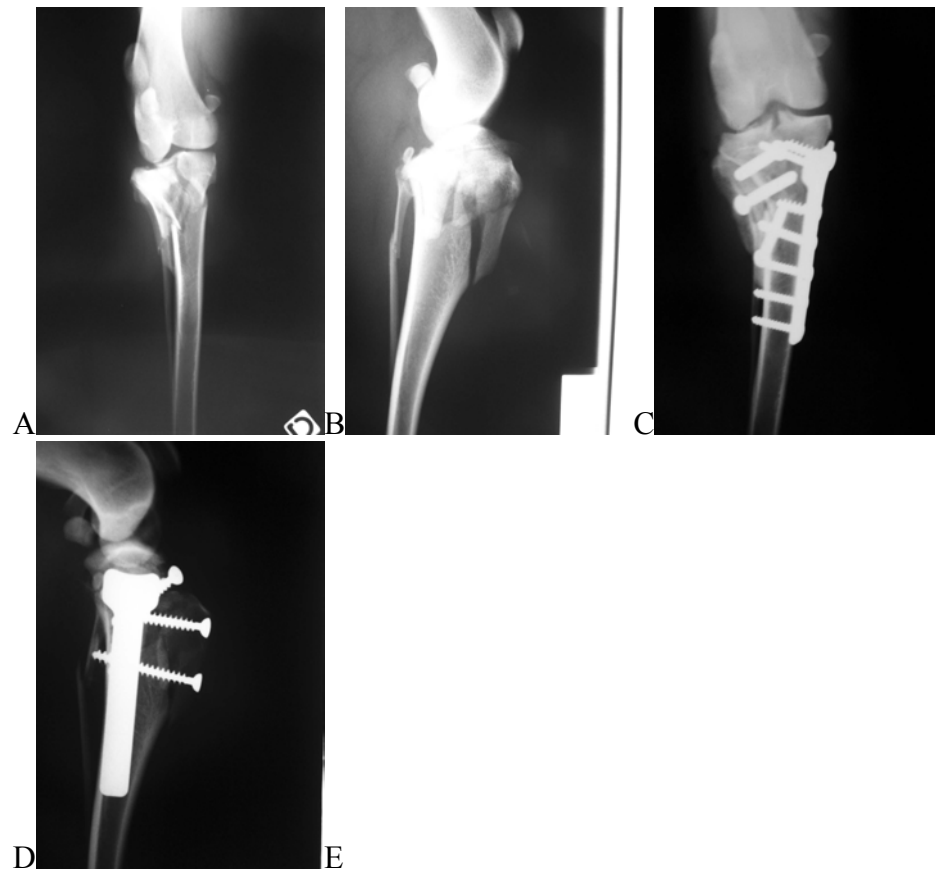


**Figure 18 : Classification des fractures du tibia selon MONTAVON et HEIM. [60].**



**Figure 19 : Fixation d'une fracture proximale (type A2) avec une plaque en T. [19].**

La première vis au moins doit être une vis de traction pour réduire et comprimer les fragments entre eux. Cette vis (ou ces vis) assure ainsi une meilleure stabilité en luttant contre les forces de cisaillement présentes sur le site de fracture. La plaque, quant à elle, aura un rôle de neutralisation et protégera l'ensemble (radiographie 5) [19] [31].





F





*Rapport-gratuit.com*

LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES



**radiographie 5 : Fracture proximale du tibia (type C1). A : vue antéro-postérieure. B : vue latérale. C : vue antéro-postérieure après fixation avec une plaque en T côté médial et 3 vis de traction. D : vue latérale après fixation. E : vue antéro-postérieure après 1 mois. F : vue latérale après 1 mois.**

En post-opératoire, l'activité doit être limitée pendant 4 à 6 semaines avec un retour à la normale au bout de 12 semaines [60].

Selon DE BOECK (H.) et TSECHERNE (H.), les résultats obtenus avec de telle fixation sont excellents en chirurgie humaine avec très peu de problèmes d'arthrose consécutifs [23] [83].

## **2.8.2 Fractures distales du tibia**

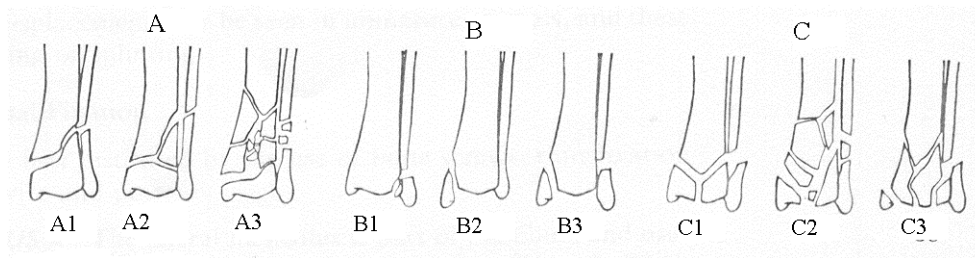
Ce type de fracture est plus fréquent que le précédent et concerne 21% des fractures du tibia [60]. Ces fractures se répartissent de la façon suivante :

- Fractures métaphysaires : 9% des fractures tibiales distales.
- Fractures concernant le cartilage de croissance : 30%
- Fractures épiphysaires : 3%
- Fractures malléolaires : 58% [4].

Concernant la fixation de ces fractures, les choix qui s'offrent au chirurgien sont les suivants :

- Des broches croisées, implantées à partir des malléoles
- Des clous centromédullaires introduits à partir de la partie proximale du tibia et descendant jusqu'à l'épiphyse distale. Cet ancrage étant complété par une immobilisation externe (plâtre, résine)
- Un clou implanté avec la même technique que précédemment mais traversant l'articulation du jarret mise en position d'appui. L'inconvénient avec cette technique est qu'elle abîme les cartilages articulaires. Elle ne doit plus être utilisée.
- Une plaque en T posée la tête sur le fragment distal et la tige sur le fragment proximal [36].

Les plaques en T s'utilisent lors de fractures distales tibiales de type A1, ce sont des fractures complexes et la plaque a alors un rôle de soutien, les différentes esquilles étant rattachées par des vis de traction. L'utilisation dans les fractures de type C est aussi possible quand la fracture touche également la métaphyse (Figure 20). Ces fractures sont des fractures rares [60].

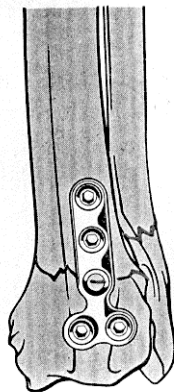


**Figure 20 : Classification des fractures du tibia et de la fibula selon MONTAVON et HEIM. [60].**

La plaque en T trouve son intérêt quand il est nécessaire de poser une plaque lorsque le fragment distal ne permet pas la pose d'une plaque droite (Figure 21).

La taille des plaques varie suivant le gabarit de l'animal mais en règle générale on utilise des implants de taille inférieur ou égal à 2.7 mm [60].

En cas de perte osseuse importante une greffe osseuse est utile.



**Figure 21 : Fracture distale du tibia (type A1) fixée avec une plaque en T. [21].**

En post-opératoire, on place une résine ou un plâtre pour augmenter la stabilité de l'édifice.

## **2.9 Les fractures du tarse**

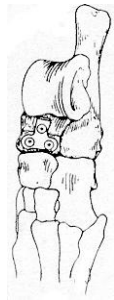
Les plaques en T sont utiles dans les fractures du corps du talus et dans certaines fractures de l'os central du tarse.

### **2.9.1 Les fractures du corps du talus**

Les fractures isolées du talus sont rares. Elles accompagnent le plus souvent les fractures de l'os central du tarse [80]. Ces fractures sont consécutives à un traumatisme, ce qui crée une instabilité au niveau de l'articulation du jarret responsable de subluxation de l'articulation talo-calcanéale [10]. Ceci nécessite donc une fixation interne afin d'éviter l'apparition d'arthrose [20] [80].

Le traitement de telles fractures fait appel à plusieurs procédés dont le plus fréquent reste la pose de deux broches croisées [10].

Néanmoins quand les conditions le permettent (quand le col du talus est suffisamment grand pour autoriser la fixation de vis), une plaque en T peut être utilisée (Figure 22). Les plaques en T qui seront réservées à cet usage sont les plaques de petites tailles : 1.5, 2.0, 2.7 mm suivant la taille de l'animal [10] [61].



**Figure 22 : Traitement d'une fracture du corps du talus avec une plaque en T. [61].**

Toutes les fixations utilisées pour la fixation des fractures du corps du talus sont peu rigides et nécessitent une protection pendant 4 à 6 semaines à l'aide d'une courte attelle latérale. Une restriction d'exercice pendant 8 à 12 semaines est aussi recommandée [10] [61]. Le pronostic à long terme pour ce genre de fracture correctement stabilisée est bon.

## **2.9.2 Les fractures de l'os central du tarse**

Ces fractures sont peu fréquentes sauf chez les lévriers de course où elles concernent alors le côté droit (dans 96% des cas) [61].

Ces fractures sont consécutives à un écrasement de l'articulation du tarse et peuvent être comminutives, et accompagnées de subluxation. Toutefois elles sont rarement ouvertes [10] [20] [61] [88].

Cet écrasement de l'articulation talo-calcaneocentrale est accompagné, lorsqu'il est grave, de fractures d'autres os (dans 64% des cas) comme le talus, l'os du tarse II ou IV, le calcaneus, ou le métatarse V [6] [20] [32].

### **2.9.2.1 Classification des fractures de l'os central du tarse**

Il existe cinq types de fractures de l'os central du tarse (Figure 23) [5] [24] [32]:

- Type I : un fragment plat est détaché au niveau de la surface dorsale de l'os, ce petit fragment est déplacé ou non
- Type II : on retrouve le même fragment dorsal mais avec un déplacement plus conséquent
- Type III : fracture comprenant le tiers voire la moitié de l'os dans le plan sagittal avec déplacement soit médial soit dorsal par rapport à l'os
- Type IV : ce type de fracture est le plus commun (68% des cas) et est habituellement accompagné de fracture de la base du cinquième métatarse. Il s'agit en fait d'une

combinaison des types II et III. Si cette fracture est comminutive, on assiste à une hyperextension du tarse et une déviation du pied en varus [61]

- Type V : ce sont des fractures comminutives et déplacées. Ces fractures ont un très mauvais pronostic pour la compétition pour les lévriers. Elles sont accompagnées de traumatisme des ligaments du côté latéral. Ces entorses ou rupture ne se voient qu'une fois la fracture réduite ce qui aggrave le pronostic.

Remarque : le diagnostic radiologique des deux premiers types de fracture est très difficile, c'est pour cette raison qu'il est fait autant à l'aide de radiographie, qu'à partir de signes cliniques à savoir une vive douleur centrée sur l'os central du tarse [6]. Le recours à un examen tomodensitométrique doit permettre de mieux visualiser les différents fragments et leur position relative.

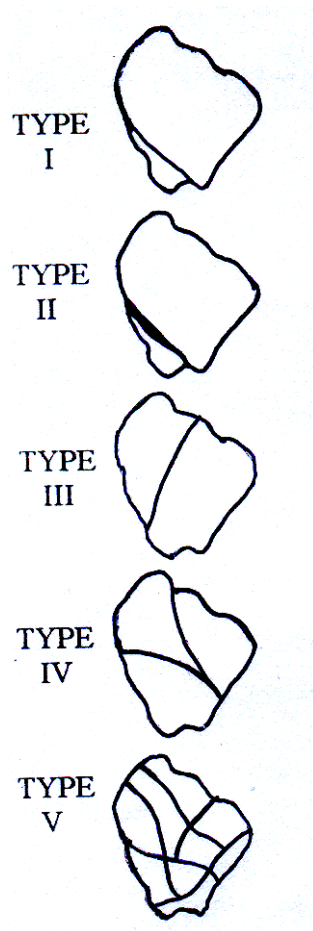


Figure 23 : Classification des fractures de l'os central du tarse. [88].

### 2.9.2.2 Traitement des fractures de l'os central du tarse

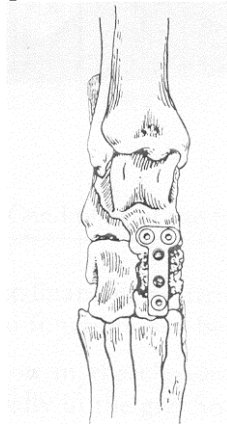
Les fractures de type I, II, III et IV se traitent avec une vis de traction positionnée soit médialement ou dorsalement (voire les deux dans les types IV) selon la position du fragment déplacé. Le pronostic pour toutes ces fractures est habituellement bon [20] [24] [26].

Pour les fractures de type V, le traitement va dépendre de l'avenir de l'animal concerné notamment pour les lévriers si on souhaite un retour à la compétition ou non. Si on ne désire pas un retour à la compétition, une réduction fermée, une immobilisation externe avec un plâtre pendant 4 à 6 semaines suffisent. Ceci peut donner par la suite un pied en hyperextension et déviation en varus [10] [61].

Pour un résultat optimum, la plaque en T peut être une solution, elle aura alors un rôle de soutien, la tête fixée sur le corps du talus, et la partie distale de la tige sur l'os IV du tarse (Figure 24) [61].

Dans ce cas-là, aucune vis n'est posée sur l'os central car bien souvent la fracture est trop comminutive pour permettre un ancrage suffisant des vis.

Le rôle de la plaque est ici de mimer celui joué par l'os central du tarse qui sert de pont entre le talus et l'os IV du tarse [61].



**Figure 24 : Traitement d'une fracture de l'os central du tarse de type V avec une plaque en T. [61].**

D'autres solutions existent pour le traitement des fractures de type V : on peut utiliser la même technique que pour les fractures de type IV, à savoir deux vis de tractions croisées, on peut aussi procéder à l'ablation de l'os central fracturé et le remplacer par une prothèse [87].

On ajoute à cette fixation interne une fixation externe pendant 6 à 8 semaines. Souvent l'os central et les os distaux du tarse (ou os central avec l'os IV du tarse) fusionnent ce qui est une conséquence du trauma ou de l'intervention [61].

La plaque sera obligatoirement retirée, une fois la guérison obtenue, car les mouvements de l'articulation désinsèrent les vis ce qui est à l'origine de douleur et de boiterie [61].

Nous venons de voir les diverses utilisations des plaques en T. Ces plaques restent des implants intéressants dès que le trait de fracture se retrouve proche d'une articulation, ou quand il nécessite une géométrie particulière. Toutefois leur placement et le choix de leur utilisation doit être réfléchi et précis afin d'éviter toute complication. Ce sont ces dernières que nous allons maintenant aborder.



## **Les complications associées à la pose de plaque en T**



**Rapport-Gratuit.com**

### **3 Les complications associées à la pose de plaque en T**

Les plaques en T comme toutes les techniques de fixation interne peuvent être suivies de complications. Nous nous attacherons ici à présenter les complications spécifiques associées à la pose de plaque en T. A cela, il faudra ajouter tous les autres types de complications possibles associées aux traitements des fractures : lâchage d'implant, altération de la configuration osseuse, « stress protection », infection osseuse, mal union, retard de consolidation, pseudarthrose, maladie fracturaire, sarcome associé à la fracture [15] [81].

#### **3.1 *Positionnement des plaques en T***

Les plaques en T se placent de façon générale, proche des extrémités osseuses et par conséquent près des articulations. Ce placement peut donc provoquer des gênes lors des mouvements articulaires. Il est par conséquent essentiel de bouger l'articulation une fois la fixation effectuée afin de vérifier l'absence de gêne aux mouvements articulaires [49].

C'est ainsi que chez l'homme une plaque en T au niveau de l'épiphyse et métaphyse de l'humérus peut venir gêner les mouvements de l'articulation de l'épaule en venant buter contre l'acromion [29]. Pour les animaux de compagnie, les plaques en T posent des problèmes dans quatre situations :

- les fractures proximales du radius
- les fractures distales du radius
- les arthrodèses partielles du carpe
- les fractures de l'os central du tarse

##### **3.1.1 Les fractures proximales du radius**

Lors de fracture proximale du radius, la plaque en T doit être posée le plus proximement possible afin de stabiliser la fracture, néanmoins cette pose se heurte à des problèmes de place car à ce niveau se trouve le ligament annulaire qui unit le radius et l'ulna dans leurs portions proximales.

Donc, on se retrouve confronté à une contradiction avec d'une part la nécessité de procéder à une fixation très solide et d'autre la nécessité de respecter les structures ligamentaires.

Une solution, utilisable chez l'homme, est d'utiliser une plaque avec une tige au niveau de la tête, celle-ci permet d'augmenter la solidité de l'implant et d'éviter ainsi d'utiliser un implant trop conséquent (Figure 25) [53]. Il semble néanmoins que cette solution ne soit pas adaptée à la faible taille du radius chez le chien.

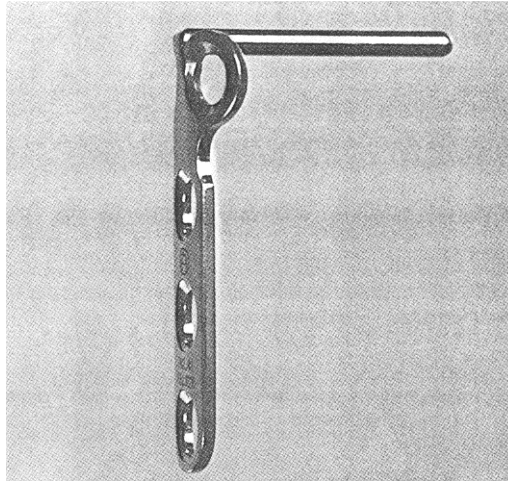


Figure 25 : Plaque en T associée à une barre pour la fixation de fractures radiales proximales. [53].

### 3.1.2 Les fractures distales du radius

La principale complication associée à la pose d'une plaque en T au niveau d'une fracture distale du radius est son interférence possible avec la mécanique des muscles extenseurs des doigts et du carpe et plus particulièrement avec leurs tendons [30] [34]. Le positionnement d'une plaque posée sur la partie crâniale du radius, ou la présence d'un tissu fibreux peut provoquer par la suite une irritation de ces tendons [1] [16].

La solution dans ce cas est soit d'enlever la plaque dès que possible, soit de poser une plaque droite non pas de façon crâniale mais en partie médiale du radius.

Cette dernière solution suppose d'utiliser un implant plus étroit, pour vis d'un diamètre inférieur et par conséquent il est possible de placer plus de vis dans le fragment distal par rapport à une plaque droite placée crânialement. Les vis seront plus longues puisque placées de façon médio-latérale (voir conformation du radius) [84].

L'autre avantage de ce positionnement est d'éviter de léser les tendons des muscles extenseurs des doigts et du carpe pendant l'intervention, en effet à cet endroit, les tendons adhèrent fortement au tissu osseux [84].

### 3.1.3 Les arthrodèses partielles du carpe

Le but des arthrodèses partielles du carpe est de conserver une grande partie de la mobilité de cette articulation en ne fixant pas l'articulation radio-carpienne. Il est par conséquent nécessaire lors de la pose de la plaque en T que celle-ci ne vienne pas gêner cette dernière articulation avec sa tête [58] [82] [17]. Ceci peut provoquer une diminution de la mobilité de l'articulation et une gêne pendant la flexion de l'articulation [16].

Pour toutes ces raisons, il est préférable de poser les plaques en T que chez les animaux avec un os carpal suffisamment grand pour éviter que la plaque ne vienne gêner l'articulation radio-carpienne [17].

Il arrive que suite à cette intervention, une arthrose apparaisse au niveau de l'articulation radio-carpienne (Figure 26). Cette arthrose est la conséquence de plusieurs facteurs : le traumatisme initial, l'intervention, le matériel implanté, l'immobilisation prolongée, les sollicitations plus importantes de l'articulation radio-carpienne [75].

Néanmoins cette arthrose ne nécessite pas de procéder à une arthrodèse totale du carpe, les animaux ne paraissant en souffrir de manière conséquente.



**Figure 26 : Radiographies dorsopalmaires et latérales d'une arthrodèse partielle 32 semaines après l'intervention. Ostéophytes visibles (flèches blanches) au niveau de l'articulation antebrachio-carpienne. [75]**

### **3.2 Les fractures de l'os central du tarse**

Les fractures de l'os central du tarse de type V sont des fractures complexes et il est fréquent de constater suite à ce traumatisme des fusions osseuses notamment entre l'os central du tarse et l'os du tarse IV, même lorsque la fracture a été correctement traitée. C'est pourquoi bien souvent lorsque la fracture est trop complexe il suffit de plâtrer l'ensemble et d'attendre [6].

L'intérêt de la plaque est ici plus de maintenir les espaces articulaires, et donc d'éviter toute déformation du pied, que de réussir à retrouver un tarse normal [61].

### **3.3 Action des plaques en T sur la vascularisation**

Un autre problème dans la pose de plaque en T est le problème de la pose de vis au niveau du fragment distal quand celui-ci est petit.

En effet la pose de vis dans des situations où la vascularisation est déjà compromise par le type de fracture peut provoquer des problèmes de dévascularisation des fragments distaux.

Chez l'animal de compagnie, ce problème se retrouve dans deux situations ; les fractures distales du radius et du tibia chez les races naines. En effet les extrémités de ces os ne comportent que peu d'attaches musculaires susceptibles d'apporter une vascularisation supplémentaire à d'éventuelles esquilles [41].

Pour obtenir une cicatrisation correcte de ce type de fracture, il faudra donc faire attention à fixer les abouts osseux de manière très stable [37].

Ces problèmes de vascularisation arrivent aussi dans les fractures proximales de l'humérus et dans les fractures de l'os central du tarse (dans 40% des fractures) [79]. Mais dans ces situations, on peut se demander si la nécrose aseptique n'est pas plus le fait du trauma que de la fixation utilisée.

### **3.4 Lâchage des implants**

Une autre complication qui peut survenir avec une fixation assurée par une plaque en T est le problème de lâchage des implants [62].

Pour les cas d'un os long nécessitant l'utilisation d'une plaque en T, la pose bien réalisée de l'implant n'est pas généralement suivie d'un lâchage d'implants. Le risque de lâchage est beaucoup plus important pour les arthrodèses partielles du carpe ou les fractures de l'os central du carpe [61] [86].

Il est conseillé d'enlever ces implants lorsque la guérison osseuse aura eu lieu. Pour les fractures de l'os central du tarse, il faut enlever les implants 3 à 6 mois après l'intervention [61].

## **Conclusion :**

Les plaques en T sont donc des implants utiles à maîtriser dans le panel de matériel de solutions que l'on possède lors de réparations osseuses. De plus, si le choix est raisonné, les problèmes qui leurs sont associées sont rares.

Bien que leurs applications soient multiples, la plupart des indications des plaques en T sont en majorité rares.

Les principaux intérêts des plaques en T résident d'une part, dans le fait qu'elles permettent de placer plusieurs vis sur un fragment osseux proche d'une articulation, et d'autre part une certaine malléabilité au niveau de leur jonction corps-tête du T.

Ainsi, dans la pratique on peut limiter les indications des plaques en T à quelques utilisations relativement fréquentes :

- Les fractures distales du radius
- Les arthrodèses du carpe
- Les fractures du bassin aussi bien acétabulaires que iliaques.

Les autres utilisations restent peu fréquentes voire occasionnelles.

**AGREMENT ADMINISTRATIF**

Je soussigné, P. DESNOYERS, Directeur de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse, certifie que  
**M. PONSAILLE Henri, Simon, Joseph**  
a été admis(e) sur concours en : 1997  
a obtenu son certificat de fin de scolarité le : 12 septembre 2002  
n'a plus aucun stage, ni enseignement optionnel à valider.

**AGREMENT SCIENTIFIQUE**

Je soussigné, A. AUTEFAGE, Maître de Conférences de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse,  
autorise la soutenance de la thèse de :

**M. PONSAILLE Henri, Simon, Joseph**  
intitulée :

*« L'utilisation des plaques en T chez les carnivores domestiques »*

**Le Professeur  
de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse  
Professeur André AUTEFAGE**



**Vu :  
Le Directeur  
de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse  
Docteur Pierre DESNOYERS**



**Vu :  
Le Président de la thèse :  
Professeur Paul BONNEVIALLE**



**Vu le : 25 NOV. 2004  
Le Président  
de l'Université Paul Sabatier  
Professeur Jean-François SAUTEREAU**



## **Bibliographie :**

1. BALFOUR (R.J.). BOUDRIAU (R.J.). GORES (B.R.)  
T-plate Fixation of distal closing Wedge Osteotomies for treatment of Angular Limb Deformities in 18 dogs.  
Vet Surg. 2000. **29**: 207-217.
2. BALLMER (F.T.). HERTEL (R.)  
Treatment of Tibial Plateau Fractures with small fragment Internal Fixation: a preliminary report.  
J. Orthop. Trauma. 2000. **14** (7) : 467-474.
3. BETTS (C.W.)  
Pelvic fractures.  
In: Slatter Douglas.  
Textbook of Small Animal Surgery  
Philadelphia: WB Saunders Company. 1993, 1769-1786.
4. BOONE (E.G.). JOHNSON (A.L.). HOHN (R.B.)  
Distal tibial fractures in dogs and cats  
J. Am. Vet. Med. Assoc. 1983. **182** (7): 708-710.
5. BOUDRIAU (R.J.)  
Principles of Screw and Plate Fixation.  
Sem. Vet. Med. and Surg. (Small Anim.). 1991. **6** (1) : 75-89.
6. BOUDRIAU (R.J.). DEE (J.F.)  
Treatment of central tarsal bone fractures in the racing greyhound.  
J. Am. Hosp. Assoc. 1984. **184** (12): 1492-1500.
7. BRINKER (WO), BRADEN (TD)  
Fracture of the Pelvis  
In : BRINKER (WO), HOHN (RB), PRIEUR (W)  
Manual of Internal Fixation  
Berne: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 1984. 152-164.
8. BRINKER (WO). PIERMATTEI (D.L.). FLO (G.L.)  
Fracture: classification, diagnostic, traitement  
In : BRINKER (WO). PIERMATTEI (D.L.). FLO (G.L.)  
Manuel d'orthopédie et de traitement des fractures  
Maison-Alfort : Edition du Point Vétérinaire, 1994. 9-64
9. BRINKER (WO). PIERMATTEI (D.L.). FLO (G.L.)  
Fractures du tibia et de la fibula  
In : BRINKER (WO). PIERMATTEI (D.L.). FLO (G.L.)  
Manuel d'orthopédie et de traitement des fractures  
Maison-Alfort : Edition du Point Vétérinaire, 1994. 143-158.



10. BRINKER (WO). PIERMATTEI (D.L.). FLO (G.L.)  
Fractures du tarse, métatarse, et des phalanges  
In : BRINKER (WO). PIERMATTEI (D.L.). FLO (G.L.)  
Manuel d'orthopédie et de traitement des fractures  
Maison-Alfort : Edition du Point Vétérinaire, 1994. 158-171.
11. BRINKER (WO). PIERMATTEI (D.L.). FLO (G.L.)  
Fractures de la scapula  
In : BRINKER (WO). PIERMATTEI (D.L.). FLO (G.L.)  
Manuel d'orthopédie et de traitement des fractures  
Maison-Alfort : Edition du Point Vétérinaire, 1994. 171-175.
12. BRINKER (WO). PIERMATTEI (D.L.). FLO (G.L.)  
Fractures du radius et de l'ulna  
In : BRINKER (WO). PIERMATTEI (D.L.). FLO (G.L.)  
Manuel d'orthopédie et de traitement des fractures  
Maison-Alfort : Edition du Point Vétérinaire, 1994. 196-210
13. BRINKER (WO). PIERMATTEI (D.L.). FLO (G.L.)  
Fractures du carpe, métacarpes et des phalanges  
In : BRINKER (WO). PIERMATTEI (D.L.). FLO (G.L.)  
Manuel d'orthopédie et de traitement des fractures  
Maison-Alfort : Edition du Point Vétérinaire, 1994. 211-229.
14. BUTTERWORTH (S.J.), DENNY (H.R.).  
Fracture Healing  
In: BUTTERWORTH (S.J.), DENNY (H.R.)  
A guide to Canine and Feline Orthopaedic  
United Kingdom: Blackwell Science. 2000. 3-18.
15. BUTTERWORTH (S.J.), DENNY (H.R.).  
Fracture complications  
In: BUTTERWORTH (S.J.), DENNY (H.R.)  
A guide to Canine and Feline Orthopaedic  
United Kingdom: Blackwell Science. 2000. 132-151.
16. BUTTERWORTH (S.J.), DENNY (H.R.).  
The Radius and Ulna.  
In: BUTTERWORTH (S.J.), DENNY (H.R.)  
A guide to Canine and Feline Orthopaedic  
United Kingdom: Blackwell Science. 2000. 389-408.
17. BUTTERWORTH (S.J.), DENNY (H.R.).  
The Carpus  
In: BUTTERWORTH (S.J.), DENNY (H.R.)  
A guide to Canine and Feline Orthopaedic  
United Kingdom: Blackwell Science. 2000. 409-425.

18. BUTTERWORTH (S.J.), DENNY (H.R.).  
The Pelvis  
In: BUTTERWORTH (S.J.), DENNY (H.R.)  
A guide to Canine and Feline Orthopaedic  
United Kingdom: Blackwell Science. 2000. 441-455.
19. BUTTERWORTH (S.J.), DENNY (H.R.).  
The Tibia and Fibula  
In: BUTTERWORTH (S.J.), DENNY (H.R.)  
A guide to Canine and Feline Orthopaedic  
United Kingdom: Blackwell Science. 2000. 554-574.
20. BUTTERWORTH (S.J.), DENNY (H.R.).  
The Tarsus  
In: BUTTERWORTH (S.J.), DENNY (H.R.)  
A guide to Canine and Feline Orthopaedic  
United Kingdom: Blackwell Science. 2000. 575-597.
21. BUTLER (H.C.)  
Fractures of the Tibia  
In: BRINKER (W.O.), HOHN (R.B.), PRIEUR (W.)  
Manual of Internal Fixation  
Berne : Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 1984. 180-188.
22. COOK (J.), COOK (C.R.), TOMLINSON (J.L.)  
Scapular Fractures in dogs: epidemiology, classification, and concurrent injuries in 105 cases (1989-1994)  
J. Am. Anim. Hosp. Ass. 1997. **33**: 528-532.
23. DE BOECK (H.), OPDECAM (P.)  
Posteromedial Tibial Plateau Fractures.  
Clin. Orthop. Relat. Res. 1995. **320** : 125-128.
24. DEE (J.F.), DEE (L.G.) EARLY (T.D.)  
Fractures of the Carpus, Tarsus, Metatarsus, Metatarsus and Phalanges  
In: BRINKER (W.O.), HOHN (R.B.), PRIEUR (W.)  
Manual of Internal Fixation  
Berne: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 1984. 190-210.
25. DEYOUNG (D.J.), PROBST (C.W.)  
Methods of Internal Fixation: general principles.  
In: SLATTER (D.)  
Textbook of Small Animal Surgery. 2nde edition.  
Philadelphia: WB Saunders Company. 1993, 1610-1631.
26. EARLEY (T.D.), DEE (J.F.)  
Trauma to the Carpus, Tarsus, and Phalanges of dogs and cats.  
Vet. Clin. North Am. : Small anim. pract. 1980. **10** (3): 717-747.

27. EGGER (E.L.)  
Fractures of Radius and Ulna.  
In: SLATTER (D.)  
Textbook of Small Animal Practice  
Philadelphia: WB Saunders Company. 1993. 1736-1757.
28. EGGER (E.L.)  
Skull and Mandibular Fractures  
In: SLATTER (D.)  
Textbook of Small Animal Practice  
Philadelphia: WB Saunders Company. 1993. 1910-1921.
29. ESSER (R.)  
Open reduction and Internal Fixation of Three and Fourth-Part fractures of the Proximal Humerus.  
Clin. Orthop. Relat. Res. 1994. **299**: 244-251.
30. GESENSWAY (D.), MATTHEW (D.)  
Design and Biomechanics of a plate for the distal radius.  
J. hand Surg. 1995. **20A** (6): 1021-1027.
31. GOFTON  
Fracture of tibia and fibula  
In: SLATTER (D.)  
Textbook of Small Animal Practice  
Philadelphia: WB Saunders Company. 1993. 2235-2247
32. GUILLARD (M.J.)  
Fractures of the central tarsal bone in eight racing greyhound.  
Vet. Rec. 2000. **147**: 512-515.
33. HARRISON (J.W.)  
Fractures of the Radius and Ulna  
In: BRINKER (W.O.), HOHN (R.B.) PRIEUR (W.)  
Manual of Internal Fixation  
Berne: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 1984. 144-149.
34. HOVE (L.M.), NILSEN (P.T.)  
Open reduction and internal fixation of displaced intraarticular fractures of the distal radius.  
Acta orthop. Scan. 1997. **1**: 59-63.
35. HULSE (D.), HYMEN (B.)  
Fracture Biology and biomechanics  
In: SLATTER (D.)  
Textbook of Small Animal Surgery  
Philadelphia: WB Saunders Company, 1993. 1595-1603.

36. JOHNSON (A.L.), BOONE (E.G.)  
Fractures of the tibia and fibula  
In: SLATTER (D.)  
Textbook of Small Animal Surgery.  
Philadelphia: WB Saunders Company, 1993. 1866-1876.
37. KADERLY (R.E.)  
Delayed union, Nonunion and Malunion  
In: SLATTER (D.)  
Textbook of Small Animal Surgery.  
Philadelphia: WB Saunders Company, 1993. 1676-1684.
38. KADERLY (R.E.)  
Primary Bone Healing  
Sem. Vet. Med. surg., (Small anim.). Février 1991. **6** (1): 21-25.
39. KELLER (W.G.), CHAMBERS (J.N.)  
Antebrachial metacarpal arthrodesis for fusion of deranged carpal joints in two dogs.  
J. Am. Vet. Med. Assoc. 1989. **195** (10): 1382-1384.
40. KUNTZ (C.A.), WALDRON (D.)  
Sacral Fractures in dogs: a review of 32 cases  
J. Am. Anim. Hosp. Ass. 1995. **31**: 142-150.
41. LATTE (Y.)  
Fractures du radius et de l'ulna  
Encyclopédie Vétérinaire, Paris, 1994, Orthopedie 4200, 11p
42. LESSER (A.S.)  
Arthrodesis  
In : SLATTER (D.)  
Textbook of Small Animal Surgery  
Philadelphia : WB Saunders Company. 1993. 1888-1901.
43. LOUP (J.)  
Ostéosynthèse par plaque vissée des fractures extra-articulaires fermées de la base du premier métacarpien. A propos de 9 cas.  
J. Chir. 1986, **123** (11) : 670-673.
44. MBOGWA (S.), LUMB (W.V.)  
Plating of Canine Scapular Fractures  
Am. J. vet. Res. 1978. **39** (8): 1327-1330.
45. MODA (S.K.), CHADIA (N.S.)  
Open reduction and Fixation of Proximal Humeral fractures and Fractures-Dislocations.  
J. bone and JT. Surg. Br. 1990. **72** (6): 1050-1052.

46. MONTAVON (P.M.), POHLER (O.E.M.)  
The Mini instrument and Implant and its Clinical Application.  
VCOT. 1988. **1**: 44-51.
47. NEWTON (C.D.)  
Surgical Management of distal Ulnar physeal growth disturbances in dogs  
J. Am. Vet. Med. Assoc. 1974. 479-487.
48. NEWTON (C.D.), NUNAMAKA (D.M.)  
Arthrodesis  
In: BRINKER (W.O.), HOHN (R.B.), PRIEUR (W)  
Manual of Internal Fixation  
Berne: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 1984. 265-271.
49. OLMSTEAD (M.L.)  
Complications of fractures repaired with plates and screw.  
Vet. Clin. North Am.: Small Anim. Pract. 1991. **21** (4): 669-686.
50. OLMSTEAD (M.L.)  
Fracture of Humerus.  
In: SLATTER (D.)  
Textbook of Small Animal Surgery  
Philadelphia: WB Saunders Company. 1993. 1716-1729.
51. OLMSTEAD (M.L.)  
Surgical repair of Acetabular Fracture  
In: BOJRAB (M.L.), BIRCHARD (S.J.), TOMLINSON (J.L.)  
Current techniques in Small Animal Surgery.  
Malvern: Lea and Fediger. 1990. 656-661.
52. PARKER (R.B.)  
Scapula  
In: SLATTER (D.)  
Textbook of Small Animal Surgery  
Philadelphia: WB Saunders Company. 1993. 1703-1710.
53. PATTERSON (J.D.), JONES (C.K.)  
Stiffness of simulated radial neck fractures fixed with 4 different devices.  
J. shoulder elb. Surg. 2001. 57-61.
54. PENWICK (R.C.)  
Arthrodesis  
Vet. Clin. North Am.: Small anim. Pract. 1987. **17** (4): 821-829.
55. PIERMATTEI (D.L.)  
Internal Fixation of Fresh Fractures  
In: BRINKER (W.O.), HOHN (R.B.), PRIEUR (W.)  
Manual of Internal Fixation  
Berne: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 1984. 127-131.



56. PIERMATTEI (D.L.), FLO (G.L.)  
Fractures of the Scapula  
In: PIERMATTEI (D.L.), FLO (G.L.)  
Handbook of Small Animal Orthopedics and Fracture repair.  
Philadelphia: WB Saunders Company. 1997. 221-227.
57. PIERMATTEI (D.L.), FLO (G.L.)  
Fractures of the Radius and Ulna  
In: PIERMATTEI (D.L.), FLO (G.L.)  
Handbook of Small Animal Orthopedics and Fracture repair.  
Philadelphia: WB Saunders Company. 1997. 321-343.
58. PIERMATTEI (D.L.), FLO (G.L.)  
Fractures and other orthopedic conditions of the Carpus, Metacarpus and Phalanges  
In: PIERMATTEI (D.L.), FLO (G.L.)  
Handbook of Small Animal Orthopedics and Fracture repair.  
Philadelphia: WB Saunders Company. 1997. 344-389.
59. PIERMATTEI (D.L.), FLO (G.L.)  
Fractures of the Pelvis  
In: PIERMATTEI (D.L.), FLO (G.L.)  
Handbook of Small Animal Orthopedics and Fracture repair.  
Philadelphia: WB Saunders Company. 1997. 395-421.
60. PIERMATTEI (D.L.), FLO (G.L.)  
Fractures of the Tibia and Fibula  
In: PIERMATTEI (D.L.), FLO (G.L.)  
Handbook of Small Animal Orthopedics and Fracture repair.  
Philadelphia: WB Saunders Company. 1997. 581-606.
61. PIERMATTEI (D.L.), FLO (G.L.)  
Fractures and other orthopedics injuries of the Tarsus, Metatarsus, and Phalanges.  
In: PIERMATTEI (D.L.), FLO (G.L.)  
Handbook of Small Animal Orthopedics and Fracture repair.  
Philadelphia: WB Saunders Company. 1997. 607-658.
62. POHER (O.E.M.), STRAUMAN (F.)  
Biomechanics of Implants and Implants failure  
In: BRINKER (W.O.), HOHN (R.B.), PRIEUR (W.)  
Manual of Internal Fixation  
Berne: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 1984. 89-95.
63. POPE (E.R.)  
Fixation of Tibial Fracture  
In: BOJRAB (M.J.), BIRCHARD (S.J.), TOMLINSON (J.L.)  
Current techniques in Small Animal Surgery  
Malvern: Lea and Fediger. 1990. 722-727.

64. PRIEUR (W.D.)  
Implants and their use in rigid fixation  
In: BRINKER (W.O.), HOHN (R.B.), PIEUR (W.)  
Manual of Internal Fixation  
Berne: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 1984. 33-80.
65. PRIEUR (W.D.), SMITH (G.S.)  
Fundamental principles of the AO-ASIF method  
In: BRINKER (W.O.), HOHN (R.B.), PRIEUR (W.)  
Manual of Internal Fixation  
Berne: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 1984. 1-31.
66. PROBS (C.W.)  
Stabilisation of the radius and ulna  
In: BOJRAB (M.J.), BIRCHARD (S.J.), TOMLINSON (J.L.)  
Current techniques in Small Animal Surgery  
Malvern: Lea and Fediger. 1990. 783-792.
67. PROBS (C.W.), MILLIS (D.L.)  
Carpus and Digits  
In: SLATTER (D.)  
Textbook of Small Animal Surgery  
Philadelphia: WB Saunders Company. 1993. 1757-1769.
68. RIKLI (D.A.)  
Plating techniques for the dorsum of the distal radius  
J. hand surg. Br. 2000. **25A**: 29-33.
69. SCHELLING (S.H.)  
Secondary (Classical) Bone Healing  
Sem. Vet. Med. surg. (Small anim.). 1991. **6**(1): 16-20.
70. SCHWARTZ (P.D.)  
Biomechanics of Fractures and Fracture Fixation  
Sem. Vet. Med. surg. (Small anim.). 1991. **6**(1): 3-15.
71. SEQUIN (F.), TEXHAMMER (R.)  
L'instrumentation pour le visage et l'ostéosynthèse par plaques des grands os  
In : SEQUIN (F.), TEXHAMMER (R.)  
L'instrumentation AO, utilisation et entretien.  
Berne : Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 1985. 31-79.
72. SEQUIN (F.), TEXHAMMER (R.)  
Les instrumentations pour petits fragments  
In: SEQUIN (F.), TEXHAMMER (R.)  
L'instrumentation AO, utilisation et entretien.  
Berne : Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 1985. 96-129.

73. SEXTON (R.L.), HUROV (L.I.)  
Repair of Carpometacarpal Instability after Radiocarpal Arthrodesis in a dog.  
J. Am. Vet. Med. Assoc. 1978. **172** (10): 1186-1189.
74. SLOCUM (B.), DEVINE (T.)  
Partial carpal fusion in the dog.  
J. Am. Vet. Med. Assoc. 1982. **180** (10): 1204-1208.
75. SMITH (M.), SPAGNOLA (J.)  
T-plate for middle carpal and carpometacarpal arthrodesis.  
J. Am. Vet. Med. Assoc. 1982. **199** (2): 230-232.
76. SPRENGER (T.R.)  
Anterior margin articular fractures of the distal radius.  
J. orthop. Trauma. 1993. **1**: 6-10.
77. STRAW (R.C.)  
Thoracic limb: repair of scapula fractures.  
In: BOJRAB (M.J.), BIRCHARD (S.J.), TOMLINSON (J.L.)  
Current techniques in Small Animal Surgery  
Malvern: Lea and Fediger. 1990. 736-740.
78. SUMMER-SMITH (G.)  
Fractures of the head.  
In: BRINKER (W.O.), HOHN (R.B.), PIEUR (W.)  
Manual of Internal Fixation  
Berne: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 1984. 210-218.
79. SZYSKOWITZ (R.), SEGGL (W.), SCHLEIFER (P.)  
Proximal Humerus fractures  
Clin. Orthop. Relat.res. 1993. **292**: 13-25.
80. TAYLOR (R.A.), DEE (J.F.)  
Tarsus and metatarsus  
In: SLATTER (D.)  
Textbook of Small Animal Surgery  
Philadelphia: WB Saunders Company. 1993. 1876-1888.
81. TOAL (R.J.)  
Fractures healing and Complications  
In: THRALL (D.E.)  
Textbook of Veterinary Diagnostic radiology  
Philadelphia: WB Saunders. 1998. 142-160.
82. TROUT (N.J.)  
Les lésions d'hyperextension carpiennes chez les chiens.  
Waltham Focus. 2001. **11** (4) : 18-23.



83. TSCHERNE (H.), LOBENHOFFER (P.)  
Tibial plateau Fractures  
Clin. orthop. relat. res. 1993. **292** : 87-100.
84. WALLACE (M.K.), BOUDRIAU (R.J.)  
Mechanical evaluation of three methods of plating distal radial osteotomies.  
Vet. Surg. 1992. **21** (2): 99-106.
85. WILLENEGGER (H.)  
Genèse et but de l'AO.  
In : SEQUIN (F.), TEXHAMMER (R.)  
L'instrumentation AO, utilisation et entretien.  
Berne : Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 1985. 3-6.
86. WILLER (R.L.), JOHNSON (K.A.)  
Partial carpal arthrodesis for third carpal sprains: a review of 45 carpi.  
Vet. Surg. 1990. **19**: 334-340.
87. WILSON (J.W.)  
Vascular supply to normal bone and healing fractures.  
Sem. Vet. med. surg. (Small anim.). 1991. **6** (1): 26-38.
88. YOCHAM (G.), SANDERSON (C.), BLOEBAUM (R.D.)  
Central tarsal implant in a racing greyhound.  
J. Am. Anim. Hosp. Assoc. 1988. **193** (7): 840-842.