

Année 2015



**LES TRAITEMENTS NON CHIRURGICAUX DES
FRACTURES DU SQUELETTE APPENDICULAIRE DES
CARNIVORES DOMESTIQUES, ÉTUDE
RÉTROSPECTIVE SUR 52 CAS**

THÈSE

Pour le

DOCTORAT VÉTÉRINAIRE

Présentée et soutenue publiquement devant

LA FACULTÉ DE MÉDECINE DE CRÉTEIL

le 12 février 2015

par

Marie-Amélie, Armelle, Florence GUGUEN

Née le 24 mai 1988 à Paris 12^{ème}

JURY

Président : Pr.

Professeur à la Faculté de Médecine de CRÉTEIL

Membres

Directeur : Dr Gerhard NIEBAUER

Professeur émérite de l'unité de pathologie chirurgicale

Assesseur : Dr Henry CHATEAU

Professeur de l'unité d'anatomie des animaux domestiques

LISTE DES MEMBRES DU CORPS ENSEIGNANT

Directeur : M. le Professeur GOGNY Marc

Directeurs honoraires : MM. les Professeurs : COTARD Jean-Pierre, MIALOT Jean-Paul, MORAILLON Robert, PARODI André-Laurent, PILET Charles, TOMA Bernard.

Professeurs honoraires : Mme et MM. : BENET Jean-Jacques, BRUGERE Henri, BRUGERE-PICOUX Jeanne, BUSSIERAS Jean, CERF Olivier, CHERMETTE René, CLERC Bernard, CRESPEAU François, DEPUTTE Bertrand, MOUTHON Gilbert, MILHAUD Guy, POUCHELON Jean-Louis, ROZIER Jacques.

DEPARTEMENT D'ELEVAGE ET DE PATHOLOGIE DES EQUIDES ET DES CARNIVORES (DEPEC)

Chef du département par intérim : M. GRANDJEAN Dominique, Professeur - Adjoint : M. BLOT Stéphane, Professeur

<p>UNITE DE CARDIOLOGIE</p> <ul style="list-style-type: none"> - Mme CHETBOUL Valérie, Professeur * - Mme GKOUNI Vassiliki, Praticien hospitalier - Mme SECHI-TREHIOU Emilie, Praticien hospitalier <p>UNITE DE CLINIQUE EQUINE</p> <ul style="list-style-type: none"> - M. AUDIGIE Fabrice, Professeur - Mme BERTONI Lélia, Maître de conférences contractuel - Mme BOURZAC Céline, Maître de conférences contractuel - M. DENOIX Jean-Marie, Professeur - Mme GIRAUDET Aude, Praticien hospitalier * - Mme MESPOULHES-RIVIERE Céline, Praticien hospitalier - Mme TRACHSEL Dagmar, Maître de conférences contractuel <p>UNITE D'IMAGERIE MEDICALE</p> <ul style="list-style-type: none"> - Mme PEY Pascaline, Maître de conférences contractuel - Mme STAMBOULI Fouzia, Praticien hospitalier <p>UNITE DE MEDECINE</p> <ul style="list-style-type: none"> - M. AGUILAR Pablo, Praticien hospitalier - Mme BENCHEKROUN Ghita, Maître de conférences - M. BLOT Stéphane, Professeur* - M. CAMPOS Miguel, Maître de conférences associé - Mme FREICHE-LEGROS Valérie, Praticien hospitalier - Mme MAUREY-GUENEC Christelle, Maître de conférences <p>UNITE DE MEDECINE DE L'ELEVAGE ET DU SPORT</p> <ul style="list-style-type: none"> - Mme CLERO Delphine, Maître de conférences contractuel - M. FONTBONNE Alain, Maître de conférences - M. GRANDJEAN Dominique, Professeur * - Mme MAENHOUDT Cindy, Praticien hospitalier - M. NUDELMANN Nicolas, Maître de conférences - Mme YAGUIYAN-COLLIARD Laurence, Maître de conférences contractuel 	<p>DISCIPLINE : NUTRITION-ALIMENTATION</p> <ul style="list-style-type: none"> - M. PARAGON Bernard, Professeur <p>DISCIPLINE : OPHTALMOLOGIE</p> <ul style="list-style-type: none"> - Mme CHAHORY Sabine, Maître de conférences <p>UNITE DE PARASITOLOGIE ET MALADIES PARASITAIRES</p> <ul style="list-style-type: none"> - M. BLAGA Radu Gheorghe, Maître de conférences (rattaché au DPASP) - Mme COCHET-FAIVRE Noëlle, Praticien hospitalier - M. GUILLOT Jacques, Professeur * - Mme MARGNAC Geneviève, Maître de conférences - M. POLACK Bruno, Maître de conférences - Mme RISCO CASTILLO Verónica, Maître de conférences (rattachée au DSBP) <p>UNITE DE PATHOLOGIE CHIRURGICALE</p> <ul style="list-style-type: none"> - M. FAYOLLE Pascal, Professeur - M. MAILHAC Jean-Marie, Maître de conférences - M. MANASSERO Mathieu, Maître de conférences - M. MOISSONNIER Pierre, Professeur* - Mme RAVARY-PLUMIOEN Béangère, Maître de conférences (rattachée au DPASP) - Mme VIATEAU-DUVAL Véronique, Professeur - M. ZILBERSTEIN Luca, Maître de conférences <p>DISCIPLINE : URGENCE SOINS INTENSIFS</p> <ul style="list-style-type: none"> - Mme STEBLAJ Barbara, Praticien Hospitalier <p>DISCIPLINE : NOUVEAUX ANIMAUX DE COMPAGNIE</p> <ul style="list-style-type: none"> - M. PIGNON Charly, Praticien hospitalier
--	--

DEPARTEMENT DES PRODUCTIONS ANIMALES ET DE LA SANTE PUBLIQUE (DPASP)

Chef du département : M. MILLEMANN Yves, Professeur - Adjoint : Mme DUFOUR Barbara, Professeur

<p>UNITE D'HYGIENE QUALITE ET SECURITE DES ALIMENTS</p> <ul style="list-style-type: none"> - M. AUGUSTIN Jean-Christophe, Professeur - M. BOLNOT François, Maître de conférences * - M. CARLIER Vincent, Professeur <p>UNITE DES MALADIES CONTAGIEUSES</p> <ul style="list-style-type: none"> - Mme DUFOUR Barbara, Professeur* - Mme HADDAD/HOANG-XUAN Nadia, Professeur - Mme PRAUD Anne, Maître de conférences - Mme RIVIERE Julie, Maître de conférences contractuel <p>UNITE DE PATHOLOGIE DES ANIMAUX DE PRODUCTION</p> <ul style="list-style-type: none"> - M. ADJOU Karim, Maître de conférences * - M. BELBIS Guillaume, Assistant d'enseignement et de recherche contractuel - M. MILLEMANN Yves, Professeur - Mme ROUANNE Sophie, Praticien hospitalier 	<p>UNITE DE REPRODUCTION ANIMALE</p> <ul style="list-style-type: none"> - Mme CONSTANT Fabienne, Maître de conférences* - M. DESBOIS Christophe, Maître de conférences (rattaché au DEPEC) - Mme MASSE-MOREL Gaëlle, Maître de conférences contractuel - M. MAUFFRE Vincent, Assistant d'enseignement et de recherche contractuel - Mme EL BAY Sarah, Praticien hospitalier <p>UNITE DE ZOOTECHNIE, ECONOMIE RURALE</p> <ul style="list-style-type: none"> - M. ARNE Pascal, Maître de conférences - M. BOSSE Philippe, Professeur* - M. COURREAU Jean-François, Professeur - Mme DE PAULA-REIS Alline, Maître de conférences contractuel - Mme GRIMARD-BALLIF Bénédicte, Professeur - Mme LEROY-BARASSIN Isabelle, Maître de conférences - M. PONTER Andrew, Professeur - Mme WOLGUST Valérie, Praticien hospitalier
--	--

DEPARTEMENT DES SCIENCES BIOLOGIQUES ET PHARMACEUTIQUES (DSBP)

Chef du département : Mme COMBRISON Hélène, Professeur - Adjoint : Mme LE PODER Sophie, Maître de conférences

<p>UNITE D'ANATOMIE DES ANIMAUX DOMESTIQUES</p> <ul style="list-style-type: none"> - M. CHATEAU Henry, Maître de conférences* - Mme CREVIER-DENOIX Nathalie, Professeur - M. DEGUEURCE Christophe, Professeur - Mme ROBERT Céline, Maître de conférences <p>DISCIPLINE : ANGLAIS</p> <ul style="list-style-type: none"> - Mme CONAN Muriel, Professeur certifié <p>UNITE DE BIOCHIMIE</p> <ul style="list-style-type: none"> - M. BELLIER Sylvain, Maître de conférences* - Mme LAGRANGE Isabelle, Praticien hospitalier - M. MICHAUX Jean-Michel, Maître de conférences <p>DISCIPLINE : BIostatISTIQUES</p> <ul style="list-style-type: none"> - M. DESQUILBET Loïc, Maître de conférences <p>DISCIPLINE : EDUCATION PHYSIQUE ET SPORTIVE</p> <ul style="list-style-type: none"> - M. PHILIPS Pascal, Professeur certifié <p>DISCIPLINE : ETHOLOGIE</p> <ul style="list-style-type: none"> - Mme GILBERT Caroline, Maître de conférences <p>UNITE DE GENETIQUE MEDICALE ET MOLECULAIRE</p> <ul style="list-style-type: none"> - Mme ABITBOL Marie, Maître de conférences - M. PANTHIER Jean-Jacques, Professeur* 	<p>UNITE D'HISTOLOGIE, ANATOMIE PATHOLOGIQUE</p> <ul style="list-style-type: none"> - Mme CORDONNIER-LEFORT Nathalie, Maître de conférences* - M. FONTAINE Jean-Jacques, Professeur - Mme LALOY Eve, Maître de conférences contractuel - M. REYES GOMEZ Edouard, Maître de conférences <p>UNITE DE PATHOLOGIE GENERALE MICROBIOLOGIE, IMMUNOLOGIE</p> <ul style="list-style-type: none"> - M. BOULOUIS Henri-Jean, Professeur - Mme LE ROUX Delphine, Maître de conférences - Mme QUINTIN-COLONNA Françoise, Professeur* <p>UNITE DE PHARMACIE ET TOXICOLOGIE</p> <ul style="list-style-type: none"> - Mme ENRIQUEZ Brigitte, Professeur - M. PERROT Sébastien, Maître de conférences - M. TISSIER Renaud, Professeur* <p>UNITE DE PHYSIOLOGIE ET THERAPEUTIQUE</p> <ul style="list-style-type: none"> - Mme COMBRISON Hélène, Professeur - Mme PILOT-STORCK Fanny, Maître de conférences - M. TIRET Laurent, Professeur * <p>DISCIPLINE : VIROLOGIE</p> <ul style="list-style-type: none"> - Mme LE PODER Sophie, Maître de conférences * <p>DISCIPLINE : SCIENCES DE GESTION ET DE MANAGEMENT</p> <ul style="list-style-type: none"> - Mme FOURNEL Christelle, Maître de conférences contractuel
---	---

* responsable d'unité

REMERCIEMENTS

À mon jury de Thèse,

Au Professeur de la faculté de Médecine de Créteil,

Qui m'a fait l'honneur d'accepter la présidence de mon jury de thèse,
Hommage respectueux.

Monsieur Gerhard NIEBAUER, Professeur émérite de Pathologie Chirurgicale à l'ENVA,

Qui m'a fait l'honneur d'accepter mon sujet de thèse et qui m'a encadrée tout au long de cette étude,

Pour sa disponibilité, ses conseils et ses encouragements.

Profonde gratitude.

Monsieur Henry CHATEAU, Professeur d'Anatomie des Animaux Domestiques à l'ENVA,

Qui a très aimablement accepté de donner un regard extérieur à ce travail,

Pour son efficacité et sa bienveillance.

Mes sincères remerciements.

À ceux qui m'ont aidée dans ce travail,

À tout le service d'imagerie du CHUVA,

Qui m'a permis de réaliser les radiographies de suivi.

Mes sincères remerciements.

À mon poulot Charles Porsmoguer,

Qui est venu m'aider à réaliser la plupart des radiographies.

Un grand merci.

À mes camarades qui m'ont aidée à réaliser des radiographies,

Merci pour leur participation.

À tous les propriétaires qui ont répondu au questionnaire téléphonique et qui sont venus faire les radiographies de suivi à l'ENVA.

Merci pour leur participation sans laquelle cette étude n'aurait pas pu aboutir.

TABLE DES MATIERES

TABLE DES MATIERES	1
LISTE DES ANNEXES	6
LISTE DES FIGURES	7
LISTE DES TABLEAUX	8
LISTE DES PHOTOGRAPHIES	9
LISTE DES ABRÉVIATIONS	10
INTRODUCTION	11
PREMIÈRE PARTIE : ÉTUDE BIBLIOGRAPHIQUE	13
1. LES FRACTURES	13
1.1. Comportement biomécanique de l'os.....	13
1.2. Biomécaniques des fractures	14
1.3. Classification des fractures.....	14
1.3.1. Les causes des fractures	14
1.3.2. Présence d'une plaie externe communiquant avec le foyer de fracture	15
1.3.3. Localisation, morphologie et gravité des fractures	15
1.3.3.1. Nomenclature utilisée par l'AO Vet	15
1.3.3.2. Description des fractures selon l'orientation du trait de fracture.....	16
1.3.3.3. Description de l'étendue des fractures.....	16
1.3.3.4. Fractures particulières.....	17
1.3.4. Classification des fractures de l'épiphyse.....	17
1.4. Fracture du jeune en croissance	17
2. LA CICATRISATION OSSEUSE DES FRACTURES.....	19
2.1. Influence de la biomécanique des fractures sur la cicatrisation osseuse	19
2.1.1. Blastème et biomécanique	19
2.1.2. La contrainte interfragmentaire.....	20
2.1.3. Importance du tissu de cicatrisation dans la stabilité fracturaire	21
2.2. Étude morphologique et histologique.....	21
2.2.1. Cicatrisation des fractures dont l'immobilisation est relative.....	21
2.2.1.1. La phase inflammatoire	22
2.2.1.1.1. La réaction inflammatoire aiguë	23
2.2.1.1.2. L'hématome fracturaire	24
2.2.1.1.3. Nécrose osseuse	26
2.2.1.1.4. Prolifération cellulaire et revascularisation.....	27
2.2.1.2. La phase de réparation	28
2.2.1.2.1. Stade de réparation conjonctive	28
2.2.1.2.2. Stade de réparation cartilagineuse.....	29
Influence de l'oxygène.....	29
Influence de l'induction	30
Influence des contraintes.....	30
2.2.1.2.3. Stade de réparation osseuse	31
La formation du cal mou fibrocartilagineux	33
La formation du cal dur osseux.....	34
2.2.1.3. La phase de remodelage.....	35

2.2.2.	Cicatrisation par première intention.....	37
2.2.2.1.	La cicatrisation des zones de contact.....	38
2.2.2.2.	La cicatrisation des espaces interfragmentaires.....	39
2.2.3.	Cicatrisation sous mouvements restreints.....	40
2.3.	Facteurs influençant la cicatrisation osseuse.....	41
2.3.1.	Facteurs locaux.....	41
2.3.1.1.	Importance de la vascularisation du foyer de fracture.....	41
2.3.1.2.	Importance des facteurs de croissances et des molécules de signalisation.....	42
2.3.1.2.1.	Les facteurs de croissances.....	42
	Les PDGF.....	42
	Les IGF-I et IGF-II.....	43
	Les TGF β	43
	Les BMPs.....	43
	Les FGF.....	43
2.3.1.2.2.	Les cytokines.....	44
2.3.1.3.	Importance de la perte osseuse.....	44
2.3.1.4.	Importance des muscles.....	44
2.3.2.	Influence de l'âge.....	45
2.3.2.1.	Formation du cal chez le jeune.....	45
2.3.2.2.	Le remodelage chez le jeune.....	45
2.4.	Complication de la cicatrisation osseuse.....	46
2.4.1.	L'ostéomyélite.....	46
2.4.2.	Les retards de consolidation.....	47
2.4.3.	Les pseudarthroses.....	48
2.4.4.	Le cal vicieux.....	50
2.4.5.	Sarcome associé à une fracture.....	51
2.5.	Evaluation de la consolidation des fractures.....	52
2.5.1.	Observation des signes extérieurs.....	52
2.5.2.	La radiographie.....	52
2.5.2.1.	Aspect radiographique du cal.....	53
2.5.2.2.	Codification du cal de fracture.....	53
2.5.2.3.	Evaluation du temps de cicatrisation.....	54
2.5.2.4.	Complications observées.....	55
3.	TRAITEMENT DES FRACTURES : TRAITEMENT CONSERVATEUR vs	
	TRAITEMENT CHIRURGICAL.....	57
3.1.	L'AO.....	57
3.1.1.	L'évolution des principes de l'AO.....	57
3.1.2.	Les principes de l'AO.....	58
3.1.3.	Le concept de l'ostéosynthèse biologique.....	58
3.2.	Choix du traitement : indications et contre-indications du traitement conservateur..	59
3.2.1.	Intérêt des traitements conservateurs.....	59
3.2.2.	Influence de l'espèce.....	59
3.2.3.	Influence de l'âge des animaux.....	59
3.2.4.	Influence de la taille et du poids de l'animal.....	60
3.2.5.	Influence de l'emplacement de la fracture.....	61
3.2.6.	Influence de l'os fracturé.....	61
3.2.6.1.	Fracture de la scapula.....	61
3.2.6.2.	Fémur et humérus.....	61
3.2.6.2.1.	Le fémur : les fractures diaphysaires.....	61
3.2.6.2.2.	L'humérus : les fractures diaphysaires.....	62
3.2.6.3.	Radius et tibia.....	62
3.2.6.4.	Carpe et tarse.....	63
3.2.6.5.	Métacarpes et métatarses.....	63

3.2.6.6. Les fractures des phalanges	63
3.2.6.7. Les fractures du bassin.....	63
3.2.7. Influence du type de fracture	64
3.2.7.1. Fractures transverses.....	64
3.2.7.2. Fractures obliques ou comminutives	64
3.2.7.3. Fracture en bois vert	64
3.2.8. Evolution d'une fracture par contention externe.....	64
3.3. Conduite du traitement conservateur.....	64
3.3.1. La cagéothérapie	64
3.3.2. Les principes généraux du traitement des fractures par des bandages orthopédiques.....	65
3.3.2.1. Les fonctions principales des bandages orthopédiques	65
3.3.2.2. Neutralisation des forces appliquées aux fractures par les pansements contentifs	65
3.3.2.3. La réduction de la fracture	66
3.3.2.3.1. La réduction à foyer fermé.....	66
3.3.2.3.2. Méthodes de réduction à foyer fermé	67
3.3.2.4. L'alignement du membre.....	69
3.3.2.5. Immobilisation des articulations.....	69
3.3.3. Traitements contentifs et mode opératoire.....	70
3.3.3.1. Le rembourrage et son importance	71
3.3.3.2. Position de l'animal lors de la mise en place d'une contention externe	71
3.3.3.2.1. Position du postérieur	71
3.3.3.2.2. Position de l'antérieur	71
3.3.3.3. Les Pansements Robert Jones	72
3.3.3.3.1. Utilisation.....	72
3.3.3.3.2. Mode opératoire.....	72
3.3.3.4. Les pansements Robert Jones modifiés	73
3.3.3.5. Les attelles	73
3.3.3.5.1. Les attelles de coaptation	74
3.3.3.6. Les plâtres.....	74
3.3.3.6.1. Les plâtres longs	74
3.3.3.6.2. Les plâtres courts	75
3.3.3.6.3. Les matériaux utilisés	75
3.3.3.7. Les écharpes	76
3.3.3.7.1. Les écharpes Velpeau	76
3.3.3.7.2. Les écharpes d'Ehmer.....	76
3.3.3.8. Entretien des pansements contentifs	77
3.4. Complications	78
3.4.1. Raideur du membre	78
3.4.1.1. Maladie fracturaire.....	78
3.4.1.2. Laxité articulaire.....	78
3.4.1.3. Les lésions dermatologiques.....	79
3.4.1.3.1. Les plaies de frottement.....	79
3.4.1.3.2. Les plaies de compression	79
3.4.1.3.3. L'œdème	79
3.5. Résultats bibliographiques du traitement non chirurgical	80
3.5.1. Résultats sur les fractures de la scapula.....	80
3.5.2. Résultats sur les fractures de l'humérus.....	81
3.5.3. Résultats sur les fractures du fémur	81
3.5.4. Résultats sur les fractures du radius et de l'ulna.....	82
3.5.5. Résultats sur les fractures des métacarpes et des métatarses	82
3.5.6. Résultats sur les fractures du bassin.....	84

**DEUXIÈME PARTIE : ÉTUDE RÉTROSPECTIVE SUR 52 CAS TRAITÉS
CONSERVATIVEMENT À L'ENVA ENTRE SEPTEMBRE 2009 ET JUILLET 2013 87**

1.	MATERIEL ET METHODES.....	87
1.1.	Matériel.....	87
1.1.1.	Critères d'inclusion et d'exclusion.....	87
1.1.2.	Critères épidémiologiques.....	87
1.2.	Méthode.....	88
1.2.1.	Classification des fractures.....	88
1.2.2.	Les méthodes de suivi.....	88
1.2.2.1.	Suivi des cas à court terme.....	88
1.2.2.2.	Suivi des cas au long terme.....	88
1.2.2.2.1.	Suivi téléphonique.....	88
1.2.2.2.2.	Rendez-vous de contrôle dans le cadre de l'étude.....	89
1.2.3.	Evaluation finale.....	89
1.2.4.	Le CD-Rom.....	90
2.	RESULTATS.....	91
2.1.	Description des animaux.....	91
2.1.1.	Âge des animaux.....	91
2.1.2.	Poids et taille des animaux.....	92
2.2.	Description des fractures.....	93
2.2.1.	Délai de prise en charge de la fracture à l'ENVA après l'apparition du traumatisme.....	93
2.2.2.	Causes des fractures.....	93
2.2.3.	Os fracturés traités conservativement.....	94
2.2.4.	Localisation des fractures.....	95
2.2.4.1.	Localisation des fractures des os longs.....	95
2.2.4.2.	Localisation des fractures du bassin.....	96
2.2.5.	Type de fracture.....	97
2.2.6.	Degré de déplacement des fractures.....	98
2.2.7.	Fractures concomitantes.....	98
2.3.	Les traitements non chirurgicaux effectués.....	99
2.3.1.	Les traitements prescrits.....	99
2.3.2.	La durée des traitements conservateurs.....	100
2.4.	Suivis et complications.....	100
2.4.1.	Durée de suivi.....	100
2.4.2.	Suivis radiographiques.....	101
2.4.2.1.	Lors du traitement conservateur.....	101
2.4.2.2.	Dans le cadre de l'étude.....	101
2.4.3.	Questionnaires.....	101
2.4.3.1.	Questionnaire téléphonique.....	102
2.4.3.2.	Questionnaire en présence des propriétaires.....	102
2.4.4.	Délai de cicatrisation.....	102
2.4.5.	Complications.....	105
2.4.5.1.	Les complications suite à la mise en place d'un traitement contentif externe.....	105
2.4.5.2.	Les complications de la cicatrisation osseuse.....	105
2.4.6.	Résultats qualitatifs.....	105
3.	DISCUSSION.....	107
3.1.	Analyse des matériels et méthodes.....	107
3.2.	Description des animaux.....	107
3.2.1.	Influence de l'espèce.....	107
3.2.2.	Influence de l'âge des animaux.....	107
3.2.3.	Influence de la taille et du poids des animaux.....	108

3.3.	Description des fractures	109
3.3.1.	Influence de l'os fracturé	109
3.3.1.1.	Fracture de l'humérus et fémur.....	109
3.3.1.1.1.	Fracture de l'humérus	109
3.3.1.1.2.	Fracture du fémur.....	109
3.3.1.2.	Fracture radius/ulna et tibia/fibula.....	110
3.3.1.3.	Fractures des métacarpes et métatarses	110
3.3.1.4.	Influence des fractures concomitantes.....	111
3.3.2.	Influence de la localisation de la fracture sur l'os	111
3.3.2.1.	Les os longs	111
3.3.2.2.	Le bassin.....	111
3.3.3.	Influence du type de fracture	112
3.3.3.1.	Fractures transverses.....	112
3.3.3.2.	Fractures autres que les fractures transverses	112
3.3.4.	Influence du degré de déplacement.....	113
3.4.	Analyses des complications	113
3.4.1.	Les cals vicieux.....	114
3.4.2.	Les pseudarthroses	114
3.4.3.	Retard de la consolidation.....	114
3.4.4.	Arthrose	115
3.4.5.	Complications liées à la mise en place d'un pansement	115
3.5.	Discussion sur les cas qui n'ont pas été contrôlé radiographiquement	116
3.5.1.	Le questionnaire téléphonique	116
3.5.2.	Evaluation des complications sans nouvelle des propriétaires	116
CONCLUSION.....		117
BIBLIOGRAPHIE.....		119

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1. Questionnaire téléphonique	124
Annexe 2. Récapitulatifs des fractures étudiées chez les chiens.....	126
Annexe 3. Récapitulatif des fractures étudiées chez les chats.	131

LISTE DES FIGURES

Figure 1. Situation de l'os et localisation de la fracture sur le fût osseux	16
Figure 2. La cascade inflammatoire.	24
Figure 3. Aspect de la zone fracturaire quelques heures après l'accident.	25
Figure 5. Aspect du foyer fracturaire 3 à 4 semaines après le traumatisme.....	31
Figure 6. Aspect du cal de fracture au stade de réparation osseuse..	33
Figure 7. Cicatrisation osseuse secondaire lors d'une fracture instable.....	36
Figure 8. Représentation schématique d'un cône de forage..	37
Figure 10. Cicatrisation osseuse primaire après la mise en place d'une fixation rigide de la fracture..	40
Figure 11. Classification des pseudarthroses selon Weber et Cech.	50
Figure 12. Utilisation de l'extenseur de Gordon.	68
Figure 13. Utilisation du poids de l'animal pour appliquer une force traction et une contre traction.....	68
Figure 14. Longueurs optimales des attelles ou plâtres suivant l'emplacement de la fracture.	70
Figure 15. Plâtre synthétique de type VETCAST Plus ND	75
Figure 16. Bandes thermoplastiques VETLITE ND	76
Figure 17. Mise en place d'une écharpe d'Ehmer.....	77
Figure 18. Répartition des animaux en fonction de leur âge.....	91
Figure 19. Répartition des animaux en fonction de leur poids.....	92
Figure 20. Origine des fractures chez les chiens.	93
Figure 21. Origine des fractures chez les chats.	94
Figure 22. Os fracturés traités conservativement chez les chiens et les chats	94
Figure 23. Localisation des fractures des os long traitées conservativement.....	95
Figure 24. Nombre d'os fracturés du bassin des chiens et des chats	97
Figure 25. Types de fractures traitées conservativement chez les chiens et les chats, pour les os longs.	97
Figure 26. Les différents traitements conservateurs appliqués chez les chiens en fonction de l'os concerné.....	99
Figure 27. Les différents traitements conservateurs appliqués chez les chats en fonction de l'os concerné.....	100

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1. Liste des résultats des races toy.....	92
Tableau 2. Liste des cas ayant eu une fracture de l’humérus ou du fémur traitée conservativement.....	95
Tableau 3. Résultats des fractures épiphysaires ayant été traitées de manière non chirurgicale.....	96
Tableau 4. Liste des cas ayant eu plusieurs fractures concomitantes.....	98
Tableau 6. Durées moyenne des différents traitements conservateurs chez le chat et chez le chien.	100
Tableau 6. Nombre de propriétaires ayant répondu au questionnaire chez les chats et chez les chiens.	101
Tableau 7. Animaux ayant une cicatrisation en cours avec un cal osseux avec pontage des corticales lors de leur dernière radiographie de contrôle pendant la période de traitement.....	103
Tableau 8. Animaux ayant une cicatrisation complète lors de leur dernière radiographie de contrôle pendant la période de traitement.	104
Tableau 9. Listes des cas ayant eu une complication de la cicatrisation osseuse	106

LISTE DES PHOTOGRAPHIES

Photographies 1 et 2. Lésions cutanées suite à l'application d'un Robert Jones mal appliqué pendant une semaine.....	80
--	----

LISTE DES ABRÉVIATIONS

ENVA : Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort

CHUVA : Centre Hospitalier Universitaire Vétérinaire d'Alfort

l'AO Vet : Association d'ostéosynthèse vétérinaire

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

PDGF : Paltelet Derved Growth Factor

IGF : Insulin-like Growth Factor

TGF β : Transforming Growth Factor

BMPs : Bon Morphogenic Proteins

FGF : Fibroblast Growth Factor

INTRODUCTION

Le traitement des fractures du squelette appendiculaire des carnivores domestiques a fait l'objet d'une constante évolution.

La contention externe a précédé la réduction chirurgicale et la fixation interne des os fracturés pendant des milliers d'années. Des moyens d'immobilisation du membre fracturé étaient mis en place pour favoriser la cicatrisation osseuse naturelle.

Bien que la réduction chirurgicale des fractures soit maintenant commune, les traitements non chirurgicaux ont encore un rôle dans les traitements orthopédiques.

Les objectifs de ce travail sont d'évaluer les fractures traitées de manière non chirurgicale, leur cicatrisation et le suivi des patients afin de déterminer sous quelles conditions la gestion conservative peut être une méthode appropriée pour le traitement des fractures du squelette appendiculaire chez les carnivores domestiques.

Ce travail est une étude rétrospective, sur 52 cas, des résultats cliniques et radiographiques de 56 fractures traitées de manière non chirurgicale.

Dans une première partie, nous étudierons les fractures, leur cicatrisation et les traitements non chirurgicaux.

Dans un second temps, 52 cas de chiens et de chats traités conservativement au Centre Hospitalier Vétérinaire d'Alfort (CHUVA) entre septembre 2009 et juillet 2013 seront étudiés, dans le but de dégager des règles d'indication et de contre-indication à ce traitement.

PREMIÈRE PARTIE : ÉTUDE BIBLIOGRAPHIQUE

1. LES FRACTURES

Une fracture est une rupture de continuité complète ou incomplète.

Elle s'accompagne de lésions plus ou moins graves des tissus mous environnants notamment des vaisseaux sanguins, et des troubles fonctionnels du système locomoteur.

1.1. Comportement biomécanique de l'os

La fonction principale de l'os est sa fonction mécanique. En effet, les os sont rigides et donnent attache aux muscles pour permettre les mouvements. Cette rigidité résulte de la minéralisation.

L'activité physique induit un ensemble complexe de forces appliquées aux os. Ces Forces sont de trois types (Schiltz, 1988) :

- forces externes dues au poids du corps,
- forces internes provoquées par les contractions musculaires,
- forces internes générées par les réactions entre les os.

Lorsque l'os est soumis à **des contraintes modérées et à long terme**, il a la capacité d'adapter son architecture et sa forme externe par la résorption et la reformation du tissu osseux en réponse à ces contraintes : il s'agit de **la loi de Wolff**. C'est une des propriétés unique de ce tissu (Boskey, 1993).

Dans le cadre d'une **contrainte modérée et de courte durée**, la déformation osseuse n'existe que pendant le temps d'application de cette contrainte. Une fois cette dernière supprimée, l'os reprend forme et situations initiales.

Quand le système osseux est soumis à de **sévères sollicitations**, les contraintes exercées deviennent extrêmement fortes donnant des déformations osseuses et des fractures osseuses.

Les facteurs déterminant ces deux atteintes sont (Schiltz, 1988) :

- **la direction et l'amplitude des forces appliquées** : le comportement des os longs est différent selon l'application de contraintes axiales, telles que traction et compression, ou de contraintes de type flexion et torsion ;
- **la taille et la géométrie de l'os concerné** : la configuration géométrique des os les prédisposent à résister aux forces exercées dans une direction particulière ;
- **les propriétés mécaniques des tissus constitutifs de l'os** qui déterminent leur réponse aux contraintes appliquées.

L'application d'un chargement important à un matériau génère des contraintes réparties sur toute sa structure. Sur les plans où ces contraintes sont les plus élevées, on pourra dépasser le point de rupture et aboutir à une fracture. Lors de l'application d'une force importante, l'os se rompt selon les plans de sa structure soumis aux plus fortes contraintes. Les os longs résistent mieux aux contraintes selon leur grand axe que selon leur section (Sschiltz, 1988).

1.2. Biomécaniques des fractures

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

Le type de fracture d'un os est sous la dépendance directe du type de forces qu'il subit. Ces forces peuvent être regroupées en 5 grands types qui peuvent s'associer entre eux (Autefage, 1997a) :

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

L'os fracturé subit en principe les mêmes sollicitations que l'os intact (poids du corps, action des muscles). En revanche, il est dans l'incapacité de transmettre les charges qui lui sont appliquées du fait de sa perte de continuité, la majorité des os longs étant soumis à des contraintes mixtes de flexion et de compression.

Les extrémités des fractures et les tissus environnant l'espace fracturaire sont sujets à de hautes déformations quand la stabilisation n'est pas adéquate.

1.3. Classification des fractures

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

1.3.1. Les causes des fractures

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

- **traumatisme atteignant directement l'os** : les statistiques indiquent qu'au moins 75 à 80 % des fractures sont provoqués par des automobiles ou d'autres engins motorisés ;
- **traumatisme indirect** : les forces sont transmises à travers l'os ou les muscles jusqu'en un point éloigné où se produit la fracture ;
- **affections osseuses** : certaines affections osseuses entraînent la destruction de l'os ou sa fragilisation à un point tel qu'un traumatisme banal peut provoquer une fracture (par exemple, tumeur de l'os ou troubles nutritionnels atteignant l'os) ;

- **mises en charges répétées** : les fractures de fatigue se rencontrent le plus souvent chez les petits animaux au niveau des os de l'extrémité des membres antérieurs ou postérieurs (par exemple, métacarpes ou métatarses chez le lévrier de course).

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

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

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

1.3.3. Localisation, morphologie et gravité des fractures

1.3.3.1. Nomenclature utilisée par l'AO Vet

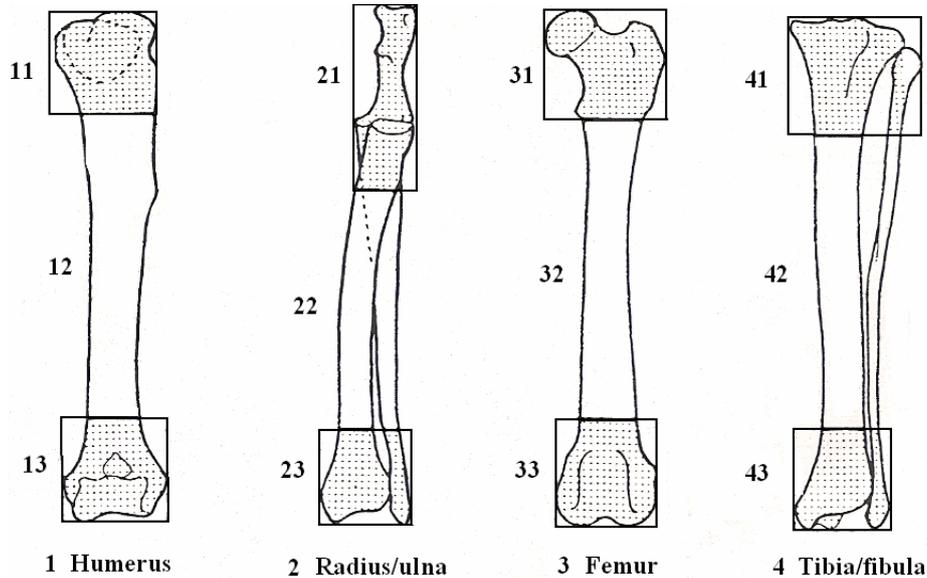
Le système utilisé pour la localisation, la morphologie et la gravité des fractures des os longs chez les animaux de compagnie se base sur la classification adoptée par l'AO Vet (Association d'ostéosynthèse vétérinaire). Ce modèle de classification a été décrit par Unger *et al.*, (1990).

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

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

- **la localisation de la fracture** est déterminée par l'attribution d'un chiffre à chaque os long : 1 pour humérus; 2 pour radius/ulna; 3 = fémur; 4 pour tibia / fibula ;
- **la division de chacun des os long** en trois segments correspond au deuxième chiffre. Pour se faire, l'os est divisé en trois parties (proximale, distale et diaphysaire) dont les limites sont définies par le tracé de carrés dont les côtés correspondent au plus grand diamètre de la partie concernée : 1 pour proximal, 2 pour diaphysaire et 3 pour distale ;
- **la gravité de la lésion** est déterminée par une lettre : qui permet de situer le site de fracture vis-à-vis de l'articulation et de caractériser la fracture : A pour extra-articulaire, B pour articulaire simple, C pour articulaire complexe ;
- chaque type est subdivisé en trois groupe selon sa **complexité** qui dépend du type et de l'étendue de la fragmentation osseuse.

Figure 1. Situation de l'os et localisation de la fracture sur le fût osseux (d'après Unger et al., 1990)



Les fractures ouvertes sont classifiées par origine et le degré de blessures de tissus mous.

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

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

- **les fractures transverses** : le trait de fracture traverse l'os selon un angle inférieur à 30° par rapport au grand axe de l'os ;
- **les fractures obliques** : le trait de fracture forme un angle supérieur à 30° par rapport au grand axe de l'os ;
- **les fractures spiroïdes** : c'est une fracture oblique dont le trait de fracture forme une courbe autour de la diaphyse ;
- **les fractures esquilleuses,**
- **les fractures comminutives** : elles se caractérisent par la présence d'un ou de plusieurs fragments de taille moyenne totalement séparés les uns des autres.

1.3.3.3. Description de l'étendue des fractures

L'étendue des fractures se divise en deux types (Piermattei *et al.*, 2009) :

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

1.3.3.4. Fractures particulières

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

Une fracture par avulsion est une fracture dont un fragment d'os sur lequel s'insère un muscle, un tendon ou un ligament se détache sous l'action d'une traction puissante.

1.3.4. Classification des fractures de l'épiphyse

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

1.4. Fracture du jeune en croissance

Latte (1997) et Drape (1992) ont décrit les fractures chez le jeune en croissance.

Le jeune peut être défini comme un animal qui a des possibilités de croissance, des cartilages de croissance actifs, des corticales fines, friables, peu minéralisées et qui a une consolidation par cal périosté avec des possibilités de remodelage. Tous ces critères varient selon la race et les segments osseux.

Les fractures du jeune sont fréquentes : plus de 50 % des fractures du chien surviennent sur des animaux de moins de 1 an.

Le périoste est épais et très vascularisé. Lors de fracture, il s'arrache facilement ce qui détermine la formation d'un hématome sous périosté qui s'ossifie rapidement.

D'un point de vue mécanique, l'os du jeune est plus élastique que l'os adulte. Par conséquent, il est plus résistant aux traumatismes et peut supporter des déformations importantes sans fracture. Cette qualité mécanique explique la fréquence élevée des fractures en bois vert et des fêlures.

On observe d'importantes variations de ces caractéristiques en fonction de l'âge, des races mais aussi d'un segment à l'autre. Ainsi sur un chiot de 5 mois de taille moyenne, le fémur est un os jeune alors que les autres segments (humérus, tibia, radius-ulna) sont pratiquement des os adultes par leur structure et leurs qualités mécaniques. Néanmoins, la plupart des chiens gardent jusqu'à un an une consolidation rapide par cal périosté et d'importantes possibilités de remodelage. Dans certaines races, comme le berger allemand par exemple, quelques caractéristiques de l'os du jeune (corticales fines, friables) peuvent persister au-delà d'un an.

2. LA CICATRISATION OSSEUSE DES FRACTURES

L'os est le seul organe qui peut se reconstituer dans un modèle identique à lui-même, c'est-à-dire sans cicatrice. Il faut pour cela des conditions biologiques et mécaniques spécifiques. Lors de fracture, le processus cicatriciel qui se met en place est complexe. Les conditions d'immobilisation des fragments osseux jouent un rôle important. La consolidation osseuse dépend entre autres du type de fracture et des divers moyens de fixation utilisés.

2.1. Influence de la biomécanique des fractures sur la cicatrisation osseuse

2.1.1. Blastème et biomécanique

La cicatrisation osseuse passe par l'apparition et la maturation sur le site fracturaire d'un jeune tissu de type embryonnaire, appelé blastème selon l'appellation de Pauwels. La majorité des os longs étant soumis à des contraintes mixtes de flexion et de compression, le blastème est donc lui aussi soumis à ces contraintes.

Lors de fracture, le blastème, composé de cellules embryonnaires à potentialités multiples va fournir les éléments de reconstruction du tissu de soutien qui sont :

- **les fibrilles de collagène** : pratiquement inextensibles, elles sont groupées en faisceau dans la fibre de collagène. La fibrille représente un élément de construction très résistant à la traction. Cependant, elle ne résiste qu'à ce seul mode de chargement, et uniquement quand il est appliqué selon son axe ;
- **la cellule cartilagineuse** : elle est enfermée dans une enveloppe de fibrilles de collagènes et de substances hyalines. Cet ensemble assure une résistance élevée à la compression, et ce de manière multidirectionnelle ;
- **l'ostéon** : élément de construction élaboré, il peut résister à n'importe quel chargement (traction, compression, et cisaillement) et selon tous les axes.

L'observation des phénomènes cytologiques in vivo démontre que la formation de tissu osseux ne peut se réaliser que dans les zones où aucune force mécanique ne s'exerce immédiatement sur la cellule, c'est-à-dire où règne une stabilité absolue. Or, in vivo, cette tranquillité n'existe pas puisque l'os fracturé est soumis à des contraintes en flexion. L'organisme ne pourra donc développer que des structures pouvant supporter de telles contraintes, c'est-à-dire les fibrilles de collagène et les cellules cartilagineuses.

Physiologiquement, le processus de réparation des fractures passe donc par la synthèse d'une part d'un élément de construction résistant de façon passive à la traction, la fibre de collagène, et d'autre part d'un élément résistant de façon passive à la compression, la cellule cartilagineuse (Schiltz, 1989).

Le tissu de granulation, pouvant subir 100 % d'élongation avant qu'il ne se rompe, est un tissu très élastique et très déformable. C'est le seul tissu qui peut survivre à l'environnement du site fracturaire. Le cartilage est beaucoup plus ferme mais il est encore élastique et

déformable. La solidité augmente avec la maturation du cal par diminution de l'élongation et accroissement de la rigidité (Autefage, 1997b).

2.1.2. La contrainte interfragmentaire

Il s'agit du rapport $\epsilon = \Delta L / L$.

ΔL représentant la mobilité à la hauteur du foyer et L l'espace interfragmentaire.

La contrainte interfragmentaire est la contrainte entre les fragments de la fracture qui résulte des mouvements au niveau du site fracturaire.

Les deux principaux facteurs qui influencent la contrainte interfragmentaire sont :

- la rigidité de la technique utilisée pour stabiliser la fracture,
- la surface des fragments de la fracture.

Ainsi, les **fractures comminutives** peuvent relativement mieux tolérer le mouvement, car la contrainte est appliquée sur une plus grande surface de fragments. Si la contrainte interfragmentaire dépasse un niveau critique, l'apport sanguin pour la guérison de la fracture est soumise à des traumatismes répétés et ne peut pas s'établir (Harasen, 2003).

De plus, **si l'espace interfragmentaire est étroit**, une très faible contrainte ne pourra être obtenue que par une stabilité absolue. En revanche, **si l'espace interfragmentaire est large**, la formation osseuse pourra avoir lieu même si la mobilité est importante car celle-ci sera alors répartie entre plusieurs cellules, chaque cellule n'étant alors soumise qu'à une très faible contrainte unitaire (Autefage, 1997b).

La contrainte interfragmentaire influence la différenciation des cellules à potentialités multiples qui envahissent l'espace fracturaire.

Les cellules ostéogéniques, très différenciées, ne tolèrent qu'une très faible contrainte. À l'opposé, lorsque la contrainte atteint un certain seuil, les cellules mésenchymateuses se différencient non pas en ostéoblastes mais en chondroblastes voire en fibroblastes.

Deux mécanismes ont lieu pour réduire les tensions au sein de l'espace interfragmentaire (Hulse et Hyman, 1993) (Autefage 1997b) :

- tout d'abord **la résorption ostéoclastique** des extrémités des abouts fracturaires augmente l'espace interfragmentaire. Cette résorption permet d'éliminer l'os nécrosé mais elle induit aussi une augmentation de l'espace interfragmentaire et par voie de conséquence, pour une même charge, une diminution de la contrainte subit par chaque élément cellulaire. De la même manière, les déformations de cisaillements sont réduites par un espace fracturaire plus large. L'élargissement de l'espace interfragmentaire, en entraînant une diminution de la contrainte subit par chaque cellule, permet donc la différenciation des cellules à potentialités multiples en cellules ostéogéniques ;
- en second lieu, **le tissu de granulation devient progressivement plus fibreux**, ce qui améliore la stabilité et réduit le mouvement entre les fragments osseux. La stabilité réduit le degré de déformation interfragmentaire, ce qui permet aux tissus avec une tolérance inférieure à la déformation et une plus grande rigidité inhérente à survivre au

niveau de l'espace interfragmentaire. La déformation interfragmentaire est ensuite réduite à l'endroit où l'os survit et unit les extrémités des fragments.

2.1.3. Importance du tissu de cicatrisation dans la stabilité fracturaire

La mise en place d'un tissu de cicatrisation à la périphérie des éléments osseux participe à la stabilisation de la fracture. Le cal périosté est donc un facteur important de la stabilité du foyer fracturaire. Son volume dépend directement des conditions de mobilité des fragments osseux. Il est d'autant plus important que la stabilité est faible.

2.2. Étude morphologique et histologique

La pathophysiologie de la cicatrisation osseuse primaire et secondaire permet ainsi de comprendre les effets des différents traitements, chirurgicaux et non chirurgicaux, et leurs intérêts.

2.2.1. Cicatrisation des fractures dont l'immobilisation est relative

La cicatrisation des fractures dont l'immobilisation est relative se fait par une cicatrisation osseuse caractérisée par la formation d'un cal intermédiaire avant la formation osseuse. Ce type de cicatrisation est appelé **indirecte ou secondaire** (Griffon, 2005).

Elle ne nécessite pas une réduction anatomique ou des conditions rigides stables. Au contraire, elle est renforcée par des micro-mouvements et la prise d'appui. Cependant, trop de mouvements et / ou de mise en charge est connue pour entraîner un retard de consolidation ou même des pseudarthroses (Marshall et Einhorn, 2011).

La cicatrisation osseuse secondaire se produit dans le traitement non chirurgical des fractures.

La cicatrisation spontanée des fractures complètes se fait en présence d'extrémités fragmentaires instables. La cicatrisation des os doit se faire alors en dépit d'une grande contrainte interfragmentaire. Cependant, la formation osseuse peut se produire que dans un environnement biomécanique stable avec une contrainte interfragmentaire inférieur à 2 %.

Différents procédés se produisent pour surmonter cette situation défavorable (Griffon, 2005) :

- la contraction initiale des muscles entourant la fracture,
- la résorption des extrémités fragmentaires : l'espace interfragmentaire s'élargit, ce qui réduit la contrainte interfragmentaire et minimise la déformation des tissus locaux ;
- la réparation ordonnée avec les tissus appropriés pour l'environnement mécanique,
- la formation d'un cal externe important.

En effet, immédiatement après la fracture, la tension musculaire s'exerce librement et les abouts osseux se déplacent. Ce phénomène s'arrête naturellement dès que l'inflexion des abouts osseux provoque le jeu des muscles antagonistes et que l'excitabilité musculaire diminue avec l'effet du traumatisme. Ceci conduit à une mise en repos partielle des fragments qui, sous l'effet de la douleur, ne seront plus sollicités par des mouvements volontaires (Schiltz, 1989).

La consolidation osseuse évolue classiquement selon trois phases successives de durées différentes qui s'interpénètrent (Griffon, 2005) :

- **la phase inflammatoire** : la lésion osseuse est d'abord comblée par un hématome et il y a une inflammation intense ;
- **la phase de réparation** : l'hématome est rapidement remplacé par un tissu de granulation ;
- **la phase de remodelage** : un cal fibrocartilagineux se forme en quelques semaines, sa minéralisation conduit à un cal osseux qui disparaît au fur et à mesure que le remodelage progresse.

Les différentes étapes décrites se succèdent dans le temps mais avec un volume et une durée qui sont sous la dépendance de la qualité de l'immobilisation et du mode de traitement.

Une fracture non traitée chirurgicalement aura une cicatrisation osseuse dite secondaire. Cette cicatrisation est favorisée par des micro-mouvements et est à l'origine d'un cal osseux important. Ces fractures doivent être cependant immobilisées car trop de mouvements favorisent les complications de la cicatrisation osseuse.

2.2.1.1. La phase inflammatoire

La phase inflammatoire commence immédiatement après la perturbation initiale de l'os et des tissus mous environnants et persiste jusqu'à ce que la formation du cartilage ou de l'os soit lancée (Griffon, 2005).

Des lysozymes sont libérés par les ostéocytes morts situés aux extrémités des fragments osseux. Cela provoque la destruction de la matrice organique. Les lésions des tissus mous, du périoste et du contenu médullaire sont la source d'un matériel nécrotique qui provoque une intense réaction inflammatoire.

La formation d'un hématome qui est consécutive aux ruptures des vaisseaux du tissu osseux et des tissus mous périphériques. Cette phase dure donc 3 à 4 jours et éventuellement plus longtemps, en fonction de l'intensité de la force qui a provoqué la fracture (Autefage, 1997b) (Griffon, 2005).

Les ostéoclastes, qui sont dérivés de la lignée des cellules mésenchymateuses, commencent le processus de résorption et d'élimination de l'os mort au début de l'inflammation (Remedios, 1999).

Cliniquement, la fin de la phase inflammatoire coïncide avec une diminution de la douleur et de la tuméfaction des tissus mous (Griffon, 2005).

2.2.1.1.1. La réaction inflammatoire aiguë

Le traumatisme tissulaire et la nécrose osseuse sont responsables d'une réaction inflammatoire aiguë qui débute dès la constitution de la fracture et durent quelques 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 nécrotiques non minéralisés (débris cellulaires, fragments de collagène...) (Autefage, 1992)(Griffon, 2005).

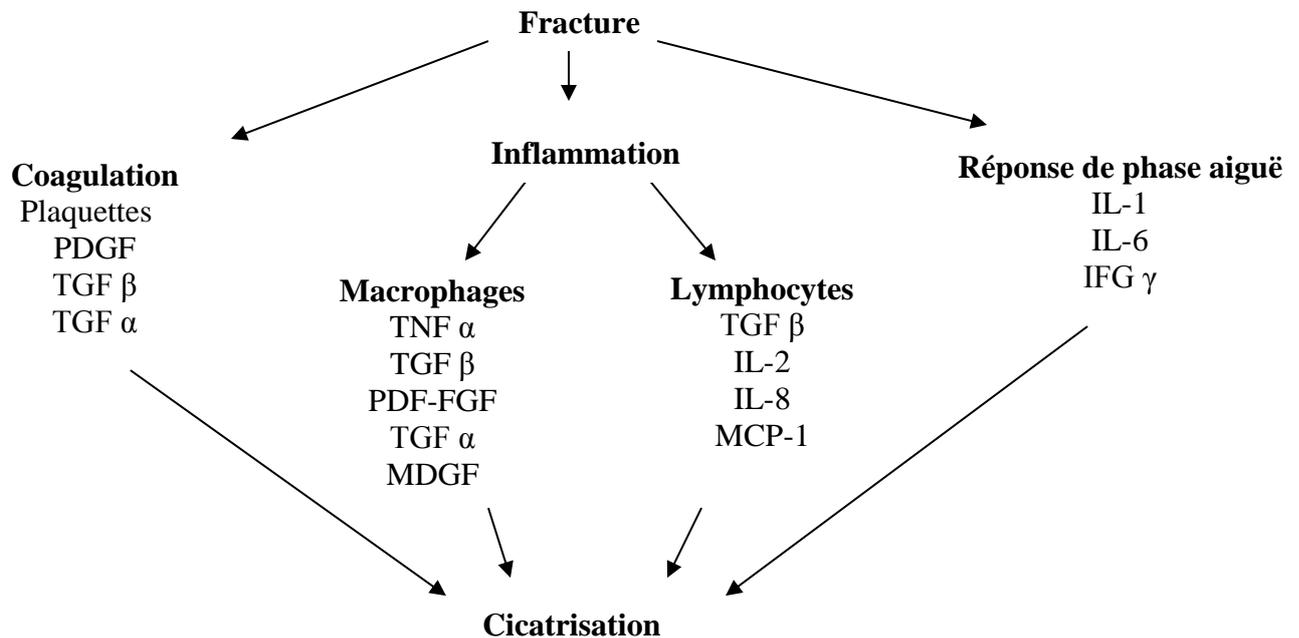
Une réponse inflammatoire en phase aiguë se produit, avec les protéines de la phase aiguë qui inondent cette zone d'inflammation locale. Ces protéines, comme l'interleukine-1 (IL-1) et l'IL-6, activent **des cascades d'enzymes protéolytiques** entraînant la coagulation et en outre l'inflammation.

Localement, les événements aigus après la fracture suivent la même séquence initiale vue dans d'autres tissus, avec des saignements qui évoluent en caillot, l'angiogenèse et la fibrose.

Il est important de prendre en compte les mécanismes de ces changements aigus, car les **cytokines inflammatoires** (figure 2) sont, dans de nombreux cas, responsables de la réglementation de la fonction normale des os. C'est tout à fait en conformité avec les besoins d'une réponse inflammatoire précoce d'une blessure. Cependant, une inflammation persistante (comme dans le cas d'une infection, par exemple) peut avoir des effets inappropriés par des actions directes sur les cellules qui tentent de réparer la fracture (Skerry, 1998).

Cette phase inflammatoire aiguë essentiellement vasculaire est très brève et laisse la place à la deuxième phase : la phase de réparation.

Figure 2. La cascade inflammatoire. D'après Skerry (1998). Les différentes étapes du processus inflammatoire sont exprimées par les mêmes cytokines qui ont des effets sur la physiologie osseuse.



2.2.1.1.2. L'hématome fracturaire

Immédiatement après le traumatisme, l'hématome qui est généré se compose de cellules à la fois de sang périphérique et intramédullaire, ainsi que de cellule de la moelle osseuse (Marshall et Einhorn, 2011). La figure 3 illustre l'aspect de cette zone fracturaire.

Un caillot riche en fibrine se forme alors à l'endroit de la fracture. Le manque de soutien mécanique fourni par ce caillot de sang est bien reconnu. Toutefois, sa contribution à la cicatrisation de l'os fracturé reste quelque peu controversé (Griffon, 2005).

Pour certains, la présence de gros caillots persistant et inchangés à l'emplacement de la fracture pendant une période prolongée entraveraient potentiellement la cicatrisation osseuse.

Pour Tayon *et al.* (1992), l'hématome pourrait simplement jouer un rôle passif dans la formation, son réseau de fibrine servant d'échafaudage à la prolifération cellulaire, aucune activité cellulaire particulière n'ayant pu être mise en évidence.

Cependant pour Mizuno *et al.* (1990), l'hématome peut acquérir des propriétés ostéogéniques au cours de sa maturation en raison de son envahissement par des cellules mésenchymateuses.

Pour Grundes et Reikeras (1993a), l'hématome joue un rôle important dans la formation du cal. En effet, ces auteurs ont montré que l'exérèse de l'hématome 2 à 4 jours après la constitution d'une fracture expérimentale sur des fémurs de rats diminue la résistance en flexion du cal fracturaire 4 semaines plus tard par un facteur de 6 à 10. Ceci souligne l'intérêt

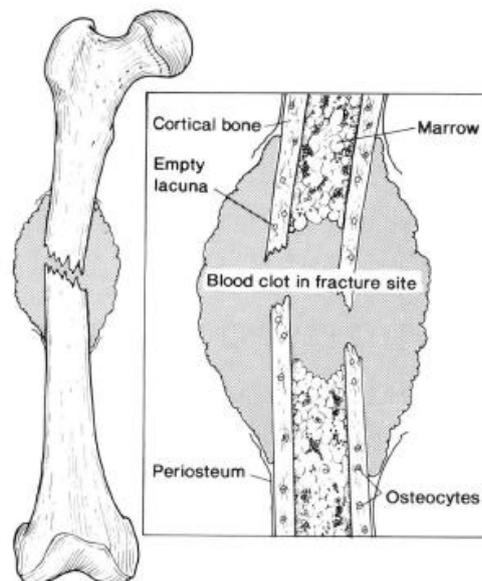
du traitement par méthode biologique des fractures qui permet de conserver à l'hématome ses propriétés ostéogéniques (Autefage, 1997b).

De même, pour Marshall et Einhorn (2011), La blessure déclenche une réponse inflammatoire qui est nécessaire pour la cicatrisation. La réaction provoque la coagulation de l'hématome entre et autour des extrémités des fragments osseux, et dans la moelle formant un modèle pour la formation du cal en formation. Cette réponse inflammatoire aiguë est à l'origine de la production et de la libération de plusieurs molécules importantes, ainsi que du recrutement de cellules souches mésenchymateuses qui vont permettre de générer un cal cartilagineux primaire.

Pour Remedios (1999), l'hématome fournit la première population de cellules au niveau du site de la fracture, notamment les granulocytes, les macrophages, les lymphocytes et les mastocytes.

Les granulocytes ingèrent les bactéries mais n'a pas de rôle dans la cicatrisation osseuse. Macrophages et lymphocytes détruisent les bactéries mais libèrent aussi les facteurs de croissance angiogéniques et cellulaires.

Figure 3. Aspect de la zone fracturaire quelques heures après l'accident. D'après Woodard et Riser (1991). Le traumatisme initial entraîne une nécrose de l'os cortical et l'hémorragie.



Il existe de plus en plus de preuves pour soutenir l'idée que **l'hématome définit l'emplacement pour la phase de réparation** en libérant des facteurs de croissance, stimulant ainsi l'angiogenèse, et la formation osseuse.

En effet, **les plaquettes** sont susceptibles d'être la première source de facteurs mitogènes sur un site traumatisé. Outre les facteurs de coagulation, elles libèrent les facteurs de croissance

platelet-derived growth factor (PDGF) et *transforming growth factor-β1* (TGF- β1) qui stimulent tous les deux la production osseuse (Liebermann *et al.*, 2002).

Les propriétés angiogéniques de l'hématome sont principalement médiées par le facteur de croissance *vascular endothelial growth factor* (VEGF) (Street *et al.*, 2000).

L'acidité locale et les cytokines, contenues dans l'exsudat qui s'accumule dans la zone lésée, complètent cet effet. Les médiateurs inflammatoires tels que les prostaglandines E1 et E2 peuvent stimuler l'angiogenèse, et peuvent également être responsable du début de la résorption osseuse par les ostéoclastes et la prolifération des cellules ostéoprogénitrices (Millis, 1999).

Enfin, **les mastocytes** contenant des substances vasoactives sont abondantes au cours de cette étape et contribuent à la formation de nouveaux vaisseaux. En quelques heures, un sang extraosseux transitoire émerge des tissus mous environnants, revascularisant ainsi la fracture hypoxique (Griffon, 2005).

Les différents facteurs de croissances et les cytokines seront étudiés dans le paragraphe 2.3.1.2.

L'hématome est résorbé à la fin de la première semaine, à moins qu'une infection, que des mouvements excessifs, ou qu'une nécrose des tissus mous environnants persistent au niveau du site de fracture.

2.2.1.1.3. Nécrose osseuse

En raison de **l'instabilité relative des contentions externes** (pansement, fixateur externe...), les fragments osseux ne peuvent pas se connecter immédiatement au réseau vasculaire local qui se met en place.

La rupture vasculaire qui accompagne la rupture du tissu osseux est donc responsable de la nécrose ischémique des extrémités fracturaires. Les vaisseaux médullaires et les vaisseaux intracorticaux sont rompus à la hauteur du trait de fracture.

Comme il n'existe pratiquement pas d'anastomose intracorticale entre les vaisseaux de Havers, chaque segment osseux est considéré comme un système vasculaire 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 les esquilles sont totalement dépourvues d'attaches musculaires.

Le traumatisme chirurgical visant à assurer la réparation de la fracture peut encore l'aggraver nettement (Autefage, 1997b).

De part et d'autre du trait de fracture, une nécrose osseuse apparaît suite à l'interruption vasculaire et qui peut donc s'aggraver suite à un traitement chirurgical.

2.2.1.1.4. Prolifération cellulaire et revascularisation

Une prolifération cellulaire intense débute dès la 8^{ème} heure qui suit le traumatisme et atteint un maximum vers la 24^{ème} heure.

Pour Shah *et al.* (2013), l'évènement primaire dans le processus de réparation osseuse implique le recrutement, la prolifération, l'expansion et l'accumulation de **cellules souches** au niveau du site fracturaire.

Les sources potentielles comprennent :

- des cellules souches de la moelle osseuse,
- des cellules souches dérivées du périoste,
- des cellules souches dérivées de la circulation systémique,
- des péricytes (cellules localisées au niveau de la lame basale de l'endothélium des capillaires) dérivés de l'endothélium vasculaire,
- des cellules souches dérivées des muscles.

Bien que les cellules souches provenant de toutes ces sources contribueraient à la cicatrisation, le tissu périosté semble être la principale source de cellules.

De même pour Grundes et Reikeras (1993b), malgré l'importante participation des tissus périfracturaires à l'élaboration du cal de fracture, **le périoste** semblerait avoir un rôle important. Leurs études sur des fractures fémorales expérimentales chez des rats ont montré que l'abord avec décollement périosté de la fracture diminuait par un facteur 3 la résistance à la flexion du cal de fracture à 4 semaines par rapport aux fractures traitées à foyer fermé.

À cette prolifération cellulaire s'ajoute une prolifération considérable des vaisseaux péri-osseux, formant la **vascularisation extra-osseuse**, qui est responsable de la restauration de la continuité vasculaire.

L'os cortical nécrosé ne peut pas participer au processus de réparation. Il doit d'abord être revascularisé et reconstitué ou bien détruit par ostéoclasie et remplacé. Des ostéoclastes résorbent les fragments de matrice morte ainsi que l'os nécrotique des extrémités fracturaires. Cette résorption se manifeste radiologiquement par l'augmentation de l'écart interfragmentaire plusieurs jours après la fracture.

La réponse vasculaire proliférative et le degré de résorption osseuse peut être affectée par les lésions des tissus mous, soit traumatique ou iatrogène (Autefage, 1997b).

Le traitement non chirurgical des fractures a donc un intérêt dans la protection périostée périfracturaire dans la mesure où il n'y a pas d'ouverture du foyer de fracture.

2.2.1.2. La phase de réparation

2.2.1.2.1. Stade de réparation conjonctive

Le stade de réparation conjonctive débute précocement dans l'évolution d'une fracture et dure environ deux semaines (Autefage, 1997b).

L'hématome devient organisé par les plaquettes et le dépôt de fibrine (Remedios, 1999).

Sous l'influence de divers médiateurs locaux, de nouvelles cellules se multiplient, se différencient et s'organisent pour former de nouveaux vaisseaux, des fibroblastes et de la substance fondamentale (Autefage, 1997b).

Les phagocytes mononucléaires apportés par ces néovaisseaux aident à l'élimination des os nécrotiques et à la construction du cal.

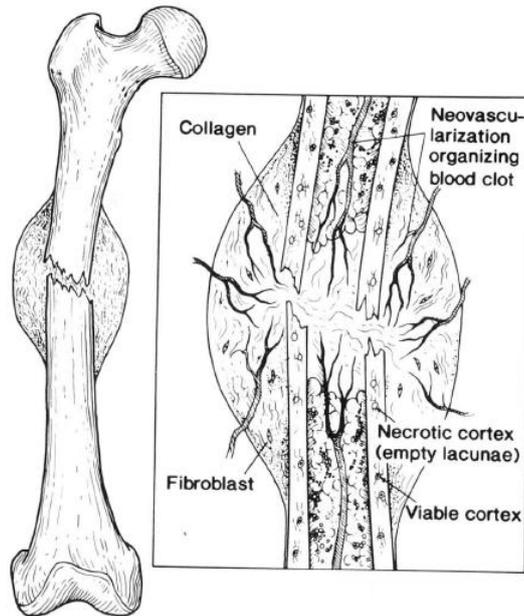
Les macrophages sont également soupçonnés d'orchestrer la guérison des plaies cutanées et joueraient un rôle similaire dans la réparation des fractures. Ils contiennent plusieurs facteurs de croissance, tels que le fibroblast growth factor (FGF), important dans la cicatrisation des tissus mous ainsi que dans la réparation osseuse (Autefage, 1997b). De plus, l'angiogenèse serait médiée par les macrophages qui produiraient des facteurs angiogéniques dans des conditions d'hypoxie du cal de fracture (Remedios, 1999).

Il se forme alors **un tissu de granulation mou** dans l'espace interfragmentaire pendant que les ostéoclastes commencent à résorber l'os nécrosé des extrémités fracturaires (figure 4). Les cellules qui composent le tissu de granulation synthétisent du collagène, assurent la transformation du tissu de granulation en un tissu conjonctif qui englobe les extrémités fracturaires et donne une certaine stabilité à la fracture (Autefage, 1997b).

Cette première étape de la phase de réparation coïncide avec un léger gain en force mécanique. L'aptitude du tissu de granulation à s'allonger de deux fois sa longueur d'origine explique sa formation à ce stade car la contrainte interfragmentaire reste élevée (Griffon, 2005).

Ce tissu conjonctif, une fois constitué, évolue de manière à assurer une stabilité de plus en plus grande aux fragments osseux. Cependant, son évolution dépend beaucoup des conditions locales. Il peut, en effet, évoluer soit vers un fibrocartilage, soit directement vers un tissu osseux (Autefage, 1997b).

Figure 4. Aspect de la zone fracturaire une à deux semaine après le traumatisme. D'après Woodard et Riser (1991). Le tissu de granulation a remplacé l'hématome et une vascularisation extra-osseuse s'est mise en place.



2.2.1.2.2. Stade de réparation cartilagineuse

Le tissu conjonctif est envahi par des cellules mésenchymateuses indifférenciées qui se transforment soit en chondroblaste soit en ostéoclastes (Autefage, 1997b).

Les facteurs influençant l'élaboration d'un cal cartilagineux sont : une faible teneur en oxygène, une mauvaise vascularisation, des facteurs de croissance, et l'influence de la contrainte interfragmentaire (Griffon, 2005).

Influence de l'oxygène

En carence relative d'oxygène et lors d'homéostasie, il se produit une métaplasie cartilagineuse et non pas osseuse.

Les chondroblastes sont, en effet, des cellules biologiquement moins exigeantes que les ostéoblastes et réclament moins d'oxygène pour se développer. Le tissu fibreux se transforme donc progressivement en fibro-cartilage (figure 5).

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 la PO_2 est élevée, ces cellules donnent naissance à des ostéoblastes.

La qualité du cartilage est donc variable. Elle dépend, entre autre, de la mobilité relative des abuts fracturaires. Elle peut être nulle dans les fractures parfaitement contenues. Au contraire, dans les fractures mal stabilisées, la persistance d'un mouvement des abuts

fracturaires est responsable d'un cisaillement des vaisseaux au fur et à mesure de leur progression. Il s'en suit une diminution de la PO₂ et donc de la transformation des cellules mésenchymateuses en chondroblastes qui sécrètent le collagène et la matrice protéique d'un cartilage et transforment par endroits le tissu conjonctif en tissu cartilagineux.

Ce stade fibro-cartilagineux est temporaire. Dès que les conditions locales le permettent, le stade de réparation osseuse lui fait suite (Autefage, 1997b).

Influence de l'induction

De plus, le chimiotactisme, la prolifération, la coordination et la différenciation de ces cellules souches en chondrocytes ou en ostéoblastes sont orchestrés par de nombreux facteurs de croissance, parmi lesquels le TGF- β et *bone morphogenic proteins* (BMPs) qui jouent un rôle majeur.

Bien que le moment exact de cette phase d'induction reste peu clair, elle peut être lancée au cours de la phase inflammatoire.

Cette induction est essentielle à la formation ordonnée et la maturation des tissus à l'intérieur de l'espace interfragmentaire (Griffon, 2005).

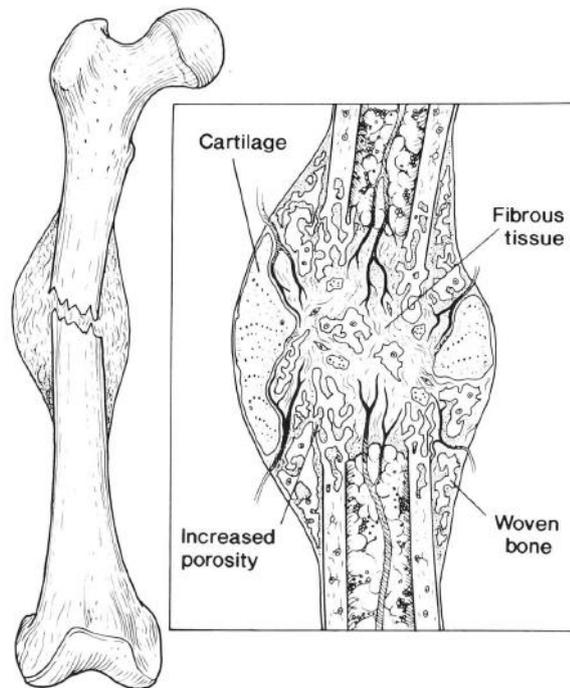
Influence des contraintes

Chao *et al.* (2012) ont décrit les différentes théories de l'aspect de la cicatrisation osseuse sous diverses conditions mécaniques.

Ils décrivent une théorie proposée par Perren (1975) qui est basé sur la contrainte interfragmentaire qui s'exerce sur l'espace interfragmentaire. Cette théorie suggère que le type de tissu formé dans l'espace de consolidation de la fracture est dépendant des contraintes environnementales de l'espace interfragmentaire. Les tissus qui sont stressés au-delà de leur déformation ultime pourraient ne pas se former dans l'espace interfragmentaire :

- si la contrainte interfragmentaire dépasse 100 %, une pseudarthrose peut se produire, ce degré de déformation étant supérieur à la déformation admissible par les tissus biologiques ;
- une contrainte interfragmentaire entre 10% et 100% peut permettre la formation de tissu fibreux et de granulation ;
- entre 2 % et 10 %, les contraintes permettent la formation de cartilage et ultérieurement une ossification endochondrale ;
- les contraintes de moins de 2 % permettent la formation osseuse ;
- les contraintes de 0 % permettent une cicatrisation osseuse primaire.

Figure 5. Aspect du foyer fracturaire 3 à 4 semaines après le traumatisme. D'après Woodard et Riser (1991). Un tissu osseux immature s'est constitué à la périphérie des fragments osseux formant le début du cal osseux périphérique. Des ilots cartilagineux se sont développés au sein du foyer fracturaire. Une résorption de l'os nécrosé des extrémités osseuses est en cours.



Pour Autefage (1997b), au fur et à mesure de l'évolution du cal, l'application d'une force identique engendrera une mobilité du foyer de fracture de plus en plus faible. Les tissus néoformés dans le cal de fracture assurent une immobilisation croissante et sont ensuite graduellement remplacés par d'autres éléments tissulaires qui peuvent survivre dans de nouvelles conditions mécaniques.

Le terme ultime est obtenu lorsque la résistance mécanique à l'élongation des tissus qui forment le cal est inférieure à 2 % permettant alors la formation de l'os lamellaire

Mais plusieurs études ont montré qu'une contrainte interfragmentaire souche supérieure à 2 % est tolérée et que les types de déformation dans l'espace fracturaire sont hétérogènes. Il est bien admis que la contrainte interfragmentaire est le facteur biomécanique le plus important dans la cicatrisation des fractures, mais la plage optimale pour la formation du cal et de la cicatrisation de l'os est encore inconnue (Chao *et al.*, 2012).

2.2.1.2.3. Stade de réparation osseuse

Ce stade mène à un cal osseux. Il peut se faire de deux manières : soit directement, soit après le stade fibrocartilagineux.

Dans le premier cas, il s'agit d'un phénomène d'ossification en milieu conjonctif tout à fait comparable à celui qui existe chez le fœtus. Lorsque l'apport local en oxygène est suffisant,

les cellules mésenchymateuses indifférenciées qui se trouvent au sein du tissu conjonctif se transforment en ostéoblastes. Ces derniers sécrètent alors le collagène et la substance fondamentale osseuse qui se minéralise secondairement. Progressivement, le tissu osseux prend alors la place du tissu conjonctif.

Le tissu osseux peut aussi remplacer le cartilage. Cette transformation se réalise selon un mode comparable à l'ossification endochondrale. Le front d'ossification progresse depuis l'extrémité des abouts fracturaires jusque vers le centre de l'espace interfragmentaire qui est comblé par du cartilage. Dans un premier temps, la matrice cartilagineuse se minéralise, puis des néovaisseaux la colonisent avec des ostéoclastes qui la détruisent et les ostéoblastes qui élaborent la substance ostéoïde. L'os succède alors rapidement au cartilage (figure 6) (Autefage, 1997b).

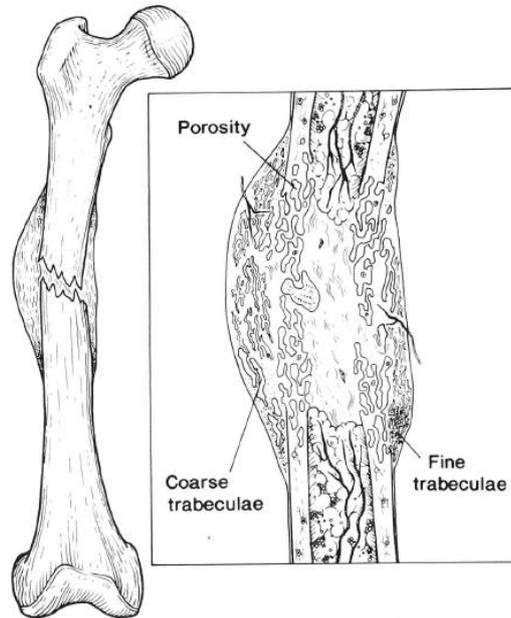
En fonction de sa localisation, on subdivise le cal formé en :

- cal médullaire,
- cal périosté,
- cal cortical.

La façon dont le cal se forme varie nettement selon les circonstances et les stimuli présents.

Lors d'un traitement par un pansement contentif externe, la stabilisation de la fracture se caractérise par la formation d'un cal dans les 3 zones. La stabilité des fragments osseux n'est pas totale et il persiste des micro-mouvements. Le cal qui se développe est responsable de la stabilisation précoce de la fracture et entraîne une consolidation osseuse clinique relativement précoce. Cette dernière est définie comme le point à partir duquel l'os est capable de supporter les forces normales d'appui sans dépendre d'un système de fixation. Par contre une charge dynamique excessive est responsable d'une consolidation retardée au cours de laquelle la transformation du cal cartilagineux en cal osseux est retardée du fait de la mauvaise vascularisation dans les zones de mobilité excessive. Sauf chez les jeunes en croissance, le cal est inversement proportionnel au degré de stabilité du foyer de fracture (Piermattei *et al.*, 2009).

Figure 6. Aspect du cal de fracture au stade de réparation osseuse. D'après Woodard et Riser (1991). Un cal osseux immature ponte les extrémités fracturaires. Les corticales osseuses sont en cours de reconstruction malgré une porosité élevée. La vascularisation extra osseuse a fortement diminué.



La formation du cal mou fibrocartilagineux

Un cal interne ou médullaire se développe à partir de la couche de cellules de l'endoste. Ce cal interne est confiné dans le canal médullaire et reçoit son approvisionnement en sang par des artérioles médullaires. La cavité médullaire de chaque fragment est donc obstruée par un cal fibrocartilagineux qui empêche tant qu'il n'est pas résorbé toute reconstruction d'une nouvelle artère médullaire et qui interrompt temporairement le flux de sang médullaire à travers l'espace interfragmentaire.

Le périoste avoisinant le site de la fracture s'épaissit avant de subir une transformation chondrogénique, produisant ainsi **un cal externe** entièrement vascularisé par les vaisseaux extraosseux. Ce cal périosté débute à distance de chaque fragment et tend à former une arche comme pour enjamber l'extrémité fracturée. Les deux arches se rejoignent et assurent alors une certaine stabilité de la fracture.

Le cal externe et le cal interne constituent ensemble le « **cal pontant** ».

La quantité de cal produit dépend de la stabilité de la fracture, et augmente avec une plus grande instabilité.

Ce « **cal mou** » formé au cours des trois premières semaines après une blessure résiste à la compression, mais sa résistance à la rupture et l'allongement sont similaires à celles du tissu fibreux.

La formation du cal dur osseux

L'augmentation des concentrations de protéoglycanes au sein du fibrocartilage contribuent également à la rigidification de l'espace interfragmentaire.

Le tissu fibro-calcifié contribue grandement à la **restauration de la résistance et la rigidité à l'intérieur de l'espace interfracturaire**. A partir de ce moment, la fonction peut être retrouvée dans une certaine mesure et les contraintes mécaniques permettent alors la transformation de l'os non lamellaire en os lamellaire avec renforcement des travées osseuses soumises à des contraintes et résorption des portions inutiles ou mécaniquement inefficaces. Ce passage par différentes étapes de tissus de plus en plus résistant et solide conduit finalement à une biomécanique permettant la formation de l'os et de l'union.

La minéralisation du cal mou produit par les fragments osseux se termine vers le centre de l'emplacement de la fracture et forme un « **cal dur** ».

Dans la cicatrisation d'une fracture spontanée, l'évolution du cal mou en cal dur dépend de l'approvisionnement adéquate en sang et une augmentation graduelle de la stabilité à le site de la fracture.

Ce sont les **chondrocytes** qui initient et contrôlent la minéralisation du « cal mou ». Bien que le mécanisme exact de cette calcification reste incertain, on pense que les mitochondries se comportent dans l'espace interfracturaire comme ils le font dans des plaques de croissance. Elles accumuleraient des granules contenant du calcium. Celles-ci sont libérées dans l'environnement hypoxique créé par le métabolisme anaérobie.

Les dépôts intra-mitochondriaux de phosphate de calcium sont libérés dans la matrice extracellulaire et participent à la formation de microcristaux d'apatite.

Les autres étapes de substitution osseuse du site fracturaire ressemblent étroitement à l'ossification endochondrale. L'invasion vasculaire du fibrocartilage est couplée avec la dégradation des compartiments de la matrice non minéralisée par les macrophages. Suivant ce front de résorption, les vaisseaux sanguins et les cellules ostéoprolifératives forment de nouvelles travées. A condition qu'il y ait une vascularisation et un support mécanique suffisant à partir du cal minéralisé, le tissu fibreux dans l'espace fracturaire peut subir une ossification intra-membranaire.

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

A la fin de la phase de réparation, l'os lésé a repris assez de force et rigidité pour permettre un exercice modéré.

L'union osseuse est donc atteinte, mais la structure de l'emplacement de la fracture diffère de celle de l'os d'origine.

Que l'ossification se réalise directement à partir du stade conjonctif ou à partir du stade fibrocartilagineux, l'os ainsi formé est, dans tous les cas, un os primitif, immature, non lamellaire dont l'architecture n'est pas organisé. Il y a donc, à ce moment-là, un cal unitif qui soude les abouts osseux. Ce cal est cependant fragile en raison de l'orientation relativement

anarchique des fibres de collagène. Cette fragilité est pourtant macroscopiquement peu apparente et surtout radiologiquement difficile à apprécier car le cal apparaît fortement minéralisé.

Ce cal composé d'os immature est ensuite progressivement transformé en os lamellaire adulte de manière à reconstituer soit un tissu osseux spongieux, soit un tissu osseux compact suivant la localisation de la fracture. Il s'agit de la phase de remodelage (Autefage, 1997b) (Griffon, 2005).

2.2.1.3. La phase de remodelage

Cette phase finale de la réparation des fractures se caractérise par une adaptation morphologique de l'os permettant de retrouver un fonctionnement optimal et de la force. Elle est caractérisée par un remaniement osseux provisoire. L'os soumis aux effets des contraintes mécaniques subit le même processus de remodelage osseux physiologique qui existe au cours de toute la vie de l'individu.

Ce lent processus peut durer plusieurs mois ou plusieurs années et représente 70 % du temps totale de la cicatrisation osseuse (figure 7) (Griffon, 2005) (Schiltz, 1989).

Les sollicitations auxquelles l'os néoformé est soumis ont pour effet :

- de **stimuler l'ostéogénèse** aux endroits de fortes contraintes mécaniques ;
- de **stimuler l'ostéolyse** aux endroits de faibles contraintes mécaniques ainsi qu'aux endroits de décharge.

L'achèvement et le remaniement du pont osseux ne dépend pas de la qualité des contraintes mais de leur grandeur. Les deux principes ci-dessus sont donc indépendants de l'application de traction ou de compression (Schiltz, 1989).

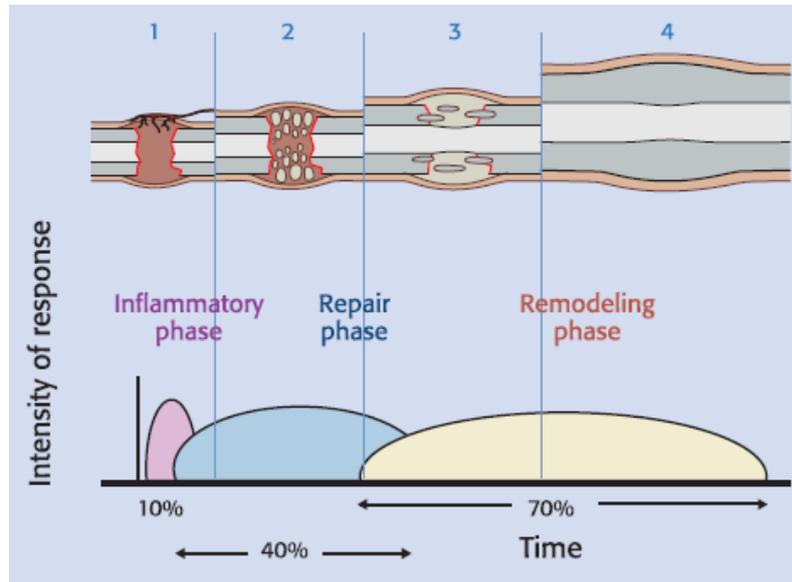
La transformation de l'os immature en os lamellaire structuré se produit pendant cette phase de remodelage dans des conditions de charges fonctionnelles qui assurent l'orientation correcte des fibres de collagène. Ce remodelage est assuré par un processus simultané de résorption ostéoclasique des portions de cal inutiles ou inefficaces et un renforcement des zones mécaniquement actives par apposition ostéoblastique. Ces derniers déposent un os lamellaire correctement orienté. Ces processus de destruction et de reconstruction osseux sont les mêmes que ceux qui assurent en permanence le remaniement osseux physiologique (Autefage, 1997b).

L'action équilibrée de la résorption ostéoclastique et le dépôt ostéoblastique est régi par **la loi de Wolff** et modulée par la **piézoélectricité**. La piézoélectricité est un phénomène dans lequel la polarité électrique est créée par une pression exercée dans un environnement cristallin. La charge axiale des os longs crée une surface convexe électropositive, sur laquelle l'activité des ostéoclastes prédomine. A l'opposé, sur la surface concave, l'électronégativité est associée à une augmentation de l'activité ostéoblastique.

Le cal externe devient progressivement plus fusiforme et disparaît.

Le remodelage du cal interne permet le rétablissement d'une cavité médullaire continue dans la diaphyse de l'os. Les ostéoclastes creusent l'os immature, formant des cônes de forage qui amènent avec eux des néovaisseaux accompagnés d'ostéoblastes (figure 8) (Griffon 2005).

Figure 7. Cicatrisation osseuse secondaire lors d'une fracture instable. D'après Griffon (2005). L'augmentation de rigidité et de résistance des différents tissus conduit à un environnement biomécanique permettant la formation osseuse. Phase inflammatoire : formation d'un hématome et d'une inflammation intense (1). Phase de réparation : l'hématome est rapidement remplacé par un tissu de granulation (2). Phase de remodelage: Au cours des semaines, un cal fibrocartilagineux se forme (3). La phase de remodelage : la minéralisation conduit à la formation d'un cal dur qui devient fusiforme et disparaît peu à peu avec le temps.



Ce remodelage a donc plusieurs actions (Autefage 1997b) :

- il remplace tout os immature par de l'os lamellaire ;
- il remplace le cal entre les extrémités fracturaires corticales par de l'os lamellaire qui s'aligne selon la loi de Wolff en fonction des contraintes mécaniques engendrées par l'appui du membre et les efforts musculaires ;
- il recrée la cavité médullaire en supprimant tout le cal intramédullaire.

Associé à cette phase de remodelage, il se produit un autre phénomène, appelé **modelage**, qui a pour but de rendre à l'os sa forme originelle. Il s'agit d'un processus de sculpture de l'os qui assure la disparition progressive des aspérités et des saillies du cal. Il contribue également à la formation de nouvelles corticales par apposition d'os nouveau en d'autres endroits. Le cal externe se résorbe et l'os tend peu à peu à reprendre sa forme initiale (figure 9).

Ce modelage peut être complet chez le très jeune animal mais il ne l'est jamais chez l'adulte. Il ne peut en aucune manière 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)

Figure 8. Représentation schématique d'un cône de forage. D'après Autefage 1997. (1) Les ostéoclastes situés à l'extrémité creusent des tunnels osseux. (2) Néovaisseaux qui forment les futurs vaisseaux de Havers. (3) Ostéoclastes qui reconstruisent un os lamellaire disposé en lamelles concentriques autour du canal de Havers.

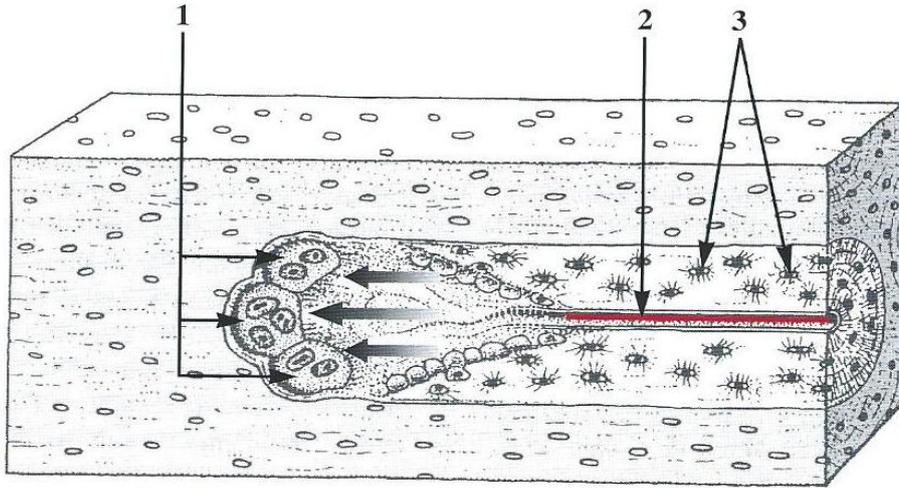
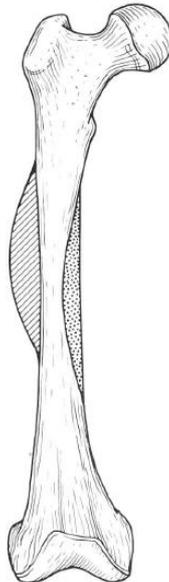


Figure 9. Remodelage osseux D'après Woodard et Riser (1991). Zone rayée= zone de résorption osseuse. Zone pointillée= zone de formation osseuse.



2.2.2. Cicatrisation par première intention

La stabilité absolue des fragments aboutit à un mode de cicatrisation qualifié de **cicatrisation osseuse primaire**. Cette cicatrisation se fait en l'absence de formation d'un cal osseux.

Lors de cicatrisation dans les zones de contact où les forces de compression sont importantes ainsi qu'au niveau des écarts interfragmentaires de très petite taille et stable (<0,1mm), on parle de **consolidation osseuse directe**. Ce type de consolidation court-circuite la plupart des

étapes que nous avons précédemment décrites pour passer directement au remodelage cortical.

La consolidation des corticales se termine par un remodelage interne des canaux de Havers sans résorption des surfaces fragmentaires. Ce remodelage intense au niveau de la surface des fractures peut être confondu sur les radiologies avec une résorption osseuse parce qu'il entraîne une légère perte de densité au niveau de la zone du trait de fracture (Piermattei *et al.*, 2009).

La réduction très stable avec compression des fragments d'os est cliniquement atteinte par l'application d'implants rigides, stable, comme les plaques de compression dynamique, des vis et des plaques verrouillées ou de « lag screw ». La réduction précise et la fixation rigide semblent éliminer les signaux biologiques qui sont connus pour attirer les cellules ostéoprolifératives des tissus mous environnants et qui contribuent à la formation de cals dans la cicatrisation secondaire.

Cette cicatrisation assimilée à une cicatrisation par première intention nécessite des conditions particulières :

- **l'immobilisation parfaite** des fragments pour assurer une stabilité absolue ;
- **la réduction parfaite**, anatomique, pour diminuer le plus possible les écarts interfragmentaires ;
- **l'absence d'infection**,
- **l'intégrité des tissus mous** qui assurent la vascularisation de l'os.

Dans une fracture, quelle que soit la qualité de la réduction, il y aura des zones où des fragments osseux sont en contact et des zones où les fragments osseux sont séparés par des espaces étroits. En effet, la congruence complète entre les extrémités des fragments n'est jamais atteinte, même après une réduction méticuleuse.

Griffon (2005) décrit deux types de cicatrisation : la cicatrisation des zones de contact et la cicatrisation des espaces interfragmentaires.

2.2.2.1. La cicatrisation des zones de contact

La cicatrisation des zones de contact se fait lorsque le **défait de réduction entre les extrémités osseuses est inférieur à 0,1 mm** et lorsque la **contrainte interfragmentaire est inférieure 2 %**.

Dans cette situation, la cicatrisation osseuse primaire résulte dans la formation directe d'os lamellaire, orientée dans la direction axiale (figure 10).

Le processus est lancé par la formation de **cônes de forage aux extrémités des ostéons** les plus proches du site fracturaire. Des **ostéoclastes** tracent le trajet des cônes forages, tandis que **les ostéoblastes** construisent l'arrière de sorte que l'union osseuse et le remodelage Haversien se fassent simultanément.

Les ostéoclastes avancent à travers le site de la fracture, créant des cavités orientées longitudinalement. Les capillaires présents dans ces cavités sont accompagnés par des précurseurs ostéoblastiques péri-vasculaires qui se différencient en ostéoblastes et produisent

de l'ostéoïde. Ces cônes de forages progressent à travers le site fracturaire d'un fragment à l'autre à une vitesse de 50 à 100 μm par jour.

Des ponts d'ostéons deviennent les "points de soudure" et joignent les deux corticales l'une à l'autre, sans formation de cal périosté.

Aucune résorption des abouts fracturaires n'a lieu.

L'os lamellaire formé est immédiatement aligné parallèlement à l'axe de l'os, mais il est moins dense que le cortex intact pendant durant les premiers mois. La zone de fracture reste donc visible sur les radiographies jusqu'à ce que le remodelage complet, qui dure de quelques mois à quelques années en fonction de l'espèce, soit achevé.

En corollaire, l'apparition d'un cal périosté lors de l'évolution d'une fracture ayant subi une ostéosynthèse, qui doit procurer une stabilité absolue, signe l'apparition d'une instabilité (Griffon, 2005).

2.2.2.2. La cicatrisation des espaces interfragmentaires

Un procédé différent de la cicatrisation osseuse directe a été observé dans les **espaces de moins de 800 μm et jusqu'à 1 mm**, mais encore quand la **contrainte interfragmentaire est inférieure à 2 %**.

Dans la cicatrisation des espaces interfragmentaires, l'union osseuse et le remodelage haversien sont séparés dans sont des étapes distinctes et successives (figure 10).

L'espace interfragmentaire se remplit directement par de l'os intramembranaire en formation, mais l'os lamellaire nouvellement formé est orienté perpendiculairement à l'axe de l'os. Il subit ensuite un remodelage.

Des **néovaisseaux** provenant de la vascularisation médullaire se forment à travers l'espace interfragmentaire et remplit cet espace de conjonctif lâche. Des cellules ostéoprolifératives accompagnent ces néovaisseaux et se différencient en ostéoblastes.

Par la suite, **les ostéoblastes** forment une couche continue et déposent de l'os lamellaire d'une manière concentrique. Cet os est progressivement remplacé sur plusieurs mois par des ostéons orientées longitudinalement.

Après deux semaines, l'approvisionnement en sang est bien établi et la couche d'ostéoblastes dépose une couche d'os lamellaire sur chaque surface de l'espace interfragmentaire jusqu'à ce que les extrémités des deux fragments soient unifiées.

Dans les espaces plus importants, de l'os spongieux peut se former d'abord pour subdiviser la région en petits compartiments, qui se remplissent ensuite avec de l'os lamellaire.

Même si les extrémités des fragments sont unis par de l'os lamellaire, cette zone reste mécaniquement faible puisque l'os est orienté perpendiculairement à l'axe long et est mal relié au cortex intact adjacent.

Le remodelage haversien commence entre 3 et 8 semaines, lorsque les ostéoclastes forment des cavités de résorption orientées longitudinalement. Ces cônes de forages sont formés par les nouveaux ostéons de l'espace interfragmentaire et par les ostéons provenant de l'os environnant intact. Ils avancent à travers le plan de fracture pour unir le nouvel os lamellaire déposé dans l'espace interfragmentaire à chaque extrémité des fragments.

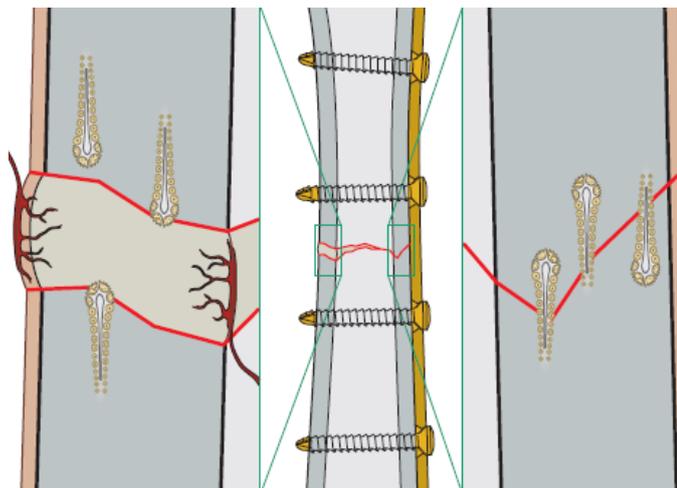
Les cavités de résorption de l'os lamellaire sont orientées longitudinalement, de telle sorte qu'avec le temps, l'intégrité anatomique et mécanique du cortex soit rétablie.

Dans le processus de cicatrisation par première intention, les bouts de la fracture fusionnent grâce à un remodelage des ostéons sans tissu intermédiaire fibreux ou cartilagineux.

Ce mode de réparation nécessite des corticales relativement épaisses, un parfait affrontement des bouts, des bonnes conditions de vascularisation et une parfaite stabilité (Griffon, 2005).

Figure 10. Cicatrisation osseuse primaire après la mise en place d'une fixation rigide de la fracture. D'après Griffon (2005).

La cicatrisation de petits espaces interfragmentaires se fait dans la corticale opposée à la plaque d'ostéosynthèse. Dans un premier temps, l'os est apposé perpendiculairement au grand axe de l'os. Puis il est remplacé par les cônes de forages en ostéons orientés longitudinalement.



La cicatrisation des zones de contact se produit dans le cortex situé sous la plaque d'ostéosynthèse, par le remodelage.

2.2.3. Cicatrisation sous mouvements restreints

La cicatrisation osseuse sous mouvements restreints est un intermédiaire entre la cicatrisation spontanée des fractures par l'immobilisation biologique avec une cicatrisation par cal et la cicatrisation obtenue après stabilisation absolue par première intention sans cal.

On peut trouver tous les intermédiaires entre ces deux extrêmes, en fonction de la configuration de la fracture et de la rigidité de l'implant.

La guérison de la fracture après contention ressemble à la cicatrisation osseuse spontanée sauf que le défaut d'alignement des fragments est minimisé par réduction fermée (Griffon, 2005).

2.3. Facteurs influençant la cicatrisation osseuse

Les jeunes animaux avec un périoste actif, et les fractures métaphysaires avec une abondance de l'os spongieux, ont une cicatrisation rapide dans la plupart des situations.

Inversement, les fractures de haute énergie peuvent avoir une déficience de vascularisation et donc un temps de guérison plus long. Les animaux âgés ou affaiblis, ou les animaux qui ont subi des lésions des tissus mous importantes auront aussi un temps de cicatrisation prolongé (Houlton et Dunning, 2005).

2.3.1. Facteurs locaux

2.3.1.1. Importance de la vascularisation du foyer de fracture

Après une fracture, les caractéristiques morphologiques de la réparation des tissus dépendent d'un certain nombre de facteurs. Deux d'entre eux sont les milieux vasculaires et mécaniques au niveau du site de la fracture.

Piermattei *et al.* (2009) ont décrit les conséquences vasculaires de la fracture et son importance.

Lorsque la guérison d'une fracture se produit, les principaux composants du système afférent vasculaire normal (artère nourricière, métaphysaire et les artères du périoste) sont stimulés et répondent en s'hypertrophiant. Ces vaisseaux augmentent à la fois leur diamètre et leur nombre.

De plus, la région reçoit un nouvel apport de sang temporaire qui est tout à fait distincte de la vascularisation périostée normale. Une néovascularisation se développe à partir des tissus mous environnants. C'est ce qu'on appelle la **vascularisation extra-osseuse du cal de fracture**.

Elle fournit un apport sanguin aux fragments osseux détachés à la corticale dévascularisée et au cal périosté qui se forme.

Elle régresse après l'obtention d'une stabilité du foyer de fracture et le rétablissement de la continuité de la circulation médullaire.

Le sang extra-osseux est important dans les premières étapes de la guérison. Une manipulation douce des tissus mous lors de la réduction d'une fracture ouverte est donc essentielle pour la préservation du début de l'apport de nutriments aux cellules pluripotentes à proximité du site de la fracture.

Un apport sanguin insuffisant aura pour conséquence des complications de cicatrisation osseuse que nous étudierons dans le paragraphe 2.4.

Les facteurs qui peuvent modifier cette réponse vasculaire et donc perturber la cicatrisation osseuse sont :

- le traumatisme à l'origine de l'accident,
- une manipulation chirurgicale peu soignée ou incorrecte des tissus mous,

- une réduction inadéquate,
- une stabilisation insuffisante des fragments osseux.

Le traitement des fractures devra prendre en compte cette vascularisation, afin de ne pas la compromettre inutilement et donc ne pas compromettre ultérieurement les chances de consolidation des fractures.

Un traitement non chirurgical préservera les tissus mous environnants et par conséquent ne perturbera pas la réponse vasculaire et la cicatrisation osseuse.

2.3.1.2. Importance des facteurs de croissances et des molécules de signalisation

2.3.1.2.1. Les facteurs de croissances

De nombreux facteurs de croissance et de protéines régulatrices ont différents effets sur la prolifération cellulaire, la différenciation, et la production de matrice osseuse lors de la cicatrisation osseuse.

Ces facteurs sont synthétisés par des tissus et des cellules variées. Ils peuvent avoir des effets sur la même classe de cellules (autocrine) ou sur des cellules de classe différente (paracrine).

Remedios (1999) a décrit ces facteurs de croissance.

Les facteurs de croissances majeurs sont :

- Platelet Derived Growth Factor (PDGF),
- Insulin-like Growth Factor (IGF-I et IGF II),
- Transforming Growth Factor (TGF β),
- Bone Morphogenic Proteins (BMPs),
- Fibroblast Growth Factor (FGF).

Les PDGF

Ils sont produits par des cellules variées dont les monocytes, les macrophages et les cellules endothéliales. Ils sont stockés dans les plaquettes.

Après que l'os se soit fracturé, les PDGF, libérés par les plaquettes, se déposent sur le site fracturaire.

Il a été montré qu'ils augmentent la prolifération des fibroblastes, la chimiotaxie des cellules inflammatoires et mésenchymateuses et améliorent la synthèse du collagène et du cartilage.

Leurs effets peuvent être augmentés chez les jeunes par rapport animaux plus matures.

Leurs effets peuvent également être dose-dépendante car certaines doses stimulent la cicatrisation de l'os, mais d'autres ont un effet inhibiteur (Remedios, 1999).

Les IGF-I et IGF-II

Ils modulent les effets de l'hormone de croissance et régulent la croissance squelettique.

Ces hormones sont liées à des protéines porteuses sous forme inactive et sont transportées dans la circulation.

Ils ont de faibles pouvoirs mitogènes faibles, et leurs effets sur l'activité ostéoblastique sont limités dans la cicatrisation des fractures.

Une étude a montré que le rôle de l'IGF serait plus dans la prévention de l'ostéoporose que dans la cicatrisation des fractures. D'autres ont cependant montré que les IGF stimuleraient la réplication cellulaire et la différenciation ostéogénique (Remedios, 1999).

Les TGF β

TGF β est considéré comme un régulateur majeur du le métabolisme de l'os (Remedios, 1999).

Quatre formes distinctes de TGF β (1-4) ont été identifiées.

La concentration la plus élevée de ces facteurs de croissance a été retrouvée dans la matrice osseuse. Les plaquettes et les ostéoblastes ont un grand nombre de récepteurs pour ce polypeptide.

TGF β 1 et 2 ont été isolés de l'os et semblent réguler la prolifération et la différenciation des cellules mésenchymateuses en chondroblastes, ostéoblastes et ostéoclastes.

Les TGF sont souvent source de confusion, comme leur résultat est souvent dépendant de la concentration locale, de l'âge des cellules cibles, et des interactions avec d'autres facteurs de croissance et d'hormones.

Les BMPs

Sept formes de BMPs (1-7) ont été découvertes (Remedios, 1999).

Cette glycoprotéine résistante-collagénase induit les cellules mésenchymateuses du tissu conjonctif périvasculaire en chondroblastes et en cellules ostéoprogénitrices.

BMP2 semble avoir la plus grande activité biologique d'induction de la cicatrisation d'une fracture comparé aux autres sous-classes de BMP.

Les FGF

Les FGF sont libérés par les fibroblastes, les ostéoblastes, les chondrocytes et les cellules endothéliales dans le cal de fracture. Ils sont stockés dans la matrice osseuse.

Les effets des FGF sont plus prononcés dans la néovascularisation et la formation du tissu de granulation dans le site fracturaire que dans la fonction ostéoblastique.

Les effets mitogéniques des FGF sur les cellules endothéliales et osseuses sont augmentés par l'héparine et les mastocytes contenant l'héparine au niveau du site de fracture (Remedios, 1999).

2.3.1.2.2. Les cytokines

Bien que les cytokines inflammatoires ont un effet négatif sur les os et les articulations quand leur expression est prolongée ou chronique, une sécrétion brève et très réglementée de molécules pro-inflammatoire suite à la blessure d'apparition aiguë est essentielle pour la régénération des tissus (Marshall et Einhorn, 2011).

IL-1, qui est produit pas les monocytes, influence la production de collagénase et de protéoglycanase mais aussi la stimulation de la prostaglandine E₂.

Au début du stade inflammatoire de la cicatrisation des fractures, des prostaglandines sont libérées. Elles sont mitogènes pour les monocytes et affectent la résorption osseuse en stimulant la différenciation des ostéoclastes. Au contraire, des prostaglandines ont également montré qu'elles amélioreraient la formation d'un cal périosté (Remedios, 1999).

2.3.1.3. Importance de la perte osseuse

Lorsqu'il y a trop de perte osseuse, des complications de la cicatrisation osseuse peuvent se produire, en particulier les pseudarthroses par perte de substance qui sont étudiées dans le paragraphe 2.4.3.

2.3.1.4. Importance des muscles

Compte tenu de sa proximité avec l'os et sa vascularisation abondante, le muscle est un élément important.

En effet, chez le jeune comme chez l'adulte, quel que soit le type d'os, **les zones d'insertions musculaires contribuent de manière importante à la vascularisation** (sites d'entrée de la vascularisation périostée et des artères nourricières). Leur intégrité conditionne le bon déroulement de la cicatrisation osseuse. Les os bénéficiant d'attaches musculaires étendues (os plats), les régions épiphyso-métaphysaires étant mieux vascularisées cicatriseront mieux.

De plus, **les muscles sont une source potentielle de cellules et de signaux pour la cicatrisation osseuse.**

De récentes études établissent que les cellules souches dérivées du muscle sont capables de se différencier en cartilage et en os et peuvent participer directement à la guérison des fractures.

En effet, il a été montré que dans les fractures fermées du tibia, il y avait une contribution négligeable des cellules musculaires au cal cicatriciel des tissus du cals de cicatrisation.

En revanche, chez les souris présentant une fracture ouverte avec un déperiostage et des blessures musculaires, les cellules précurseur du muscle étaient abondantes dans les tissus calleux. Ainsi, les cellules associées au périoste et à l'os sont la principale source de cellules souches dans la cicatrisation des fractures. Mais dans les cas où le périoste est compromis, les cellules souches musculaires deviennent un élément important du cal de fracture (Shah *et al.* 2013).

2.3.2. Influence de l'âge

2.3.2.1. Formation du cal chez le jeune

La vitesse de formation du cal est beaucoup plus rapide chez le jeune que chez l'adulte. La consolidation osseuse dépend des facteurs biologiques et mécaniques. Les facteurs biologiques sont prépondérants chez le chiot ou le chaton (Latte, 1997).

Le cal se forme à partir de trois sites : le périoste, l'endoste et les corticales.

Chez le jeune, **le cal périosté** est primordial. Il se constitue très rapidement (en quelques semaines voire quelques jours), possède une capacité à combler des espaces interfragmentaires relativement importants et ne nécessite pas une stabilité absolue. Bien au contraire, une mobilité relative du foyer de fracture favorise sa formation.

Le remodelage de ce cal est important et rapide. Les possibilités de correction des défauts angulaires sont également importantes, sous l'action du remodelage et de l'activité des plaques de croissances (Drape, 1992)(Latte, 1997).

Le cal endosté est également un élément de la consolidation des fractures du jeune. Il est mis difficilement en évidence radiographiquement car son image est masquée par celle du cal périosté (Drape, 1992).

L'ossification de l'hématome sous-périosté qui s'est formé lors de la fracture, est très rapide et dépend de la vascularisation du périoste. Ceci implique qu'il est préférable de pratiquer une ostéosynthèse à foyer fermé (Latte, 1997).

Les traitements conservateurs et les ostéosyntheses biologiques permettent donc de conserver la vascularisation résiduelle et autorisent l'expression du potentiel ostéogénique du périoste. L'ouverture du foyer, même si elle est limitée, retarde la formation du cal.

La consolidation des fractures épiphysaires se traduit essentiellement par une reprise de la vascularisation et de l'activité de la plaque de croissance. La consolidation et le pronostic de ces fractures sont fonction de leurs types décrits par Salter et Harris que nous n'étudierons pas ici (Drape, 1992).

2.3.2.2. Le remodelage chez le jeune

L'action des cartilages de croissance permet de corriger des défauts angulaires modérés (< 20 %) et même un certain raccourcissement.

Ces deux facteurs impliquent qu'il n'est pas nécessaire de pratiquer une réduction anatomique. Il suffit de garder l'alignement et d'éviter toute rotation car ni le cartilage de croissance, ni le remodelage n'est susceptible de la corriger (Drape, 1992)(Latte, 1997).

2.4. Complication de la cicatrisation osseuse

Nous venons de voir que la cicatrisation osseuse dépend de nombreux facteurs. Par conséquent, il n'y a pas de durée prédéterminée par laquelle toutes les fractures doivent être cicatrisées.

Cependant, si une fracture ne semble pas être cicatrisée au rythme prévu, des complications doivent être considérés. Il est donc important de reconnaître les signes de cicatrisation.

Dans les cas où celle-ci ne se fait pas ou est inapproprié, il faut prendre des mesures pour corriger le problème le plus tôt possible. Car plus le problème de cicatrisation est chronique et plus la résolution sera difficile.

Jackson et Pacchiana (2004), et Piermattei *et al.* (2009) ont décrit les complications les plus communes de la cicatrisation osseuse.

2.4.1. L'ostéomyélite

L'ostéomyélite est définie comme une inflammation de la moelle, locale ou généralisée, résultant d'une infection.

Des agents étiologiques peuvent être apportés par voie hématogène ou exogène. Dans le cas des fractures, seule la voie exogène est impliquée. Celle-ci comprend l'infection qui s'étend depuis les tissus mous environnants et l'inoculation directe dans l'os, habituellement à la suite d'un traumatisme. L'infection directe est considérée comme la voie la plus commune.

Pour qu'une infection se développe la santé des os doit être compromise par la perte de l'apport sanguin. L'os non vascularisé et nécrosé crée un excellent milieu de culture bactérien. De plus, une technique chirurgicale insuffisante et un traitement instable peuvent entraîner des lésions des tissus mous et de l'apport en sang.

Ceci explique que l'ostéomyélite exogène est fréquente dans les cas de **fractures ouvertes**, qui présentent des lésions des tissus mous, et dans les cas de **fractures fermés traitées chirurgicalement**. En effet, lors d'une chirurgie, une manipulation des tissus pauvres en sang ou un traitement inapproprié entraîne la perte de l'apport sanguin. Or endommager l'apport sanguin prédispose le site à l'infection. Cependant, un débridement insuffisant des tissus mous et des os peuvent conduire à l'infection et à la formation de séquestres.

L'infection peut être purulente ou non suppurée, l'infection purulente étant le plus commune. Les infections suppurées sont le plus souvent bactérienne, fongique, protozoaires, et même des infections parasitaires ont été rapportées. L'organisme le plus souvent isolé à partir de l'os est *Staphylococcus aureus*.

Les signes cliniques peuvent varier suivant si l'infection est aiguë ou chronique :

- **l'ostéomyélite aiguë** est généralement vue plusieurs jours après l'opération ou après le traumatisme. Les signes comprennent la douleur, la boiterie, le gonflement des tissus, l'anorexie, la léthargie, la fièvre, et éventuellement une leucocytose ;
- **l'ostéomyélite chronique** est une ostéomyélite qui soit persiste malgré le traitement soit récidive. Elle est souvent présente plusieurs mois après le début de l'infection. Les signes généraux associés à l'ostéomyélite aiguë peuvent être absent au moment de la présentation mais l'atrophie musculaire, la formation de séquestre, des voies de drainage, ou la formation d'abcès peuvent être présents.

Les lésions des tissus mous tels que le gonflement et la perte de la distinction tissulaire peuvent apparaître dans les 24 à 48 heures, mais les signes osseux ne seront pas visibles avant au moins 10 à 14 jours post-infection.

Le diagnostic de l'ostéomyélite est basé sur l'anamnèse, les signes cliniques, la radiographie, et la bactériologie.

L'aspect radiographique de l'ostéomyélite varie en fonction de la gravité de l'infection. Il peut y avoir une lyse, une prolifération périostée, un séquestre, une augmentation de la densité médullaire et une résorption osseuse corticale en particulier aux bords de la fracture.

Certains de ces signes peuvent être vus normalement à un certain stade de degré de cicatrisation d'une fracture, mais lors d'une ostéomyélite ils seront plus agressifs, plus étendus, et ne se résoudront pas avec le temps.

Une fistulographie, une scintigraphie, un scanner, ou une imagerie par résonance magnétique sont parfois utiles dans le diagnostic de l'ostéomyélite.

La bactériologie est indispensable à la fois dans le diagnostic et le traitement de l'ostéomyélite.

Le traitement est une antibiothérapie à long terme pendant un minimum de 4 à 6 semaines et est basé sur les résultats d'une culture bactérienne. Si une **instabilité est présente**, les implants doivent être retirés et un procédé de fixation plus stable doit être placé. Un débridement chirurgical peut être nécessaire, en particulier dans les cas d'ostéomyélite chronique où un séquestre est en formation (Jackson et Pacchiana, 2004) (Piermattei *et al.*, 2009).

Le traitement chirurgical est plus invasif. Il est donc susceptible d'endommager les tissus mous et l'apport sanguin, prédisposant ainsi le site à une infection. De plus, les implants, peuvent contribuer à une infection.

2.4.2. Les retards de consolidation,

Le retard de consolidation est défini comme une cicatrisation d'une fracture qui dépasse le temps prévu pour cicatriser (Remedios, 1999).

Il est le plus souvent causé par une fracture instable et un apport sanguin insuffisant. Ils peuvent également être causés par une ostéomyélite.

L'extrémité distale du radius et de l'ulna sont les sites les plus touchés par les retards de consolidation. Ceci est probablement lié au fait que :

- la couverture en tissus mous et l'approvisionnement en sang dans cette région sont pauvres dans cette région ;
- ces os sont des sites communs de fracture.

Le retard de consolidation peut se produire à n'importe quel endroit de la fracture.

Les signes cliniques sont :

- douleurs,
- instabilité à l'emplacement de la fracture,
- réticence du patient à supporter son poids,
- atrophie musculaire.

Le diagnostic est basé sur l'anamnèse, les signes cliniques, et la radiographie. Les radiographies peuvent révéler un espace interfragmentaire persistant ou trop important, une sclérose des extrémités des fragments osseux, un cal non pontant ou absent, et une ostéoporose au niveau du site de la fracture.

Le traitement des retards de consolidation peut se faire de différentes manières (Jackson et Pacchiana, 2004) :

- **si le patient est légèrement affecté et que la fracture semble stable avec un traitement conservateur**, une restriction de l'exercice et une physiothérapie peut être tentées ;
- **si la fracture est instable**, une stabilisation chirurgicale sera le traitement définitif.

Une évaluation minutieuse des forces agissant sur chaque fracture doit donc être faite pour envisager ou non un traitement conservateur qui ne pourra pas neutraliser toutes les forces.

2.4.3. Les pseudarthroses

La pseudarthrose est définie comme une incapacité des fragments osseux d'une fracture à s'unir, ou une fracture dans laquelle tous les signes de cicatrisation ont apparemment cessé.

Elle peut résulter d'un retard de consolidation chronique et est généralement causée par les mêmes procédés.

Weber et Cech (Piermattei *et al.*, 2009) ont proposé une classification des pseudarthroses selon leurs caractéristiques biologiques en deux types fondamentaux : **viable** (réactive et vascularisée) ou **non viable** (non réactive et dévascularisée) (figure 11).

Les pseudarthroses viables sont des fractures biologiquement actives. Elles peuvent être hypertrophique, légèrement hypertrophique ou oligotrophe :

- **les pseudarthroses hypertrophiques** ont un cal abondant, mais pas de pontage. Elles peuvent être secondaires à une mise en charge précoce ou une stabilisation insuffisante. Radiographiquement, Les extrémités des bouts osseux ressemblent à « un pied d'éléphant » avec un cal abondant mais non pontant ;
- **les pseudarthroses modérément hypertrophiques** sont pauvres en cal et sont modérément instables. A la radiographie, ces fractures ressemblent à « un sabot de cheval » avec un cal peu abondant, et encore non pontant ;
- **les pseudarthroses oligotrophiques** ont peu ou pas de cal, un déplacement majeur des fragments osseux, un espace interfragmentaire ou une réduction de la fracture insuffisante. A la radiographie, les extrémités des bouts osseux ont un aspect « flou », semblent être arrondi et l'espace interfragmentaire s'agrandit en même temps les extrémités se résorbent. Cet aspect « flou », provoqué par l'irrigation de cette zone, s'oppose à l'aspect sclérosé de l'os dévascularisé.

Les pseudarthroses non viables peuvent être dystrophique, atrophique, par défaut ou nécrotiques :

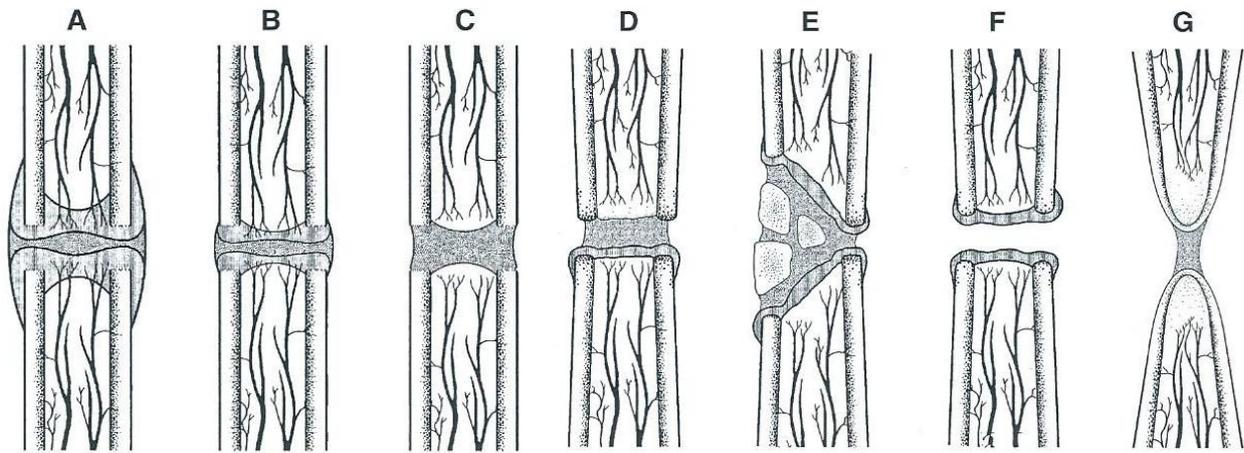
- **les pseudarthroses dystrophiques** : un seul ou les deux côtés du trait de fracture sont mal vascularisés. Elles présenteront, à la radiographie, un espace interfragmentaire de taille augmentée, des extrémités osseuses arrondies et distinctes et une sclérose partant des extrémités osseuses et s'étendant sur plusieurs millimètres ;
- **les pseudarthroses nécrotiques** sont causées par la perte de l'apport sanguin vers un fragment d'une fracture comminutive de telle sorte qu'une séquestration se forme. Les séquestres empêchant la cicatrisation de l'os. Ces fragments présentent les mêmes limites nettes et découpées qu'ils avaient sur les radiographies prises immédiatement après la fracture et deviendront de plus en plus sclérotiques avec le temps. L'extrémité du fragment principal deviendra lisse du fait du remodelage et présentera une sclérose plus ou moins importante ;
- **les pseudarthroses par perte de substance** se forment lorsqu'il y a trop de perte osseuse. En effet, si celle-ci dépasse 1,5 fois le diamètre osseux, le potentiel ostéogénique local peut être insuffisant pour ponter l'écart avec un cal. Les fragments restants ne peuvent pas se rejoindre même s'ils peuvent être viables. Cette pseudarthrose se produit principalement dans les zones où la quantité de tissu mou est insuffisante (partie distale du tibia, radius et ulna) ou les lésions tissulaires et vasculaires locales entraînent un recrutement vasculaire limité ;
- **les pseudarthroses atrophiques** sont le stade terminal des trois autres pseudarthroses non viables. Les extrémités des fragments osseux de la fracture seront arrondies et espacées. L'activité ostéogénique est totalement arrêtée.

L'anamnèse et les signes cliniques sont similaires à ceux des retards de consolidation. Cependant, la douleur et la boiterie peuvent ne pas être présentes, en raison de la nature chronique des pseudarthroses.

Le diagnostic est également similaire à celle du retard de consolidation, en mettant l'accent sur l'anamnèse, les signes cliniques, et la radiographie.

Contrairement aux retards de consolidation, **les pseudarthroses ne peuvent pas être traitées de façon conservatrice**. Elles ne pourront pas cicatriser sans intervention chirurgicale.

Figure 11. Classification des pseudarthroses selon Weber et Cech (Piermattei et al. 2009).
A à C : Pseudarthrose viable. A= Hypertrophique en « pied d'éléphant », B= Modérément hypertrophique en « sabot de cheval », C= Oligotrophique, cal minime ou absence de cal. D à G : Pseudarthrose non viables. D= Dystrophique (mauvaise vascularisation d'un ou des deux côté du trait de fracture), E= Nécrotique (les séquestres restent dans l'espace interfragmentaire), F= Perte de substance (fragment manquant au niveau de l'espace interfragmentaire) G=Atrophique (résorption et arrondissement des extrémités osseuses et arrêt complet d l'activité ostéogénique).



2.4.4. Le cal vicieux

Le cal vicieux est l'union défectueuse des fragments osseux d'une fracture, ou une fracture qui a cicatrisé dans une position non anatomique. Il peut entraîner une déformation angulaire du membre, un raccourcissement du membre, des anomalies de la démarche, et la maladie dégénérative des articulations.

La position non anatomique résultante peut être fonctionnelle ou non fonctionnelle, en fonction de l'os et de la position dans laquelle il a cicatrisé. Cette position non anatomique provoque une charge anormale sur le membre qui peut non seulement compromettre sa fonction, mais aussi nuire au cartilage articulaire et induire la maladie dégénérative des articulations dans les articulations adjacentes.

Ils peuvent être causés par :

- une reprise trop prématurée de l'appui du membre fracturé après la mise en place d'un traitement ;
- une stabilisation insuffisante de la fracture, une fracture non traitée ou incorrectement traitée.

Les cals vicieux peuvent se présenter sous des déformations de toute forme ou de localisation. Les déformations angulaires des membres les plus communes sont les déformations des os du carpe ou du tarse en varus ou valgus et le radius curvus.

Les signes cliniques sont :

- un appui ou non sur le membre,
- la présence d'une douleur ou non, selon le cal vicieux et par conséquent selon l'anatomie fonctionnelle.

Le diagnostic se fait par l'intermédiaire de l'anamnèse, l'aspect clinique, et radiographie. Les radiographies révèlent le degré d'angulation des os et donc aide le chirurgien à réaliser un alignement normal.

Le traitement est obligatoirement chirurgical. Les objectifs de la chirurgie sont l'alignement anatomique, la restauration de la fonction, et la prévention de la dégénération des articulations touchées (Jackson et Pacchiana, 2004).

2.4.5. Sarcome associé à une fracture

Le sarcome associé à une fracture est une tumeur osseuse primaire qui se développe au niveau du site fracturaire.

Les sarcomes associés aux fractures les plus souvent identifiés sont les ostéosarcomes.

Les tumeurs osseuses spontanées et celles associées aux fractures ont été différenciées en fonction du lieu. Les ostéosarcomes spontanés sont le plus souvent situés au niveau de la métaphyse des os longs, tandis que les sarcomes associés aux fractures se trouvent à l'endroit où il y avait la fracture et surtout les implants métalliques qui ne sont pas retirés pendant longtemps.

Le rôle des traumatismes dans le développement néoplasique n'est pas clair.

Une théorie est que le mécanisme même qui favorise la cicatrisation par l'ostéodégénération et l'ostéogenèse peut ne pas être en mesure de se désactiver après que la cicatrisation totale soit faite. Ceci créerait une population de cellules néoplasiques au niveau du site de fracture.

Une autre théorie serait que l'irritation constante peut activer les cellules néoplasiques présentes. Les implants peuvent jouer un rôle cancérogène.

D'autres facteurs ont également été impliqués dans le développement des sarcomes associés aux fractures : l'utilisation de métaux différents au niveau du site de la fracture, la corrosion des implants en métal, une altération de la cicatrisation les lésions des tissus mous, l'ostéomyélite et toutes les conditions pathologiques associées à une augmentation du remodelage osseux (irradiations, ostéodystrophie nutritionnelle, prolifération bactérienne subclinique chronique, et allogreffes corticales).

Les sarcomes associés aux fractures sont, comme les tumeurs osseuses spontanées, plus fréquemment observés chez les chiens de race géante, d'âge moyen ou plus âgés, mais ils peuvent se développer dans n'importe quelle race de chien ou chat.

Les signes cliniques peuvent inclure une douleur, une boiterie, un gonflement des tissus et des fractures pathologiques.

Le diagnostic est basé sur l'anamnèse, les signes cliniques, et la radiographie.

Les signes radiologiques sont similaires à celles d'une tumeur osseuse : la prolifération périostée est généralement spiculée ou, mais de temps en temps dans un modèle lamellaire, peut être présente. Une lyse osseuse, une destruction de la corticale, un gonflement des tissus mous et la minéralisation des tissus mous peut également être vu.

Le traitement et le pronostic sont similaires aux sarcomes osseux primaires spontanés (Jackson et Pacchiana, 2004).

2.5. Evaluation de la consolidation des fractures

2.5.1. Observation des signes extérieurs

Les signes extérieurs qui permettent d'évaluer l'évolution d'une fracture sont (Meynard *et al.*, 1997) :

- la qualité de l'appui lors de la marche,
- la présence de chaleur à la palpation de la zone fracturée,
- la présence de douleur à la palpation-pressure de la zone fracturée,
- la présence de mobilité à la mobilisation de la zone fracturée.

Mais l'évolution d'une fracture ne peut se limiter à l'observation de ces signes extérieurs.

2.5.2. La radiographie

La radiographie est l'examen le plus approprié pour suivre l'évolution de la cicatrisation osseuse. Les modifications visibles à la radiographie sont celles intéressant le tissu calcifié. L'évaluation radiographique d'une fracture doit être effectuée systématiquement au moment théorique de la consolidation.

Le moyen mnémotechnique des quatre A ou « AAAA » est intéressant lors de l'examen des clichés (Piermattei *et al.* 2009) :

- **alignement** : il est évalué par le déplacement en torsion ou angulaire par rapport à l'os normal. Il est nécessaire de récupérer un alignement normal pour la récupération fonctionnelle à long terme ;
- **apposition** : en regardant plus directement le foyer de la fracture, il faut évaluer l'importance du réalignement des fragments osseux ;
- **appareil de contention** : Il s'agit d'évaluer le matériel d'ostéosynthèse mis en place. Cela ne s'applique donc pas aux traitements conservateurs ;
- **activité osseuse** : Il s'agit de l'activité biologique de l'os en réponse à la fixation utilisée. Pour estimer l'activité, il est nécessaire de connaître l'âge de l'animal, le temps écoulé depuis la stabilisation de la fracture et l'importance de l'utilisation fonctionnelle du membre. Il est également intéressant de considérer certains facteurs comme les infections préexistantes et les plaies ouvertes ou les autres lésions responsables d'une perte de la vascularisation. On évalue aussi le type de cal et son étendue. On doit chercher les signes d'infections et de néoformation osseuse périostée.

2.5.2.1. Aspect radiographique du cal

Paradoxalement, le premier signe radiographique de la formation du cal est une **résorption osseuse des extrémités fracturaires**. La résorption initiale des extrémités des fragments peut être reconnue radiographiquement par une perte locale de radio-opacité et un élargissement de l'espace interfragmentaire. Les bords de la fracture deviennent moins définis et moins pointus 5-7 jours après l'apparition de la lésion.

Le cal fibreux devient radiologiquement visible dès la deuxième semaine et doit être présent à la troisième semaine d'où la nécessité d'avoir un contrôle radiographique à cette date.

Le cal médullaire est plus difficile à voir radiographiquement en raison de la superposition du cal externe.

Avec la maturation du cal fibrocartilagineux en un « cal dur », le trait fracturaire disparaît et l'espace fracturaire gagne une radio-opacité semblable à celle de l'os adjacent. Le pontage du foyer fracturaire est obtenu. L'activité du cal est alors plus faible et les contours osseux deviennent plus lisses et réguliers. Les petits fragments libres sont résorbés. **Le cal pontant et calcifié** peut être obtenu 1 mois après la fracture.

Lors du remodelage, la résorption ostéoclastique du cal médullaire permet la restauration de l'apport sanguin médullaire et la cavité médullaire redevient visible.

Le suivi de l'évolution du cal de fracture permet de surveiller le bon déroulement de la cicatrisation et d'adapter le retrait des moyens de fixations (externe ou interne) et la rééducation. De plus le suivi radiologique permet de détecter précocement les complications de la cicatrisation osseuse et de les traiter le plus efficacement possible (Griffon, 2005)(Barthez, 1991).

2.5.2.2. Codification du cal de fracture

L'interprétation radiologique étant faite suivant des critères le plus souvent subjectifs, Meynard et Magnin (1997) ont décrit une codification du cal de fracture qui est une méthode d'appréciation de la consolidation et qui peut être appliquée à tout moment de l'évolution du cal, indépendamment de la méthode de traitement des fractures.

La méthode de codification du cal est la suivante : sur deux radiographies standards réalisées de face et de profil, on apprécie la qualité de la réduction et les différents constituants du cal par comparaison avec le tissu osseux sain voisin, ce qui rend ces dernières conclusions indépendantes des variations des conditions de prise de clichés, à chaque étape de la consolidation. Par contre, l'évaluation de la qualité de la réduction est fonction de la qualité des radiographies en face et profil.

La réduction est jugée sur la radiographie en fonction de trois critères :

- **l'angulation** exprimée en degrés sur les deux radiographies (déviation),
- **le déplacement horizontal** apprécié par rapport au diamètre de l'os (alignement),
- **la rotation** en degrés.

Toute modification de la réduction, conséquence d'une instabilité, sera notée au cours de la consolidation. La formation d'un cal vicieux est pénalisée au niveau des notations. Ces divers critères sont regroupés sous la dénomination axe du foyer de fracture.

L'espace interfragmentaire est un élément d'appréciation du cal et est jugé en fonction de l'épaisseur de la corticale diaphysaire. Elle signale lors de son augmentation une résorption osseuse ou par sa disparition une production osseuse. Dans cet espace se forme le cal interfragmentaire dont la densité optique est appréciée par rapport à celle de l'os voisin.

Le cal périosté est pontant ou non pontant et son importance est jugée par appréciation de la hauteur de la courbe comparée à l'épaisseur de la corticale diaphysaire. A chaque code est attachée une valeur numérique représentative de chaque élément d'évaluation du cal.

Les codes, les valeurs définissant chaque cal étant paramétrés, permettent, dans un série importante, de créer des requêtes qui rendent possible leur tri, leur classement afin d'assurer une comparaison des caractères radiographiques des cals examinés. On utilise, le plus souvent, la valeur globale du cal : bonne (entre 20 et 25) ou très bonne (supérieure à 25). On peut aussi ne prendre en considération que les valeurs partielles concernant la qualité de la réduction et son maintien : déviation, alignement, rotation afin d'étudier l'importance de ces divers éléments sur la formation du cal.

La codification du cal permet des comparaisons, des classements entre les cas traités par une même personne ou par un groupe de chirurgien.

2.5.2.3. Evaluation du temps de cicatrisation

Le retard de consolidation est une complication caractérisée par un défaut de formation du cal. La vitesse de cicatrisation osseuse étant extrêmement variable, le retard de cicatrisation s'évalue par rapport à la cicatrisation attendue pour le type de fracture considérée, le degré de l'instabilité et l'âge de l'animal (Barthez, 1991).

Dans les cas cliniques, des clichés radiographiques successifs sont généralement obtenus **toutes les 4-6 semaines** pour vérifier l'alignement de l'os, confirmer l'absence de complications, et surveiller la cicatrisation osseuse avec un traitement conservateur.

Bien que les signes radiographiques de la cicatrisation de la fracture soient bien décrits, leur **interprétation reste subjective**.

Définir le temps de guérison normale, le diagnostic précoce d'une union retardée ou non est encore plus problématique. En générale une fracture est stable après 2-3 mois chez l'adulte et après 1-2 mois chez le jeune (Griffon, 2005).

Les nombreux facteurs étudiés dans le paragraphe 2.3, qui influencent la cicatrisation des fractures, doivent être pris en considération lors de l'estimation du temps de cicatrisation.

La chronologie des signes radiographiques indiquant une cicatrisation secondaire normale d'une fracture simple chez les chiens ont été décrit (Griffon, 2005) :

- élargissement de l'espace fracturaire et arrondissement des bords fracturaires à 5-7 jours après le traumatisme,
- apparition d'un cal à 10-12 jours,
- disparition du trait de fracture dans les 30 jours,
- remodelage complet du cal 90 jours après la réparation.

L'union clinique se produira plus rapidement dans les sites contenant de **l'os spongieux** très vascularisé et abondant, tel que dans les fractures métaphysaires. En revanche, les fractures de **l'os compact**, telles que les fractures médio-diaphysaires, vont cicatriser plus lentement surtout si les tissus mous avoisinants sont rares ou lésés,

Les mouvements interfragmentaires et donc la technique de fixation jouent également un rôle crucial dans l'estimation des aspects radiographiques de la cicatrisation.

Un retard de consolidation peut souvent se compenser par le temps de maintien des moyens de fixation internes et externes, ou par l'adaptation de la rééducation (Griffon, 2005).

2.5.2.4. Complications observées

Les complications de la cicatrisation, telles que la consolidation retardée, la pseudarthrose, le cal vicieux et l'infection, peuvent être observées radiographiquement. Les images radiographiques de ces complications ont été détaillées.

3. TRAITEMENT DES FRACTURES : TRAITEMENT CONSERVATEUR vs TRAITEMENT CHIRURGICAL

Lors du choix de la méthode de traitement d'une fracture, on doit prendre en considération l'âge, le poids, la présence de blessures simultanées et l'état général du patient. Il est important aussi de considérer le niveau d'activité attendu, l'utilisation auquel l'animal est destiné, et la capacité du propriétaire pour effectuer les soins.

3.1. L'AO

3.1.1. L'évolution des principes de l'AO

La philosophie de l'AO a été créée par un petit groupe d'amis et de collègues en 1958. Elle est une base chirurgicale et scientifique dans le monde entier. Elle a été réalisée pour fournir aux patients présentant des lésions du squelette, et des lésions associées, des soins permettant un retour rapide à la mobilité des membres atteints. Cette philosophie reste aujourd'hui l'inspiration centrale de la Fondation AO. Les protocoles de gestion des patients ont constamment été adaptés pour tenir compte de la nouvelle compréhension du processus de guérison. L'introduction de la méthode AO pour les vétérinaires a eu lieu au milieu des années 1960. Les méthodes innovantes de traitement des fractures ont permis aux patients d'avoir une période de récupération plus courte, de réduire la nécessité de coaptation externe et avec des résultats optimaux en matière de gestion de fracture.

Les vétérinaires ont ensuite adapté et modifié les principes et les implants pour utilisation chez les animaux. Ainsi les principes de l'AO sont devenus la base pratique et scientifique des techniques d'ostéosynthèse moderne.

Dans la première moitié du 20e siècle la gestion de la fracture a été concentrée sur la restauration de la consolidation osseuse, à l'exclusion, en grande partie, d'autres considérations vues aujourd'hui non seulement comme pertinentes, mais essentielles.

L'AO a étudié les principes biologiques pertinents afin d'élaborer des techniques et des technologies adaptées à la cicatrisation osseuse. Ceci a permis d'améliorer les résultats et de réduire les problèmes de soins des fractures.

Aujourd'hui, toute déclaration des concepts clés, conventionnellement dénommés les "principes" AO, sont similaires aux formulations qui figuraient dans les premières publications de l'AO. La caractéristique essentielle est la bonne gestion de la fracture au sein de l'environnement du patient.

Les principes fondamentaux d'une bonne fixation interne des fractures étaient la restauration de l'anatomie, l'établissement de la stabilité, tout en préservant l'approvisionnement en sang, avec une mobilisation précoce du membre et du patient.

Une meilleure compréhension de la manière dont les fractures guérissent avec l'acceptation du rôle majeure des tissus mous et la compréhension en constante évolution de la manière

dont interagissent les implants et les os ont fait évoluer ces principes. Ceux-ci ont donc subi une évolution conceptuelle et technologique tout en acquérant leur statut actuel de « principe » non seulement sur la fixation interne mais également sur la gestion globale de la fracture (Johnson *et al.*, 2005).

3.1.2. Les principes de l'AO

Les principes de l'AO sont (Johnson *et al.* 2005) :

- la réduction et la fixation de la fracture doivent restaurer les rapports anatomiques ;
- la stabilité par fixation ou attelle doit prendre en compte l'aspect de la fracture et de la blessure ;
- la préservation de l'apport en sang des tissus mous et de l'os doit se faire par une manipulation soignée et des techniques douces de réduction ;
- une mobilisation active non douloureuse des muscles et des articulations adjacents à la fracture doit être précoce afin d'éviter le développement d'une maladie fracturaire.

3.1.3. Le concept de l'ostéosynthèse biologique

L'ostéosynthèse biologique est une nouvelle approche de certains types de fractures, issue d'une réflexion sur les limites, les inconvénients de l'ostéosynthèse « rigide ».

Le concept d'« ostéosynthèse biologique », souligne le rôle de l'intégrité des tissus mous dans la cicatrisation osseuse et une fixation de la fracture « moins rigide ». Ce concept contraste avec la « l'approche initiale de l'AO » de la prise en charge des fractures dont l'objectif est la réduction anatomique et la fixation rigide.

Dans certaines fractures diaphysaires comminutives ou chez les jeunes, les montages « rigides » réalisent un environnement mécanique trop sévère acquis par un traumatisme tissulaire chirurgical parfois excessif qui peut perturber et retarder la guérison osseuse. Cela peut conduire à des situations telles que l'ostéoporose sous plaque, le rejet des implants, des infections à bas bruit, des allergies, des phénomènes de relargage.

Les objectifs des fixations biologiques des fractures sont la restauration dans l'ensemble de la longueur et de l'alignement de l'os tout en limitant l'approche chirurgicale et la manipulation des fragments. La réduction de la fracture est effectuée de manière fermée ou par une exposition limitée pour minimiser les lésions de l'hématome fracturaires et des tissus mous environnants.

La fixation biologique des fractures est particulièrement pertinente dans la gestion des fractures comminutives où la réduction anatomique est souvent difficile et chronophage. De plus ces fractures de haute énergie sont souvent associées à des traumatismes des tissus mous. Les tentatives infructueuses de réduction anatomique peuvent en outre compromettre l'approvisionnement en sang localement et augmenter la contrainte interfragmentaire entre les fragments mal apposés. D'autre part, les stratégies biologiques appliquées à des fractures très fragmentées des os longs ont permis d'accélérer la cicatrisation et le retour des forces biomécaniques.

L'ostéosynthèse biologique souligne également l'utilisation de greffons autogènes frais pour stimuler cicatrisation des espaces interfragmentaires (Drape, 1996)(Griffon, 2005).

3.2. Choix du traitement : indications et contre-indications du traitement conservateur

Le traitement des fractures ne passe pas systématiquement par des méthodes chirurgicales. La récupération fonctionnelle précoce du membre atteint ne sera réalisée qu'avec une réduction anatomique rigide des segments osseux et la reprise de l'activité motrice partielle. C'est pourquoi il faudra réserver les méthodes non chirurgicales de traitement aux cas où l'angulation des fragments et l'application de contraintes à l'os peuvent être rigoureusement contrôlées. Dans le cas contraire, le chirurgien est contraint d'utiliser des techniques lui permettant d'assurer une stabilité des segments osseux (Schiltz, 1989).

Les contentions externes peuvent être un moyen très efficace de stabiliser une fracture quand elles sont utilisées correctement.

Les plâtres, les attelles et les bandages sont considérés comme des dispositifs d'immobilisation par coaptation, le mot coaptation signifiant rapprochement.

3.2.1. Intérêt des traitements conservateurs

Nous avons déjà évoqué au cours de notre étude plusieurs avantages des traitements conservateurs par rapport aux autres types de traitement.

Ces avantages sont (Weinstein et Ralphs, 2004) :

- ils minimisent les perturbations au niveau du site de fracture ;
- l'apport sanguin n'est pas compromis ;
- aucun implant n'est placé au niveau du site fracturaire, ce qui réduit le risque d'infection possible dans le futur, et il n'y a aucun souci de déplacement du matériel mis en place ;
- c'est un moyen efficace de réparation pour les animaux qui sont en croissance, puisque les traitements conservateurs n'interfèrent pas avec la croissance et qu'ils peuvent être modifiés régulièrement.

3.2.2. Influence de l'espèce

Bien que l'orthopédie féline implique des principes similaires à ceux utilisés dans le traitement des fractures chez le chien, les chats ne peuvent pas être comparés à des petits chiens. Il existe des différences en ce qui concerne le patient et la gestion de la fracture. Les particularités des fractures des chats seront décrites dans le paragraphe 3.2.6.

3.2.3. Influence de l'âge des animaux

Le choix d'un traitement par contention externe (plâtre, résine, pansement Robert Jones modifié) dans certains cas de fractures chez les jeunes carnivores domestiques est souvent

justifié, mais il est bon de se méfier de l'indocilité de ces patients aptes à transformer une fracture simple en une lésion plus sévère, en détruisant un plâtre ou un autre système de contention externe par une hyperactivité difficilement gérable par le propriétaire (Latte, 1997).

En règle générale, la contention externe est une méthode acceptable de réparation des fractures pour les animaux qui ont moins d'un an. En effet, ces derniers animaux guérissent généralement plus rapidement. Ainsi, le dispositif n'a pas besoin d'être mis en place aussi longtemps que sur un animal adulte (Weinstein et Ralphs, 2004).

De plus, les jeunes peuvent tolérer un plus grand déplacement des fragments osseux sans retard de guérison ou de pseudarthrose (Decamp, 1993) ; les patients plus âgés nécessitent un temps plus long pour la cicatrisation (Oackley, 1999). Ils sont donc généralement de mauvais candidats pour le traitement par contention externe.

3.2.4. Influence de la taille et du poids de l'animal

Pour Weinstein et Ralphs (2004) l'efficacité des dispositifs de contention externes n'a pas fait ses preuves chez les animaux de petit format et les races dites « toy ». Un taux élevé de cals vicieux et de pseudarthroses, 80 % d'après Harasen (2003), a été identifié lorsqu'une contention externe a été utilisée comme traitement principal pour la fixation des fractures ante-brachiales des petites races ou des races « toy ».

Pour Harasen (2003) les causes de ces complications seraient :

- **une contrainte interfragmentaire élevée** : comme la plupart des fractures du tiers distal du radius et de l'ulna sont transversale ou obliques courtes chez les petits chiens, les forces de contrainte interfragmentaires ont tendance à être élevées et la fixation rigide est essentielle pour obtenir de bons résultats ;
- **des difficultés à maintenir une stabilité avec une contention externe** : il est difficile avec les fractures du tiers distal du radius ou de l'ulna de réaliser une contention externe qui immobilise l'articulation du dessus et du dessous de la fracture. L'immobilisation du coude étant difficile à réaliser avec une attelle, un plâtre ou un bandage contentif. De plus, la contraction des muscles fléchisseurs et extenseurs de l'avant-bras, qui se produit après l'apparition de la fracture, induirait une stabilisation difficile des fragments et contribuerait au mouvement sur le site fracturaire lorsqu'une contention externe est utilisée ;
- **des différences dans l'apport sanguin** : c'est la raison principale pour laquelle les chiens de petites races ont plus fréquemment des complications de cicatrisation de ces fractures. C'est aussi ce que pense Remedios (1999) qui indique que par rapport aux races de plus grande taille, les petites races et les races « toy », la densité vasculaire à la jonction métaphyso-diaphysaire est diminuée. Ce manque de vaisseaux métaphysaires serait à l'origine d'une formation d'un cal clairsemé généralement associé à ces fractures chez ces races et la densité de l'apport sanguin dans cette région est plus petite par rapport aux grands chiens. De plus pour Harasen, (2003), l'apport en sang extra-osseux est également limité en raison du faible recouvrement en tissu mou.

Chez les races chondrodystrophiques et les animaux obèses, il est difficile de conformer et de maintenir un plâtre ou une attelle pour une cicatrisation adéquate de la fracture (Oakley, 1999).

3.2.5. Influence de l'emplacement de la fracture

L'emplacement de la fracture est un facteur très important.

Les fractures situées en dessous du coude ou du grasset peuvent être traitées avec des attelles, des bandages ou des plâtres (Weinstein et Ralphs, 2004).

De plus, les dispositifs de contention externe ne doivent pas être utilisés comme la principale méthode de traitement d'une fracture impliquant des surfaces articulaires, car cela peut conduire à des complications désastreuses (Oakley, 1999).

3.2.6. Influence de l'os fracturé

3.2.6.1. Fracture de la scapula

Les fractures du corps ou de l'épine scapulaire peuvent être traitées par 2 à 4 semaines de cagéo-thérapie, la cagéo-thérapie étant le confinement de l'animal dans une cage.

Pour mieux stabiliser la fracture, elle peut être traitée avec une écharpe Velpeau ou un traitement chirurgical. La réduction fermée et le traitement par une écharpe Velpeau ayant été décrits comme un moyen efficace de traitement chez les chats (Chandler et Beale, 2002).

3.2.6.2. Fémur et humérus

3.2.6.2.1. Le fémur : les fractures diaphysaires

Le traitement conservateur n'a pratiquement pas d'indication en ce qui concerne le fémur et est très discuté aujourd'hui.

Pour Drape (1992), les masses musculaires s'opposent à la réduction à foyer fermé et déstabilisent très vite le foyer de fracture. L'immobilisation prolongée du foyer de fracture provoque d'importants dégâts au niveau des muscles et des articulations (maladie fracturaire). Cependant chez les très jeunes chiots de moins d'un mois et demi, le pansement de type Robert Jones peut être préconisé.

Au contraire, pour Niebauer (2014), les masses musculaires qui enveloppent le fémur, empêchent un mouvement trop important de celui-ci pouvant altérer sa cicatrisation. De plus il conseille de ne pas mettre de pansement sur une fracture du fémur et de l'humérus. De même pour Weinstein et Ralphs (2004), les fractures du fémur et de l'humérus ne doivent pas être traitées par un plâtre car ce dispositif pourrait augmenter l'instabilité des fragments osseux.

Ceci aurait pour conséquence de conduire à un cal vicieux ou une pseudarthrose. En effet, ils préconisent un traitement par cagéo-thérapie en attendant la cicatrisation définitive.

Pour Beale (2004) les fractures du fémur ne se prêtent généralement pas à un traitement conservateur bien que certaines fractures fémorales puissent être réduites à foyer fermé.

3.2.6.2.2. L'humérus : les fractures diaphysaires

Simpson (2004) mentionne au sujet des fractures de l'humérus qu'au lieu d'assurer une immobilisation, les pansements et les attelles peuvent agir comme un point d'appui au niveau du site de la fracturaire. Si la stabilisation temporaire est nécessaire, une attelle spica est le seul bandage recommandé. Pour cet auteur, la gestion conservatrice des fractures de l'humérus est généralement ingrate car les bandages ne peuvent pas neutraliser adéquatement les forces agissant sur la fracture.

3.2.6.3. Radius et tibia

Les fractures sur le radius ou le tibia qui sont pris en charge par un os intact adjacent (ulna ou fibula) sont souvent traité par la mise en place d'une attelle ou d'un plâtre. L'os intact sert d'« attelle anatomique fonctionnelle » et peut aider à diminuer les forces de flexion et de rotation (Weinstein et Ralphs, 2004).

Pour Harari (2002) les plâtres sont une option convenable pour le traitement non chirurgical des fractures peu déplacées de la diaphyse du radius des chats chez les patients qui ont un bon potentiel de cicatrisation.

Pour Drape (1992) le traitement des fractures diaphysaires des os distaux (tibia, radius-ulna) par une contention externe dépendent de l'âge des animaux.

Les pansements conservateurs donnent de bons résultats sur les très jeunes chiens (<3 mois). Chez les chiens entre 3 à 5 mois, ils sont indiqués pour les fractures simples du radius et de l'ulna, mais plus rarement pour les fractures du tibia. En effet, l'immobilisation de ces fractures nécessite un pansement sur tout le membre, entraînant un risque important de maladie fracturaire au niveau du grasset.

Pour Milovanvec et Ralphs (2004) les fractures du radius et de l'ulna peuvent être traitées conservativement si elles sont récentes, peu déplacées ou s'il s'agit d'un jeune animal en croissance de moyenne à grande taille. Ils recommandent un plâtre moulé sur le membre de l'animal ou une attelle de Schroeder-Thomas, associé aux principes généraux des traitements conservateurs que nous verrons dans le paragraphe suivant. Par contre, pour les raisons que nous avons évoquées, les chiens de petites ne sont pas de bon candidat pour le traitement conservateur des fractures du tiers distal du radius et de l'ulna.

Les fractures du processus styloïde de l'ulna, étant souvent incomplètes et non articulaires, ces auteurs décrivent qu'une contention externe peut être suffisant. Par contre, les fractures radiales du processus styloïde sont généralement intra-articulaires et par conséquent, exigent un alignement anatomique parfait et une fixation interne.

Pour Seaman et Simpson (2004), la contention externe est une option chez les jeunes animaux en croissance pour les fractures du tibia stables qui peuvent être réduite à foyer fermé. Bien

que ce soit aussi suggéré chez les chiens et les chats adultes, ils conseillent une fixation rigide via les fixateurs externe et interne. La contention externe peut être aussi utilisée sur les fractures incomplètes ou en bois vert.

Les systèmes de contention externe les plus couramment utilisés pour les fractures du tibia sont les plâtres longs, l'attelle latérale, ou l'attelle de Thomas.

3.2.6.4. Carpe et tarse

Les fractures du tarse peuvent être traitées conservativement si l'instabilité est minimale. Une attelle latérale et un bandage souple rembourré pourra être mis en place. Les chats qui ont une plus grande instabilité devraient subir une intervention chirurgicale (Chandler et Beale, 2002).

3.2.6.5. Métacarpes et métatarses

Les métacarpes et les métatarses présentent les mêmes indications et contre-indications vis-à-vis du traitement conservateur.

Kapatkin *et al.*, (2000) et plus récemment, Kornmayer *et al.* (2014) ont montré que les résultats ne seraient pas significativement différents entre le traitement chirurgical et le traitement conservateur quel que soit le degré de déplacement, la position, la configuration de la fracture et le nombre de fractures sur la même patte. Leurs études seront développées dans le paragraphe 3.5.5.

3.2.6.6. Les fractures des phalanges

Chez le chat, les fractures des phalanges, antérieures ou postérieures, avant ou arrière, aboutissent rarement à une boiterie à long terme. Le traitement conservateur avec une restriction de l'activité entraînera généralement un bon résultat. Une attelle palmaire / plantaire peut être placée pendant 5 à 7 jours si le chat présente une douleur extrême (Chandler et Beale, 2002).

3.2.6.7. Les fractures du bassin

Chandler et Beale (2002) ont décrit la gestion des fractures du bassin chez le chat.

Les fractures ischiatiques et du pubis exigent rarement une fixation. La plupart de ces fractures se résolvent très bien chez les chats par une cagéo thérapie pendant 4 à 6 semaines. Les facteurs les plus importants dans la gestion conservatrice des fractures du bassin sont la sélection des cas et le respect des règles par le propriétaire. Les indications pour la réduction chirurgicale des fractures du bassin sont les fractures nettement déplacées, le rétrécissement du canal pelvien canal, et une douleur intraitable.

L'acétabulum : le poids étant supporté par les deux tiers crânial de l'acétabulum, les fractures crâniale ou moyenne de la surface articulaire nécessitent un traitement chirurgical. D'autant plus que les chats supportent très bien l'exérèse de la tête fémorale par rapport au

chien. Ces fractures qui sont traitées de façon conservatrice conduisent souvent à des modifications dégénératives sévères de l'articulation coxofémorale.

3.2.7. Influence du type de fracture

3.2.7.1. Fractures transverses

En raison de la nature des attelles et des moulages, les fractures transverses sont les mieux adaptées pour les traitements avec contention externe. En effet, la force principale impliquée est une force de flexion. Ce type de force est effectivement neutralisé par des plâtres ou des attelles. En revanche les forces de cisaillement et de compression ne sont pas neutralisées (Weinstein et Ralphs, 2004).

3.2.7.2. Fractures obliques ou comminutives

En revanche les forces de cisaillement et de compression ne sont pas neutralisées par les plâtres ou les attelles. Ceci rend très difficile l'utilisation de ce procédé en tant que principale forme de traitement pour les fractures obliques ou comminutives car elles sont sous la contrainte de toute ces forces.

Sans une certaine forme de fixation interne, les fractures obliques seront donc soumises à trop de mouvements. Cela peut conduire à des perturbations de cicatrisation du cal et également provoquer des déplacements des abouts osseux (Weinstein et Ralphs, 2004).

3.2.7.3. Fracture en bois vert

Les fractures en bois vert, dans lequel le périoste est encore intact, ont également une bonne indication au traitement par contention externe (Weinstein et Ralphs, 2004).

3.2.8. Evolution d'une fracture par contention externe

L'immobilisation des fragments assurée par une contention externe (exemple : plâtre, pansement Robert Jones...) n'est que relative.

En raison de cette mobilité résiduelle, les extrémités fracturaires ne peuvent pas s'associer immédiatement au réseau vasculaire local qui se met en place.

La description de la cicatrisation des fractures par contention externe a été décrite dans les paragraphes précédents.

3.3. Conduite du traitement conservateur

3.3.1. La cagéo thérapie

La cagéo-thérapie est le confinement de l'animal dans un espace restreint, une cage par exemple, pendant un temps déterminé, jusqu'à ce que la cicatrisation osseuse se fasse.

En ce qui concerne les fractures des os longs des chats, Harari (2002) mentionne que la cagéo-thérapie peut permettre une cicatrisation osseuse chez les patients immatures présentant des fractures incomplètes ou peu déplacées. Dans la plupart des autres cas, son efficacité est imprévisible.

Pour Biesel (1991), il s'agit du traitement conservateur par excellence pour les cas de fracture diaphysaires de l'humérus ou du fémur chez des animaux d'âge inférieur à 2 mois chez les petites espèces et à 2,5-3 mois chez les grandes espèces. Les fractures ainsi traitées sont des fractures qui n'entraînent pas de raccourcissement important du membre ni de mouvements de rotation.

3.3.2. Les principes généraux du traitement des fractures par des bandages orthopédiques

Les fractures stables et peu déplacées sont les mieux adaptées pour le traitement par contention externe (Decamp, 1993).

Les fixations externes par coaptation impliquent l'utilisation de plâtres, d'attelles ou de bandages pour produire une stabilisation du membre fracturé. Les bandages Robert Jones, les attelles de coaptation, les attelles de Schroeder-Thomas, l'écharpe d'Ehmer et l'écharpe Velpeau sont décrits pour une immobilisation temporaire mais aussi pour une immobilisation définitive de certaines fractures. Le choix du dispositif de coaptation dépend de chaque cas individuel et des circonstances (Lange et Bartels, 1998).

3.3.2.1. Les fonctions principales des bandages orthopédiques

Les quatre fonctions principales des bandages sont (Decamp, 1993) :

- **la protection des tissus** : nécessaire pour prévenir une contamination externe des bactéries si une plaie ouverte est présente et pour prévenir une éventuelle automutilation de l'animal par léchage de la plaie ;
- **l'absorption** : aide à limiter l'accumulation d'exsudat et à diminuer la possibilité d'infection de la plaie ;
- **la compression des tissus mous** limite le développement d'exsudat en diminuant les espaces morts et réduit aussi l'accumulation d'autres liquides comme l'hématome, le sérum ou l'œdème qui peuvent affecter la cicatrisation ;
- **la stabilisation** qui peut être obtenue par un rembourrage fortement compressé.

3.3.2.2. Neutralisation des forces appliquées aux fractures par les pansements contentifs

Avant de choisir le traitement non chirurgical comme une méthode appropriée, il est important de tenir compte des forces agissant sur la fracture.

Les différents modes de contention externe varient dans leur capacité à neutraliser les forces qui s'appliquent aux fractures et à stabiliser des fragments d'os (Decamp, 1993) :

- **les forces de flexion et de rotation** sont convenablement neutralisées dans la plupart des fractures par une contention qui immobilise l'articulation du dessus et du dessous de la lésion ;
- **les forces de compression et de cisaillement** sont difficiles à neutraliser avec un plâtre dans certaines fractures. En effet, un plâtre sur une fracture oblique ou comminutive peut être inadéquat pour neutraliser une force de cisaillement, et une mauvaise réduction de la fracture peut se développer lorsque l'animal s'appuie sur son membre lésé. Une attelle de Schroeder-Thomas peut être efficacement pour réduire la force de cisaillement, mais il peut être moins efficace que le plâtre pour réduire les autres forces ;
- **les forces de traction** appliquées à un site fracturaire, tel que celles dans les fractures de l'olécrane ou des fractures du grand trochanter du fémur, sont provoquées par la tension musculaire. Elles sont mal neutralisées par n'importe quel procédé de contention externe.

3.3.2.3. La réduction de la fracture

La réduction d'une fracture désigne le procédé visant à ramener les fragments osseux dans leur position anatomique initiale (Piermattei *et al.*, 2009).

Decamp (1993) précise que la réduction des fragments de la fracture ne s'améliore pas après avoir appliqué un plâtre ou une attelle. On doit donc réaliser une réduction avant toute application d'une contention externe.

Elle doit être tentée dès que l'état du patient permet une anesthésie générale car tout retard augmente les spasmes et les contractures musculaires ainsi que la difficulté de réduction de la fracture.

3.3.2.3.1. La réduction à foyer fermé

La réduction à foyer fermé est réalisée lors d'un traitement conservateur avec un plâtre ou une attelle.

Cette méthode est la plus intéressante pour **les fractures en dessous du coude et en dessous du genou**, là où les tissus mous ne constituent pas un obstacle à la palpation osseuse permettant de déterminer la réduction. Ce sont aussi les régions où le plâtre et l'attelle sont indiqués.

La réduction à foyer fermé est **plus efficace chez les animaux de petite taille** ayant des membres relativement grands que les animaux de grande taille, chondrodystrophiques ou fortement musclés (Piermattei *et al.*, 2009).

Pour Biesel (1991), les réductions manuelles sont souvent plus difficiles chez le jeune, et une réduction exacte de la fracture n'est pas nécessaire chez ces animaux en croissance.

3.3.2.3.2. Méthodes de réduction à foyer fermé

Le principe de base de toute méthode de réduction à foyer fermé est d'appliquer une traction lente et continue sur le fragment osseux qui peut être manipulé pour l'aligner avec le fragment moins manœuvrable. Il est important que toutes les manipulations s'effectuent en restant vigilant vis-à-vis des risques de déchirures, de perforation ou de compression d'un vaisseau ou d'un nerf majeur. (Piermattei *et al.*, 2009).

Différentes méthodes sont possibles pour réduire les os longs (Egger et Whittick, 1990) :

- **bascule et flexion** : il s'agit d'aligner le cortex d'un côté du fragment distal avec le cortex, du même côté, du fragment proximal puis de fléchir le fragment distal alors que l'extrémité proximale est stabilisée de manière à réduire l'angle des deux fragments de 180 ° et donc de rétablir les alignements des fragments osseux ;
- **rotation** : le fragment proximal ou distal est mis en rotation autour de son plan axial tandis que l'autre fragment est stabilisé pour effectuer la réduction ;
- **traction** : le membre est soumis à une force axiale suffisante pour aligner le fragment distal avec le fragment proximal ;
- **contre traction** : les fragments proximal et distal sont distendus par application d'une force axiale dans chaque fragment, mais dans des directions opposées.

Une traction continue est appliquée pour surmonter les spasmes musculaires et produire le plus grand degré de fatigue musculaire, permettant ainsi la réduction de la fracture. La traction peut s'effectuer manuellement (figure 12) ou en utilisant le poids de l'animal (figure 13). L'extenseur de Gordon est un dispositif qui permet d'exercer une traction lente et progressive.

Une anesthésie générale est habituellement exigée si des manipulations importantes sont nécessaires pour la réduction de la fracture. Mais même avec l'anesthésie, la réduction manuelle de la fracture entraîne rarement une parfaite apposition abouts fracturaires (Piermattei *et al.*, 2009).

L'anesthésie générale affecte le degré de traction et de contre traction nécessaire à la réduction de la fracture. Il faut s'efforcer de sélectionner un agent analgésique et anesthésique qui offrent la plus grande de relaxation musculaire tout en assurant une anesthésie générale sûre (Egger et Whittick, 1990).

Des radiographies doivent être prises pour veiller à ce que la réduction de la fracture demeure adéquate pour la guérison. Si celle-ci est insuffisante par des méthodes fermées, une intervention chirurgicale pour la réduction et la fixation doit être considérée.

Figure 12. Utilisation de l'extenseur de Gordon (Piermattei et al., 2009). La relaxation musculaire s'obtient avec une augmentation lente et progressive de la traction sur une période de 10 à 30 minutes. En tournant progressivement l'écrou papillon, on augmente la traction sur le membre atteint. Il est serré toutes les 5 minutes pour l'accroître.

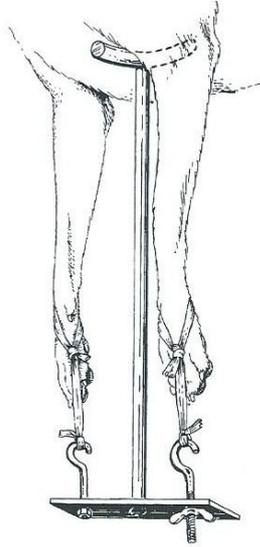
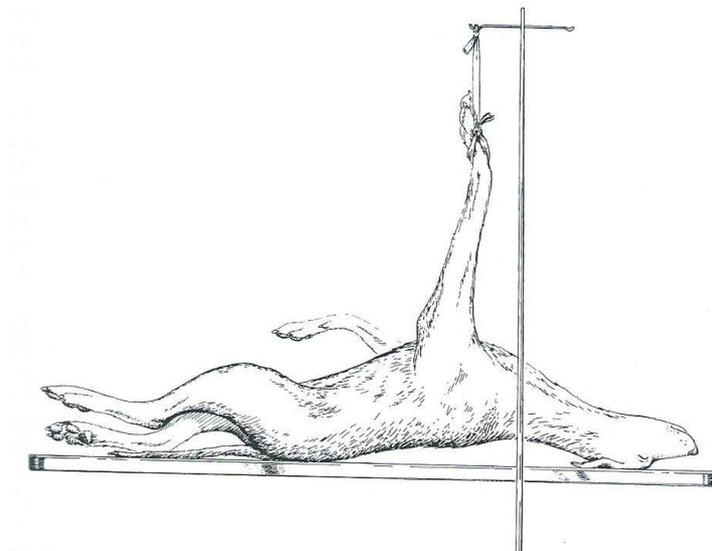


Figure 13. Utilisation du poids de l'animal pour appliquer une force traction et une contre traction (Piermattei et al. 2009). Cette technique permet de fatiguer les muscles et de lever les contractures.



Pour qu'une réduction à foyer fermé soit efficace, au moins 50 % des abouts osseux proximal et distal doivent être en contact (Weinstein et Ralphs, 2004).

Les forces appliquées à la fracture ou l'interposition des tissus mous peuvent empêcher la réduction parfaite sans intervention chirurgicale.

Une bonne réduction des abouts fracturaires peut aussi être perdue par l'utilisation du membre fracturé par l'animal. Il est donc important que l'animal soit en repos strict même avec une contention externe pour éviter tout déplacement des abouts osseux.

3.3.2.4. L'alignement du membre

Considérant qu'une réduction parfaite peut être impossible avec une réduction à foyer fermé dans la plupart des fractures, des précautions doivent être prises pour assurer l'alignement articulaire.

En effet, un défaut d'alignement des abouts osseux par rapport aux articulations du membre peut donner lieu à un cal vicieux de rotation ou angulaire. Celui-ci peut être suffisamment grave pour provoquer une anomalie fonctionnelle, une boiterie et secondairement de l'arthrose.

Il est donc important de prêter une attention particulière à l'alignement du membre lors de la pose initiale de la contention externe.

3.3.2.5. Immobilisation des articulations

Un principe de base dans la contention externe est que **les articulations distale et proximale à la fracture doivent être immobilisées.**

Par conséquent, la plupart des attelles et plâtres classiques sont adéquats pour des fractures au-dessous du coude et au-dessous du genou, mais pas au-dessus.

Un bandage classique complet d'un membre ne s'étend pas au-delà proximale de la moitié de l'humérus ou de la moitié du fémur.

Une immobilisation de l'articulation de l'épaule ou de la hanche n'est pas efficace à moins qu'une attelle « spica » ou en fonte soit construite.

L'utilisation d'un plâtre ou d'une attelle classique pour le traitement d'une fracture fémorale ou humérale n'est pas conseillée.

Une attelle « spica » peut être élaborée pour immobiliser l'épaule ou l'articulation de la hanche, en plus des articulations plus distales. Ces attelles offrent une excellente immobilisation temporaire du fémur et des fractures de l'humérus. Mais le déplacement grave typique de fémur et des fractures de l'humérus justifie habituellement une intervention chirurgicale pour la stabilisation définitive (Decamp, 1993).

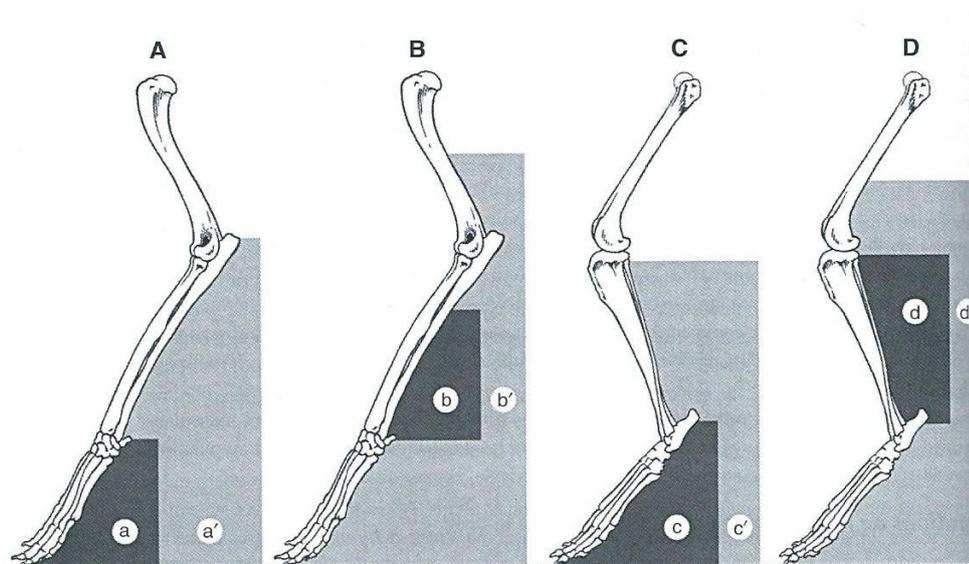
La hauteur du plâtre ou de l'attelle nécessaire pour l'obtention d'une efficacité optimale est décrite dans la figure 14.

Les plâtres sont généralement considérés comme des structures tubulaires moulées qui, si elles sont retirées, forment un moule qui permet d'obtenir un moulage du membre.

Souvent, on coupera le plâtre, une fois durcit, longitudinalement de chaque côté pour obtenir deux demi-coquilles afin de faciliter les changements ultérieurs de plâtre et les soins de plaie.

Il faut demander au propriétaire de faire examiner le plâtre régulièrement, tous les 7-10 jours, mais aussi en cas d'odeur fétide, d'écoulement, de desserrement, d'irritation, d'instabilité ou de léchage incessant du montage. Tous ces signes indiquent qu'il faut retirer le matériel, examiner les tissus mous et instituer un traitement si nécessaire. (Piermattei *et al.*, 2009).

Figure 14. Longueurs optimales des attelles ou plâtres suivant l'emplacement de la fracture (Piermattei *et al.*, 2009). Les zones a,b,c et d en noires correspondent aux sites fracturaires. Les zones a', b', c' et d' en grises indiquent la hauteur du plâtre ou de l'attelle nécessaire pour l'obtention d'une efficacité optimale.



3.3.3. Traitements contentifs et mode opératoire

Les matériaux rigides comme le plâtre et les attelles préformées modelables apportent une résistance et une rigidité nécessaires pour la fixation externe. Cependant, ils peuvent également mettre en danger le membre immobilisé s'ils sont mal utilisés.

La contention externe s'obtient simplement par immobilisation des muscles avec un bandage ou par transmission des forces de compression aux structures osseuses par l'intermédiaire des tissus mous qui les recouvrent avec un plâtre ou une attelle. Cette pression

doit être uniformément distribuée dans l'ensemble du plâtre ou de l'attelle pour éviter une stase vasculaire et l'œdème (Piermattei *et al.*, 2009).

3.3.3.1. Le rembourrage et son importance

La couche de rembourrage assure une protection, un pouvoir absorbant, et un minimum de soutien du membre en fonction de son épaisseur (Lange et Bartels 1998).

Un bandage bien rembourré est toujours plus confortable pour l'animal qui le porte et fournit un soutien suffisant pour la stabilisation des fractures pendant la cicatrisation.

Mais attention, **trop de rembourrage** en présence d'une attelle ou d'un plâtre peut permettre des mouvements des fragments osseux au niveau du foyer fracturaire et être préjudiciable à la cicatrisation.

Trop peu de rembourrage en présence d'une attelle ou d'un plâtre peut être aussi à l'origine de complications. Si un plâtre ou une résine rigide avec trop peu de rembourrage est appliqué sur un membre fortement traumatisé et que les tissus mous inflammés, une trop pauvre vascularisation se développe et crée une ulcération de pression sur la peau et les structures sous-jacentes.

Dans les cas les plus graves, une nécrose des extrémités sous le bandage peut nécessiter une amputation (Decamp, 1993).

Au niveau des saillies osseuses (condyles huméraux et fémoraux, olécrâne, tubérosité calcanéenne.) une ou deux couches supplémentaires de matériel de rembourrage peuvent être rajoutées (Lange et Bartels, 1998).

3.3.3.2. Position de l'animal lors de la mise en place d'une contention externe

Un animal est généralement retenu ou anesthésié en décubitus latéral pour le placement de la contention externe.

En règle générale, les attelles, les bandages et les plâtres sont appliqués de sorte que le membre soit dans la même position que la position fonctionnelle (Decamp, 1993).

3.3.3.2.1. Position du postérieur

Le postérieur doit être maintenu en position normale avec le jarret légèrement fléchi (Knapp, 1998).

3.3.3.2.2. Position de l'antérieur

Lorsque le plâtre ou la résine est moulé sur l'antérieur, le carpe doit être fléchi de 15° et dévié médialement de 15°. Ce positionnement contribue à empêcher une déformation en

valgus, qui pourrait se produire au cours d'une manipulation en raison de la laxité de l'articulation radiale du carpe ou à la suite d'une croissance excentrique du radius et de l'ulna chez les animaux en croissance (Lange et Bartels, 1998).

3.3.3.3. Les Pansements Robert Jones

3.3.3.3.1. Utilisation

C'est le bandage le plus utilisé en médecine vétérinaire. Il limite le mouvement et diminue le gonflement des tissus mous.

Il peut être utilisé pour une stabilisation temporaire d'une fracture en attendant un traitement chirurgical. Il peut également être utilisé après l'opération de fractures distales du coude et du genou.

Pour Weinstein et Ralphs (2004), un bandage Robert Jones devrait seulement être utilisé pour la stabilisation temporaire d'une fracture, puisque le rembourrage finira par se desserrer et permettra des mouvements au niveau du site de la fracture.

Alors que pour Biesel (1991), le pansement Robert Jones est le meilleur des pansements pour un traitement conservateur des fractures du jeune, selon les indications des pansements contentifs.

Cet auteur a évoqué les **intérêts de ce pansement** :

- il est suffisamment rigide pour permettre une bonne contention externe d'un membre fracturé s'il est correctement appliqué ;
- il est le pansement le mieux toléré ;
- il est posé rapidement ;
- il peut être resserré par la pose d'un bandage supplémentaire ;
- on l'enlève facilement à l'aide de ciseaux ;
- il permet des contrôles radiologiques de bonnes qualités ;
- Son coût est peu élevé.

Le seul inconvénient c'est qu'il peut être mouillé et perdre alors ses qualités. Le propriétaire doit en être averti et doit le protéger le temps des sorties.

3.3.3.3.2. Mode opératoire

Knapp (1998), Weinstein et Ralphs (2004) ont décrit les étapes successives d'un pansement Robert Jones.

1^{ère} étape : pose des étriers

Les étriers aident à empêcher que le bandage glisse une fois qu'ils ont été appliqués. Ils se composent de deux bandes adhésives blanches de type sparadrap placées sur les faces médiale et latérale ou dorsale et palmaire des régions distales du carpe ou du tarse. Les extrémités de ces bandes dépassent du membre de quelques centimètres.

2^{ème} étape : pose de la 1^{ère} couche

Une première couche est placée quand il y a des plaies et des lacérations qui doivent être traitées, en plus de la fracture. Elle se compose de pansements adhérents ou non adhérents qui sont changés régulièrement.

3^{ème} étape : pose de la 2^{ème} couche

Elle est composée de rouleaux de coton extensible absorbant de type SOFFBANND. Le but de cette couche est de fournir un rembourrage et une compression.

Le coton doit être appliqué à partir de l'extrémité du membre et déplacé de manière proximale le long du membre jusqu'à la région axillaire ou la région inguinale. Chaque tour de rembourrage orthopédique recouvre de moitié le tour précédent pour éviter la formation d'irrégularités.

Le coton doit être enroulé avec une tension suffisante pour rendre le bandage serré, mais pas trop tendue pour ne pas déchirer le coton.

Cette couche doit être d'épaisseur régulière pour appliquer une pression uniforme sur toute la longueur de la jambe. L'épaisseur devrait être d'environ de 4 à 8 cm.

Bien que cette épaisseur réduise la stabilité du bandage, le but n'est pas fixer la fracture de façon permanente. Au contraire, elle vise à réduire le gonflement et à stabiliser temporairement la fracture jusqu'à ce qu'une forme plus rigide de fixation puisse être réalisée.

4^{ème} étape : 3^{ème} couche

On recouvre le rembourrage d'une bande de type VELPEAUND. Il faut alors fournir une tension suffisante pour comprimer ou réduire la taille de l'épaisseur de coton de manière adéquate. Dans la plupart des cas, le diamètre final du bandage après l'application de la bande VELPEAUND est de 40 à 50 % du diamètre d'origine.

Les étriers de bande sont ensuite mis en rotation de manière proximale et appliquées sur la couche extérieure pour aider à maintenir le bandage en place.

4^{ème} étape : la couche externe

La dernière couche externe est utilisée pour aider à protéger les premières. On utilise des rouleaux de bande élastique adhésive ou des bandes cohésives de type VETRAPND.

Cette couche est appliquée de la même manière que la couche de coton en commençant distalement au membre et en remontant proximale tout en veillant à maintenir une compression. Les phalanges distales des 2 doigts centraux doivent être laissées accessibles

Il s'agira ensuite de garder ce bandage propre et sec.

3.3.3.4. Les pansements Robert Jones modifiés

Il s'agit d'un pansement Robert Jones où une ou plusieurs attelles ont été rajoutées pour augmenter sa rigidité (Biesel, 1991).

3.3.3.5. Les attelles

Une attelle est un dispositif un peu moins complet qu'un plâtre. Elle est moulée que sur une seule face du membre.

3.3.3.5.1. Les attelles de coaptation

Les attelles de coaptation, constituées par une variété de matériaux rigides, sont utilisées pour approximer la forme du membre sur lequel ils peuvent être appliqués.

Leur rôle est d'augmenter la rigidité d'un pansement, de supprimer l'appui et de maintenir immobilisées une ou plusieurs articulations. Qu'elles soient en bois (abaisse langue chez les petites races), métalliques ou plastiques, elles doivent toujours être légères, parfaitement rigides et appliquées sur le membre préalablement protégé d'un pansement rembourré pour éviter de blesser l'animal (Biesel, 1991).

En général, elles ne sont pas utilisées pour l'immobilisation de l'humérus ou du fémur.

Ils existent plusieurs types d'attelles : les attelles préformées et les attelles conformables.

Les attelles préformées sont indiquées pour les fractures distales du radius et de l'ulna, les fractures-dislocations du carpe et du tarse et les fractures des os du métacarpe, du métatarse et des phalanges. La stabilisation des fractures proximales du radius et de l'ulna n'est pas satisfaisante avec de tels dispositifs car l'articulation proximale ne peut pas être immobilisée.

Les attelles conformables appliquées latéralement sur la patte avant ou la patte arrière peuvent immobiliser respectivement la coude ou le genou. Elles peuvent aussi stabiliser des fractures du radius, de l'ulna, du tibia et de la fibula (Lange et Bartels, 1998).

3.3.3.6. Les plâtres

Les plâtres sont des structures tubulaires moulées qui, si elles sont retirées, forment un moule qui permet d'obtenir un moulage du membre.

Les matériaux principalement employés sont le plâtre de Paris et les bandes en fibre de verre ou en résine. Les nouveaux matériaux synthétiques en résine ou en fibre de verre ont l'avantage d'être léger, résistant à l'eau et poreux mais ils ne peuvent pas être moulés aussi parfaitement que le plâtre (Piermattei, 2009).

Les plâtres sont toujours posés sur le membre préalablement protégé par un pansement protecteur légèrement rembourré (Biesel, 1991).

Souvent, on coupera le plâtre, une fois durcit, longitudinalement de chaque côté pour obtenir deux demi-coquilles afin de faciliter les changements ultérieurs de plâtre et les soins de plaie.

3.3.3.6.1. Les plâtres longs

Le plâtre long est un plâtre qui s'étend des doigts à l'aisselle ou à l'aîne. Il est indiqué pour la fixation du coude, du grasset, du radius et de l'ulna ou du tibia et de la fibula (Piermattei, 2009).

3.3.3.6.2. Les plâtres courts

Un plâtre court ne s'étend que jusqu'à la partie proximale du tibia ou du radius. Les articulations du grasset et du coude restent mobiles. Le plâtre doit être suffisamment distal (2 à 5 cm en dessous de l'épicondyle huméral ou de la tubérosité tibiale) de telle sorte qu'il ne présente pas de flexion pendant la flexion/extension.

Il est indiqué pour la fixation du carpe et du métacarpe, du tarse et du métatarse. On utilise les plâtres courts, surtout chez les animaux de grande taille et actifs, lorsqu'on souhaite une immobilisation supérieure à celle des attelles courtes (Piermattei *et al.*, 2009).

3.3.3.6.3. Les matériaux utilisés

Bien que le coût du **plâtre de Paris** soit modeste, on lui reproche son temps de durcissement important, sa fragilité, son poids, sa radio-opacité et sa perméabilité à l'eau.

Les plâtres synthétiques (combinaison d'un support de fibre de verre et d'une résine de polyuréthane) de type VETCASTND (figure 15) ou DYNACSTND sont imperméables à l'eau, aérés, radio-transparents, légers et très solides mis pas toujours facile à enlever chez les petits animaux. Ils rendent de meilleurs services chez les grands animaux.

Les bandes thermoplastiques, de type HEXELITEND et VETLITEND (figure 16), sont beaucoup plus intéressantes. Elles se coupent avec de simples ciseaux à pansement à froid ou à chaud. Une fois rendues souple par immersion dans l'eau à 60°, elles se moulent très facilement sur le membre protégé par un pansement légèrement rembourré. On peut ainsi réaliser avec ces bandes des plâtres, des attelles et des gouttières de contention. Ces matières sont légères, aérées, radio-transparentes et très bien tolérées par les jeunes animaux (BIESEL, 1991).

Figure 15. Plâtre synthétique de type VETCAST PlusND. D'après le site internet <http://solutions.3m.com>.



Figure 16. Bandes thermoplastiques VETLITEND. D'après le site internet www.shopmedvet.com



3.3.3.7. Les écharpes

3.3.3.7.1. Les écharpes Velpeau

L'écharpe Velpeau peut être utilisée pour une fracture de la scapula. Elle est constituée de bandes Velpeau, leur taille dépendant de la taille de l'animal.

Elle ne doit pas être utilisée sur les animaux qui ont une fracture oblique de l'humérus distal car elle peut entraîner une compression importante sur le fragment fracturé et des lésions du nerf radial. Cette écharpe n'est pas non plus indiquée pour les fractures de l'olécrâne.

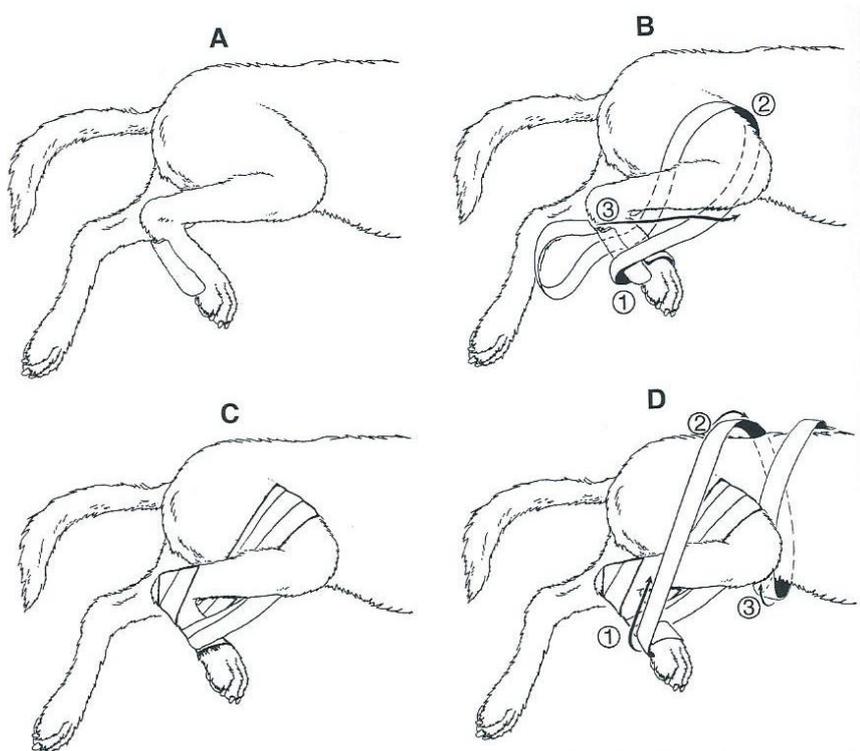
L'animal tolère relativement bien l'écharpe Velpeau mais elle doit être vérifiée toute les semaines. En effet, le clinicien doit prévenir le propriétaire que si l'écharpe se desserre et glisse, outre la perte de l'immobilisation, des troubles vasculaires catastrophiques peuvent se produire. L'animal doit donc être confiné dans un espace restreint pendant toute la période où le bandage est appliqué.

Si l'écharpe est utilisée plus de deux semaines, des contractures articulaires peuvent se produire car les articulations de l'épaule, du coude et du carpe sont en flexion importante (Lange et Bartels, 1998).

3.3.3.7.2. Les écharpes d'Ehmer

On l'utilise principalement pour immobiliser l'articulation de la hanche après réduction d'une luxation (figure 17) (Piermattei *et al.*, 2009).

Figure 17. Mise en place d'une écharpe d'Ehmer (Piermattei et al., 2009).



3.3.3.8. Entretien des pansements contentifs

Après toute application d'un plâtre, d'une attelle, d'une écharpe ou d'un bandage, le membre doit être contrôlé toutes les 4 à 6 heures pour être certain que le dispositif ait été appliqué correctement.

S'il y a une constriction de la vascularisation et du drainage lymphatique et que l'aspect proximal et distal du membre apparaît gonflé, le dispositif doit être immédiatement enlevé puis refait. A la sortie de l'animal, le propriétaire doit être sensibilisé aux soins appropriés du dispositif de contention. (Lange et Bartels, 1998).

Les attelles, les plâtres et les bandages doivent être gardés au sec constamment.

Si le moindre problème se développe, l'animal doit être examiné le plus tôt possible. Les signes qui doivent alerter les propriétaires sont (Lange et Bartels, 1998) :

- les signes d'inconfort,
- les changements de position ou de forme du dispositif sur le membre,
- toute odeur nauséabonde provenant du dispositif,
- toute souillure inexplicquée du dispositif qui n'était pas présente avant ;
- les irritations aux extrémités du dispositif qui ne répondent pas aux traitements locaux ;
- un œdème des phalanges ou du membre,
- une anorexie, un abattement ou de la fièvre,
- des mordillements excessifs du dispositif.

3.4. Complications

Nous allons évoquer dans ce paragraphe les complications qui peuvent survenir suite à un traitement conservateur, autres que les complications de la cicatrisation osseuse, les pseudarthroses, les cals vicieux et les retards de consolidation intervenant dès que la contention externe permet une instabilité de la fracture.

Trois facteurs sont à l'origine des complications suite à un traitement par contention externe (Oakley, 1999) :

- le choix inapproprié du cas pour ce type de traitement,
- l'application inappropriée d'une attelle ou d'un plâtre,
- une mauvaise gestion du patient durant le traitement.

3.4.1. Raideur du membre

La raideur des articulations se développe généralement secondairement à un traumatisme, une intervention chirurgicale, ou une immobilisation d'un membre.

Si les articulations ont été maintenues dans la position debout physiologique, l'animal aura son poids sur son membre avec l'attelle en place. Ensuite l'attelle est retirée.

Si la raideur articulaire est présente après le retrait de l'attelle, la reprise de la marche sur le membre va souvent améliorer les symptômes.

Si un membre est devenu raide dans une position anormale, l'animal peut être incapable de supporter son poids, même après que l'attelle soit enlevée. Dans les cas les plus malchanceux, des adhérences entre les muscles, les tendons et les os peuvent limiter l'amplitude de mouvement d'une articulation.

Il est donc important de mobiliser les articulations dès que possible au cours de la guérison des fractures pour aider à prévenir la perte de fonction du membre (Decamp, 1993).

3.4.1.1. Maladie fracturaire

La maladie fracturaire est la pire des complications des cicatrisations de fracture. Elle est caractérisées par de l'ostéoporose, une raideur articulaire, des contractures et une atrophie du cartilage articulaire. Il s'agit d'une invalidité permanente à long terme de l'animal qui est généralement incapable de surmonter (Oakley, 1999).

3.4.1.2. Laxité articulaire

La laxité articulaire est le résultat direct de l'immobilisation, sachant que les articulations en dessous et au-dessus de la fracture doivent être incluses dans le dispositif de contention pour assurer le succès de la cicatrisation des fractures. C'est cliniquement apparent lorsqu'il s'agit de jeunes animaux qui ont des fractures impliquant l'avant-bras. Ces patients développent typiquement une hyper-extension du carpe après l'application d'un plâtre ou d'une attelle.

Cette condition s'améliore généralement avec une physiothérapie après le retrait du dispositif de contention (Oakley, 1999).

3.4.1.3. Les lésions dermatologiques

Les lésions dermatologiques dues aux moyens de contention externe sont principalement les plaies de frottement, les plaies de compression, la dermatite et l'œdème. Toutes ces lésions peuvent être le résultat d'un mauvais positionnement d'un plâtre, d'un bandage ou d'une attelle (Weinstein et Ralphs, 2004).

3.4.1.3.1. Les plaies de frottement

Les plaies de frottements peuvent apparaître dans la partie supérieure ou inférieure du moyen de contention et également à l'intérieur. Elles apparaissent quand le plâtre ou le bandage est trop lâche et qu'il frotte sur la peau. Les bords du plâtre peuvent aussi causer des plaies de frottement.

De plus, l'application de trop de rembourrage sous le plâtre peut également causer des lésions de frottement importantes. En effet, le rembourrage peut glisser vers l'extrémité distale du membre et se regrouper dans une seule partie du membre (Weinstein et Ralphs, 2004).

La mise en place de bandelettes orthopédiques de feutre synthétique sur les éminences osseuses réduit très efficacement les escarres de pression (Piermattei *et al.*, 2009).

3.4.1.3.2. Les plaies de compression

Avec les nouveaux matériaux qui sont plus élastiques, le risque principal est de trop serrer les bandages et de créer ainsi des lésions de compression (Niebauer, 2014). La photographie 1 illustre les différentes lésions que l'on peut retrouver suite à un Robert Jones.

3.4.1.3.3. L'œdème

L'œdème peut être causé par l'événement traumatique lui-même, ou il peut se produire en raison d'un mauvais positionnement des matériaux du bandage. Les facteurs favorisant un œdème du membre sont (Weinstein et Ralphs, 2004) :

- un enroulement du bandage autour du membre trop serré,
- le fait de ne pas commencer au niveau des orteils avec le matériel du bandage,
- l'application ou d'une attelle ou d'un plâtre avec une pression inégale.

Aucun plâtre ne devrait être appliqué sur un membre fracturé avant que tout gonflement ait diminué. Par contre un bandage de Robert Jones devrait être appliqué pour fournir une stabilisation temporaire. Ce dernier permettrait également d'examiner le membre quotidiennement.

En général, il faut laisser visible les deux dernières phalanges des doigts centraux pour surveiller l'apparition d'un œdème. Il faut demander au propriétaire d'inspecter les doigts

laissés libres deux fois par jour et de regarder si les griffes n'ont pas tendance à s'écarter. Ce signe indique la présence d'un œdème qui nécessite le retrait immédiat du plâtre pour éviter la nécrose par compression (Piermattei *et al.* 2009).

Photographies 1 et 2. Lésions cutanées suite à l'application d'un Robert Jones mal appliqué pendant une semaine chez un cas reçu en urgence pour œdème à la patte à la clinique V24 (Levallois-Perret). Photographie de Marie Amélie Guguen. Sur cet animal nous pouvons remarquer que le pansement est trop serré et qu'il ne recouvre pas les doigts. Il a provoqué des lésions de compressions au niveau du doigt 2 et des plaies de frottement sur la face médiale du membre antérieur droit.



3.5. Résultats bibliographiques du traitement non chirurgical

3.5.1. Résultats sur les fractures de la scapula

Mbogwa *et al.* (1978) ont réalisé une étude dont le but était de déterminer s'il y avait une différence significative entre le traitement conservateur et le traitement chirurgical des fractures de la scapula chez les chiens. Des fractures de la scapula ont été réalisées chez 10 chiens âgés entre 1,5 et 5 ans. La scapula gauche de chaque chien a été traitée par un traitement chirurgical tandis que la scapula droite n'a pas été traitée. Les résultats ont montré que le traitement chirurgical améliore la guérison et permet un retour plus rapide de la fonction du membre antérieur. Par contre, il n'y a pas de différence significative entre les deux traitements à long-terme.

3.5.2. Résultats sur les fractures de l'humérus

Simpson (2004) a décrit un cas de traitement conservateur d'une fracture de la diaphyse humérale dans chez une jeune chienne Teckel de 1 an stérilisée.

La fracture était apparue soudainement suite à un choc par une voiture. En raison de graves difficultés financières, le traitement chirurgical n'était pas une option pour les propriétaires. Une attelle spica a été mise en place. Les radiographies ont révélé que la réduction est apparue convenable. Les propriétaires ont été avertis de la probabilité que le membre soit raccourci au niveau de la longueur et qu'une complication de pseudarthrose soit possible.

Les instructions étaient que le bandage devait être changé toute les une à deux semaines et que l'animal devait rester uniquement en cage pendant 4 à 6 semaines. Les propriétaires sont retournés pour les changements de pansement et le contrôle chez leur vétérinaire traitant. Les radiographies ont été obtenues à 3 semaines après l'apparition de la fracture.

Comme prévu, la cicatrisation de la fracture s'est compliquée d'un cal vicieux et l'humérus s'est retrouvé raccourci.

Ainsi pour Simpson (2004), le traitement conservateur des fractures de l'humérus n'est pas recommandé. Toutefois, si les propriétaires sont incapables de payer le traitement chirurgical, une gestion conservatrice est une alternative à l'amputation ou l'euthanasie. Les propriétaires doivent être conscients que les résultats ne sont pas idéaux. Les complications possibles incluent : un raccourcissement en longueur du membre, les cals vicieux, la pseudarthrose, et l'ankylose au niveau du site de la fracture.

3.5.3. Résultats sur les fractures du fémur

Hill (1977) a réalisé une étude sur les fractures des os du chat. Dans cette étude, les chats ayant soit une fracture Salter Harris du fémur proximal, soit une fracture simple de la diaphyse fémorale ou soit une fracture du col du fémur, ont été traités par une cagéothérapie de 3 semaines.

De plus, un cas de fracture comminutive, n'ayant pu être traité chirurgicalement, a reçu un traitement conservateur qui consistait également en une cagéothérapie.

Sur les sept cas présentant un Salter Harris de l'épiphyse proximale du fémur ou une fracture du col du fémur, 4 chats étaient cliniquement stable 2 mois après le traumatisme. Deux cas présentent une boiterie par intermittence et une atrophie musculaire. Une exérèse tête-col du fémur a dû être faite chez un chat qui ne présentait pas d'amélioration clinique. Tous les cas étaient cliniquement sains 4 mois après le traumatisme. Néanmoins dans la plupart des cas, le cal était irrégulier le long de la diaphyse de l'humérus et chez 2 chats la flexion de l'articulation du grasset a diminué d'environ 15 %.

L'auteur a mis ainsi en évidence que le traitement conservateur peut être considéré comme une alternative aux traitements chirurgicaux, chez des cas sélectionnés de fracture de la diaphyse, de l'épiphyse proximale du fémur et des fractures du col du fémur. Une fixation interne est néanmoins justifiée pour limiter une douleur trop importante de l'animal, pour une guérison plus rapide, pour un retour plus rapide à la fonction du membre et pour un risque

moins important de raccourcissement du membre. La cagéothérapie doit être réservée aux fractures cliniquement alignées et où un montage est difficile à mettre en place. De plus, l'exérèse tête-col du fémur doit toujours être considérée pour les patients présentant une fracture du col du fémur associée à un déplacement marqué de la diaphyse fémorale et chez les patients montrant aucune amélioration notable après 2-3 semaines de traitement conservateur.

3.5.4. Résultats sur les fractures du radius et de l'ulna

Harasen (2003) a mentionné que les fractures ante-brachiales les plus fréquentes de l'avant-bras sont les fractures transverses et obliques courtes du radius et de l'ulna. Comme nous l'avons déjà mentionné, ces fractures sont le plus souvent observées chez les chiens de petites races qui ont eu une chute. Chez ces chiens, un traitement par contention externe de ces fractures se complique dans 80 % cas de retards de consolidation ou de pseudarthroses.

Parmi les chiens ayant été traité conservativement, 6 ont été perdus du suivi et ont été considérés comme guéris. Les 14 autres cas ont cicatrisé entre 2 et 20 semaines.

De plus 8 cas sur 20, soit 40 %, ont eu des complications. Parmi les cas qui ont eu des complications, 87 % ont eu des complications liées au bandage (plaie de pression, macération, bandages salis, bandage trop serré, bandage qui a glissé ou qui était tordu et œdème du membre). Un seul cas a eu un retard de consolidation et a cicatrisé en 20 semaines.

Harasen (2003) recommande un traitement chirurgical pour les fractures transverses déplacées ou les fracture obliques du tiers distal du radius et de l'ulna chez presque tous les patients. Si le patient est jeune et de grande taille, si la fracture est légèrement déplacée, ou si la chirurgie a été refusée, un traitement par contention externe peut être considéré.

Si nous en sommes contraint d'utiliser une contention externe chez un chien de race toy, un plâtre en résine doit être appliqué et doit s'étendre au-dessus du coude et jusqu'aux extrémités des doigts. Le propriétaire doit être bien averti de son choix.

Pour les fractures ouvertes ou comminutives, il recommande un traitement par fixateur externe placé sans ouvrir la fracture.

Ainsi, la coaptation externe peut avoir de bons résultats dans le traitement des fractures du radius et de l'ulna. Mais le propriétaire doit être mis en garde des complications possibles qui peuvent être dues au bandage ou à des complications de cicatrisation osseuse (retard de consolidation et pseudarthrose). Il faudra alors sensibiliser le propriétaire à la gestion correcte du bandage et au contrôle régulier.

3.5.5. Résultats sur les fractures des métacarpes et des métatarses

Guilliard (2013) a étudié, de manière prospective sur 6 ans, le traitement conservateur des fractures du métatarse III chez les lévriers de course Greyhound. L'objectif de cette étude était de déterminer si la gestion conservatrice est une méthode de traitement appropriée pour les fractures du métatarse III chez ces chiens. Les paramètres étudiés sont la morphologie de la fracture, le type de traitement conservateur, le résultat et le temps de retour à la course.

Sur 18 cas, tous ont réalisé une cagéothérapie pendant 8 semaines et 6 chiens ont eu en plus un traitement contentif avec un pansement et une attelle pendant 2 à 6 semaines. Quatorze de ces chiens ont pu retourner à la course sans perte de forme, 2 ont été mis à la retraite pour des questions autre que l'échec du traitement, 2 autres chiens ont subi des blessures sans rapport avec la fracture du métacarpe.

La gestion conservatrice des fractures du métacarpe III consistant à un programme de restriction d'exercice a donc un excellent pronostic pour un retour à l'exercice. Une contention externe ne semble pas être nécessaire pour le bien être du chien et pour la gestion de la fracture.

Kapatkin *et al.*, (2000) ont fait une étude rétrospective sur 10 ans et dont le but était de comparer les résultats des traitements conservateurs et chirurgical des fractures des métarpes et des métatarses. Cette étude a été faite sur 25 chiens qui présentaient des fractures où le traitement chirurgical était recommandé selon les critères décrits précédemment. Le choix du traitement (chirurgical ou conservateur) était celui du propriétaire et n'a pas été choisi en fonction de ces critères. Dans cette étude, 16 chiens ont alors été traités conservativement par un pansement Robert Jones avec attelle, et 9 chiens ont été traités chirurgicalement. Le suivi a été fait entre 9 et 68 mois après le traitement. Les auteurs ont ainsi montré que les recommandations du traitement des métarpes et des métatarses, qui étaient inspirées de la médecine humaine, n'étaient pas vérifiées chez leurs patients. En effet, les résultats ne seraient pas significativement différents entre le traitement chirurgical et le traitement conservateur quel que soit le degré de déplacement, la position, la configuration de la fracture et le nombre de fractures sur la même patte. La seule différence notée entre les deux traitements est le temps de cicatrisation qui fut de 7 semaines pour le traitement conservateur et de 12 semaines pour le traitement chirurgical.

Plus récemment, Kornmayer *et al.* (2014) ont fait une étude qui a pour but d'évaluer le résultat au long terme ainsi que la validité des indications du traitement conservateur et du traitement chirurgical des fractures du métatarse et du métacarpe chez les chiens. Cette étude a pour avantage d'avoir un grand nombre de cas par rapport aux études qui ont été faites précédemment sur le même type d'os. Il s'agit d'une étude rétrospective sur 17 ans incluant 100 chiens ayant eu un suivi complet, de minimum 4 mois, clinique et radiographique.

En fonction des radiographies, les fractures ont été classées en fonction :

- de l'os touché (métarpes 1-5, métatarses 1-5),
- de la localisation (diaphyse, métaphyse ou épiphyse),
- du type de fracture (fissure, transverse, oblique, papillon, comminutive ou articulaire),
- et du degré de déplacement (grade 1 = < 50 % du diamètre de l'os ; grade 2 = 50 à 100 % ; grade 3 = 100 %).

Cette étude a aussi pris en compte le nombre d'os fracturés. En effet, 49 % des chiens ont présentés 3 ou 4 os fracturés.

En fonction de leur traitement, les patients étaient répartis en trois groupes (Groupe 1 = conservateur, Groupe 2 = chirurgical, Groupe 3 = combiné).

L'évaluation comprenait :

- les complications au cours de la période de cicatrisation,
- la radiographie finale,

- et le résultat fonctionnel.

Les résultats ont été évalués sur une moyenne de quatre ans (minimum 4 mois, maximum 14 ans) post-traumatiques. Les résultats statistiques ont montré qu'il n'y avait pas de différences significatives entre le traitement conservateur et chirurgical.

En revanche, un risque plus élevé de complications a été identifié sur les fractures traitées par chirurgie.

Ainsi ces auteurs affirment que dans l'ensemble, la plupart des fractures des métacarpes et des métatarses peuvent être traitées avec succès sans que le choix du traitement influence de manière significative le résultat. Ces résultats étant en accord avec les études faites précédemment. Cependant, il existe des critères rendant préférable un traitement conservateur ou un traitement chirurgical.

3.5.6. Résultats sur les fractures du bassin

Denny (1978) a comparé les traitements chirurgical et non chirurgical des fractures du bassin sur des chiens de différentes races de différents âges.

Dans cet article, 123 cas de fracture du bassin ont été étudiés. Parmi ces 123 cas, 30 chiens présentaient une fracture du bassin simple et 90 présentaient des fractures multiples du bassin. Les cas ont été suivis sur une période qui variait entre 1 et 5 ans après le traumatisme et des radiographies de contrôle ont été parfois faites.

Vingt-huit cas ont été traités de manière chirurgicale et 87 ont été traités de manière non chirurgicale.

Les critères qui orientés le choix d'une intervention chirurgicale des fractures du bassin, ont été caractérisés par un ou plusieurs des éléments suivants :

- fracture de l'acétabulum avec déplacement de la surface articulaire,
- fracture ipsilatérale de l'os iliaque, de l'ischium et du pubis induisant une instabilité de l'articulation de la hanche,
- déplacement marqué de fragments dans le canal pelvien,
- de multiples fractures bilatérales du bassin,
- de multiples fractures du bassin et des membres postérieurs.

Le traitement conservateur consistait en un repos strict à la maison. Les résultats de ce traitement ont été classés selon 3 sites fracturaires : les disjonctions sacro-iliaques, les fractures de l'ilium et les fractures de l'acétabulum. Ces sites fracturaires étant les plus traités chirurgicalement, une comparaison a pu être ainsi faite entre les deux méthodes de traitement.

L'auteur a précisé qu'il était difficile de faire des comparaisons précises entre les résultats des deux traitements pour des sites de fracture spécifiques en raison d'un certain nombre de facteurs variables.

Les résultats du traitement conservateur et chirurgical pour la disjonction ou de fracture sacro-iliaque étaient pratiquement identiques. Tous les animaux ont été rétablis dans un délai moyen de 6 semaines, à l'exception d'un cas appartenant au groupe traitement conservateur qui boitait légèrement

Pour les chiens ayant eu une fracture de l'ilium, la durée moyenne de boiterie après accident a été réduite par un traitement chirurgical pour une moyenne de 3 semaines par rapport à 8 semaines pour le traitement conservateur. Tous les cas chirurgicaux ont guéri complètement effectués recouvrements complets, contrairement aux chiens du groupe conservateur dont 2 cas présentaient une légère boiterie.

Pour les fractures de l'acétabulum, la période de récupération a été légèrement réduite par un traitement chirurgical pour une moyenne de 6 semaines contre 7 semaines pour un traitement conservateur. Chez les chiens traités non chirurgicalement, 46 % présentaient un certain degré de boiterie.

Certains chiens avec de multiples fractures du bassin, en particulier ceux avec un déplacement marqué des fragments iliaques ou de l'acétabulum, ont prolongé la période de repos à 6-9 mois, lorsqu'ils ont été gérés de façon conservatrice. Cette période a été fortement réduite par un traitement chirurgical avec une moyenne de 6 semaines.

En conclusion, la majorité des chiens avec des fractures du bassin ont récupéré avec un traitement conservateur. Cependant, la période de récupération peut être réduite par un traitement chirurgical en particulier chez les chiens présentant de multiples fractures bilatérales, les chiens présentant des fractures de l'ilium, des fractures de l'os iliaque associées avec des fractures du pubis ipsilatéral et l'ischium, et dans une moindre mesure les chiens présentant des fractures de l'acétabulum.

Dans l'étude de Hill (1977) sur les fractures des os du chat, les cas ayant eu une fracture du bassin ont eu pour traitement une cagéothérapie de 3 semaines.

Une vingtaine de cas, qui présentaient de multiples fractures et/ou une fracture comminutive du bassin sans lésions importantes des tissus mous, ont montré une amélioration et étaient en mesure de se déplacer après 7 jours de traitement.

Les chats présentant une fracture ou une disjonction sacro-coccygienne accompagnée d'une fracture du bassin ont présenté des complications : paralysie motrice de la queue, douleur à la palpation caudale de la colonne vertébrale et incontinence urinaire.

Ainsi, l'auteur recommande un traitement chirurgical si la douleur persiste, s'il y a un déplacement sévère d'un fragment, s'il y a obstruction de la cavité pelvienne et si le traitement conservateur échoue.

DEUXIÈME PARTIE : ÉTUDE RÉTROSPECTIVE SUR 52 CAS TRAITÉS CONSERVATIVEMENT À L'ENVA ENTRE SEPTEMBRE 2009 ET JUILLET 2013

1. MATERIEL ET METHODES

1.1. Matériel

La population cible est constituée des chiens et des chats ayant eu des fractures traitées de manière non chirurgicale au CHUVA, entre septembre 2009 et juillet 2013 et qui satisfaisaient les critères d'inclusion ci-dessous. Les dossiers médicaux et les radiographies ont été récupérés à partir de la base de données CLOVIS.

1.1.1. Critères d'inclusion et d'exclusion

Parmi cette population cible, les animaux ont été inclus dans l'étude s'ils présentaient les critères suivant :

- une ou plusieurs fractures du squelette appendiculaire,
- un diagnostic confirmé par des radiographies des os concernés,
- des commémoratifs complets,
- au moins un contrôle avec des radiographies de suivi faites au CHUVA.

Les dossiers médicaux dans lesquels des informations ou des radiographies étaient manquantes, ont été exclus de l'étude.

1.1.2. Critères épidémiologiques

Les animaux inclus dans l'étude ont été présentés au CHUVA de manière spontanée ou ont été référés par leur vétérinaire traitant au CHUVA.

Le diagnostic de fracture d'un ou de plusieurs membres du squelette appendiculaire a été fait par deux radiographies orthogonales du ou des membres concernés. Ces radiographies ont été faites soit chez le vétérinaire traitant, soit au CHUVA. Suite à ce diagnostic, les propriétaires ont fait le choix, avec l'aide du vétérinaire, d'un traitement non chirurgical pour leur animal.

Le logiciel informatique CLOVIS du CHUVA a permis de relever :

- l'espèce, la race, le sexe, la date de naissance, le poids de l'animal au moment du diagnostic s'il a été renseigné,
- l'origine et la date du traumatisme ayant entraîné la ou les fractures,
- la date du diagnostic,

- les radiographies au moment du diagnostic,
- le traitement non chirurgical effectué,
- les consultations et les radiographies de suivi.

1.2. Méthode

1.2.1. Classification des fractures

A partir des radiographies faites au moment du diagnostic, les fractures ont été classées en fonction de :

- **l'os fracturé** : scapula, humérus, radius, ulna, carpe, métacarpe (1 à 5), fémur, tibia, fibula, tarse, métatarses, phalanges et bassin,
- **la localisation de la fracture sur l'os** : proximal, diaphysaire et distale ;
- **le type de fracture** : transverse, oblique, spiroïde, esquilleuse, comminutive et articulaire,
- **et le degré de déplacement** inspiré de l'article de Kornmayer *et al.* (2014) : grade 1 = < 50 % du diamètre de l'os, grade 2 = 50-100 % et grade 3 = > 100 %.

1.2.2. Les méthodes de suivi

1.2.2.1. Suivi des cas à court terme

Après la mise en place du traitement non chirurgical, les animaux ont été réexaminés, la plupart du temps plusieurs fois, au CHUVA. Dans le cadre de cette étude, les examens orthopédiques et les radiographies faits lors de ces contrôles ont été étudiés enfin de suivre l'évolution de la ou des fractures.

Les complications suite au traitement ont pu être aussi relevées.

1.2.2.2. Suivi des cas au long terme

1.2.2.2.1. Suivi téléphonique

Tous les propriétaires des animaux, dont le dossier médical était complet, ont été contactés par téléphone. Il a alors été proposé aux propriétaires, qui ont répondu, de venir au CHUVA avec leur animal pour réaliser un examen orthopédique ainsi que des radiographies de contrôle de l'ancien membre fracturé.

Les propriétaires, n'ayant pas pu revenir au CHUVA pour faire cette visite de contrôle, ont répondu à un questionnaire téléphonique.

Annexe 1. Questionnaire téléphonique

Ce questionnaire a permis d'évaluer le respect des consignes de repos sur leur animal, l'évaluation d'une éventuelle boiterie ou complication du traitement, l'assiduité des propriétaires aux contrôles demandés par leur vétérinaire ainsi que la satisfaction du propriétaire. Les propriétaires ont ainsi jugé le résultat selon les critères suivant :

- **excellent** : pas de boiterie, pas de douleurs, pas de complications, pas de déformations du membre, aucune gêne de l'animal,
- **satisfaisant** : pas de boiterie ou légère boiterie, pas de douleur, légère déformation, légère gêne de l'animal,
- **insatisfaisant** : reprise chirurgicale nécessaire, boiterie très prononcée, douleur, gêne de l'animal au quotidien.

1.2.2.2. Rendez-vous de contrôle dans le cadre de l'étude

Les propriétaires, qui ont accepté de réaliser un rendez-vous de contrôle ont amené leur animal au CHUVA où j'ai réalisé un examen orthopédique et des radiographies de contrôle de l'ancien membre fracturé.

Toutes les radiographies sont réalisées dans les mêmes conditions sous deux incidences orthogonales : crânio-caudale et médio-latérale. Le matériel radiographique est identique pour tous les animaux, les constantes radiographiques sont définies par mesure de l'épaisseur du membre de face et de profil à l'aide d'une réglette graduée. Aucun animal n'a subi d'anesthésie générale. Une comparaison avec l'autre membre sain n'a pas été effectuée par manque de moyen financier pour cette étude.

Lors de ce rendez-vous, les propriétaires ont répondu au même questionnaire.

1.2.3. Evaluation finale

La réussite du traitement conservateur et la cicatrisation osseuse de la fracture ont été évaluées par :

- le dernier examen orthopédique et les dernières radiographies disponibles sur la base de données CLOVIS,
- le questionnaire, pour les propriétaires qui ont répondu au téléphone ou qui sont venus au rendez-vous de contrôle,
- l'examen orthopédique et les radiographies fait lors du rendez-vous de contrôle réalisé pour cette étude, si les propriétaires ont pu se libérer.

Les complications ont été évaluées suivant :

- la présence ou non de boiterie,
- les signes de complications visibles sur les radiographies : pseudarthrose, cal vicieux, retard de consolidation et arthrose.

L'évaluation finale se fera uniquement sur une description qualitative et non sur une analyse statistique. En effet, les groupes étaient trop hétérogènes.

1.2.4. Le CD-Rom

Le CD-Rom contient :

- la liste des cas dans un fichier Excel,
- les radiographies de tous les cas,
- l'analyse des radiographies de suivi des animaux ayant eu un contrôle radiographique dans le cadre de notre étude,
- les questionnaires de tous les propriétaires, téléphonique ou non.

Dans le fichier Excel, les 56 fractures ont été classées en deux tableaux (un tableau pour les chiens et un tableau pour les chats) suivant la classification décrites dans le paragraphe 1.2.1.

Pour chaque cas, un code leur a été attribué :

- les deux premières lettres correspondent à l'espèce : CN pour chien et CT pour chat,
- le chiffre qui suit correspond au numéro du cas (de 1 à 31 chez les chiens, de 1 à 21 chez les chats) ;
- une dernière lettre est attribué pour les cas ayant pu être contacté : Q si un questionnaire téléphonique a été fait, R si une radiographie de contrôle a été faite. Les animaux n'ayant pas pu être contacté n'ont pas de lettre supplémentaire.

Par exemple :

- pour Flash qui est le 1^{er} cas du tableau des chiens et qui a eu une radiographie de contrôle, le code sera : CN1R,
- pour Nina, le 21^{ème} cas des chats n'ayant pas pu être contacté, son code est CT21.

De plus, pour chaque cas dans le tableau Excel, en cliquant (clique gauche de la souris) sur le nom de l'animal, ses radios apparaissent.

Et pour les cas ayant pu être contactés, si un questionnaire téléphonique a été réalisé, il apparaît en cliquant sur « questionnaire téléphonique » dans la colonne « questionnaire téléphonique ou radiographie de suivi. De même, si une radiographie de suivi a été réalisée il suffit de cliquer sur « radiographie de suivi » dans cette même colonne et un fichier word apparaît avec l'analyse de toutes les radiographies.

Enfin, le suivi des animaux a été fait en jours. J0 correspond au jour où la fracture est apparue, J+15 jours correspond à 15 jours après l'apparition de la fracture.

2. RESULTATS

2.1. Description des animaux

Soixante-dix-neuf fractures de l'appareil appendiculaire, chez 45 chiens et 29 chats, ont été traitées de manière non chirurgicale à l'ENVA. Parmi celles-ci, **56 fractures respectent les critères d'inclusions** (31 chiens, représentant 31 fractures et 21 chats, représentant 25 fractures).

Tous les cas avec leur historique et leurs radiographies ont été classés dans un tableau qui se trouve dans le CDrom joint avec la thèse manuscrite.

L'annexe 2 représente le tableau récapitulatif des fractures étudiées chez les chiens et l'annexe 3 représente celui des chats.

Annexe 2. Récapitulatifs des fractures étudiées chez les chiens.

Annexe 3. Récapitulatifs des fractures étudiées chez les chats.

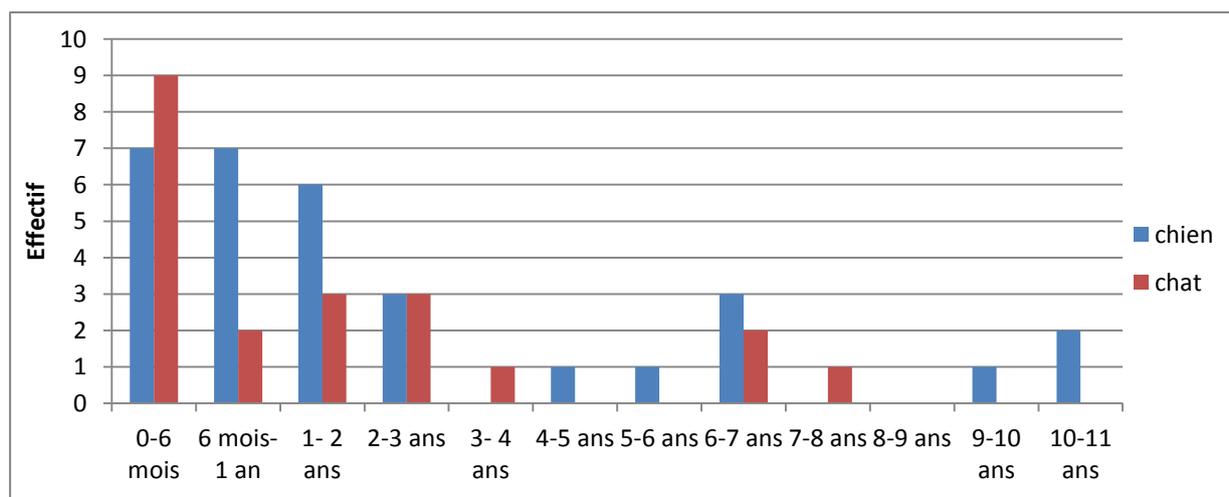
2.1.1. Âge des animaux

L'âge médian des chiens est de 1 an et 4 mois (les âges des chiens variant de 1 mois et 7 jours à 14 ans et 9 mois).

L'âge médian des chats est de 10 mois et 3 semaines (l'âge des chats variant de 1 mois et 3 semaines à 10 ans et 3 semaines).

La figure 18 montre la répartition des animaux en fonction de leur âge.

Figure 18. Répartition des animaux en fonction de leur âge.



Quarante-cinq pourcents des chiens ayant eu une fracture traitée de manière non chirurgicale avaient moins d'un an quand le traitement a été mis en place et 39 % des chats ayant eu une fracture traitée de manière non chirurgicale avaient moins de 6 mois lorsque le traitement a été mis en place.

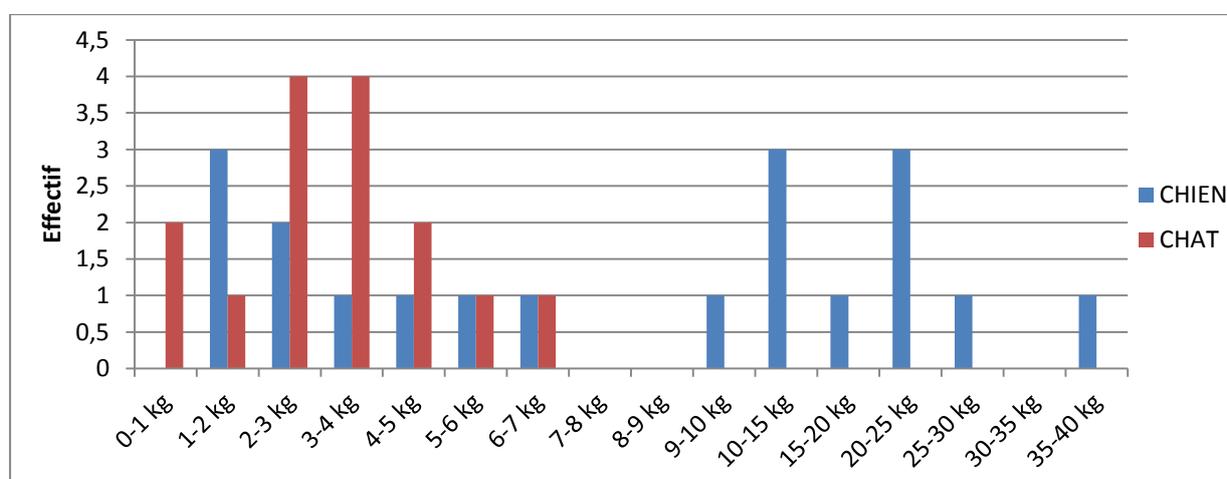
2.1.2. Poids et taille des animaux

Le poids médian des chiens est de 10kg (le poids variant de 1,7 à 36kg).

Le poids médian des chats est de 3kg (le poids variant de 0,5 à 7,5 kg).

Le poids des animaux est un élément d'information qu'il manquait souvent dans les dossiers CLOVIS. La répartition des poids des animaux dont on avait cette information est illustrée par la figure 19.

Figure 19. Répartition des animaux en fonction de leur poids.



Six chiens de race « toy » ont présenté une fracture traitée de manière non chirurgicale. Leur résultat se trouve dans le tableau 1.

Tableau 1. Liste des résultats des races toy

Nom et code de l'animal	Race	Age	Os fracturé	Résultat
Tango CN4	Pinsher	9 mois 15 jours	Radius/ulna	satisfaisant : retard de consolidation, cal vicieux
Hope, CN8R	Spitz nain	8 mois	Radius/ulna	Insatisfaisant : cal vicieux, boiterie sans appui intermittente
Fosty, CN6Q	Spitz nain	8 mois 8 jours	Radius/ulna	Insatisfaisant : reprise chirurgicale
Boss, CN13R	Chihuahua	10 mois 21 jours	Radius	Excellent
Lola, CN21	Spitz nain	3 mois 15 jours	1 Métatarse	Excellent
Bercy, CN31R	Caniche nain	1 an 10 mois	Bassin	Excellent

2.2. Description des fractures

2.2.1. Délai de prise en charge de la fracture à l'ENVA après l'apparition du traumatisme

Le temps entre le traumatisme et la prise en charge des animaux au CHUVA est en moyenne de 5 jours chez les chiens (entre 0 et 90 jours) et 6 jours chez les chats (entre 0 et 30 jours).

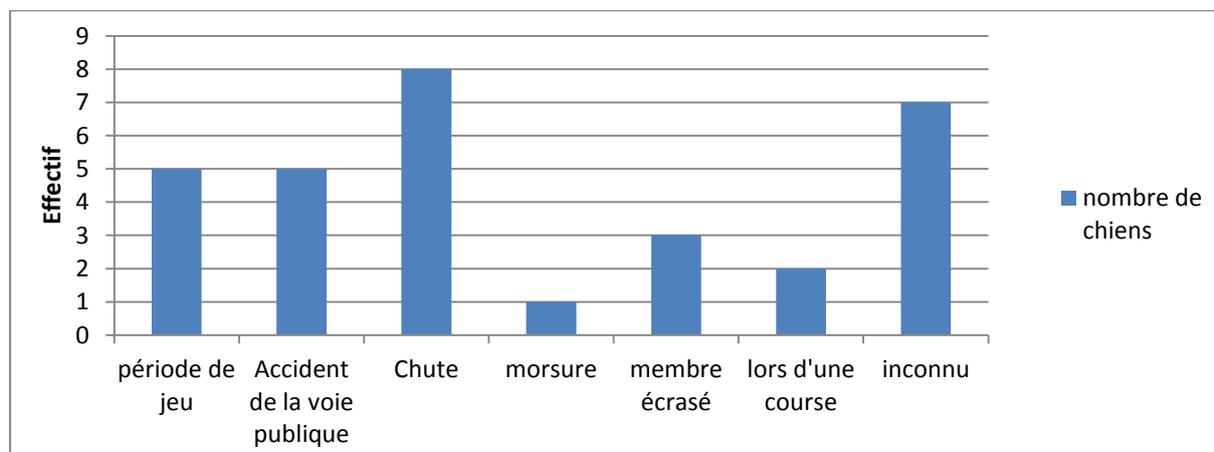
De plus, 22 animaux, soit 42 %, ont d'abord été traités par leur vétérinaire traitant avant d'être pris en charge au CHUVA.

2.2.2. Causes des fractures

Chez le chien, les causes les plus fréquentes de traumatismes sont les chutes depuis les bras des propriétaires ou dans un escalier, les accidents de la voie publique, suite à une période de jeu, une morsure, après une course ou encore des causes inconnues, les propriétaires n'étant pas présents lors de l'accident.

La répartition des origines des fractures des chiens et des chats est illustrée par les figures 20 et 21.

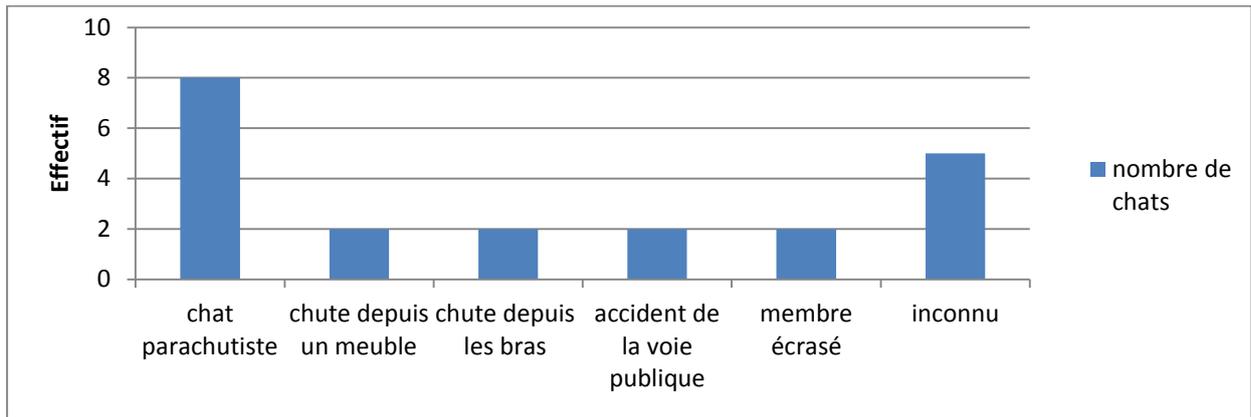
Figure 20. Origine des fractures chez les chiens.



Chez les chats, la cause principale de fracture est la chute depuis un étage d'immeuble Les autres causes sont :

- d'autres chutes comme par exemple une chute depuis les bras du propriétaire,
- les accidents de la voie publique,
- le membre écrasé par un cheval ou un objet lourd,
- ou une cause inconnue suite à une fugue.

Figure 21. Origine des fractures chez les chats.



2.2.3. Os fracturés traités conservativement

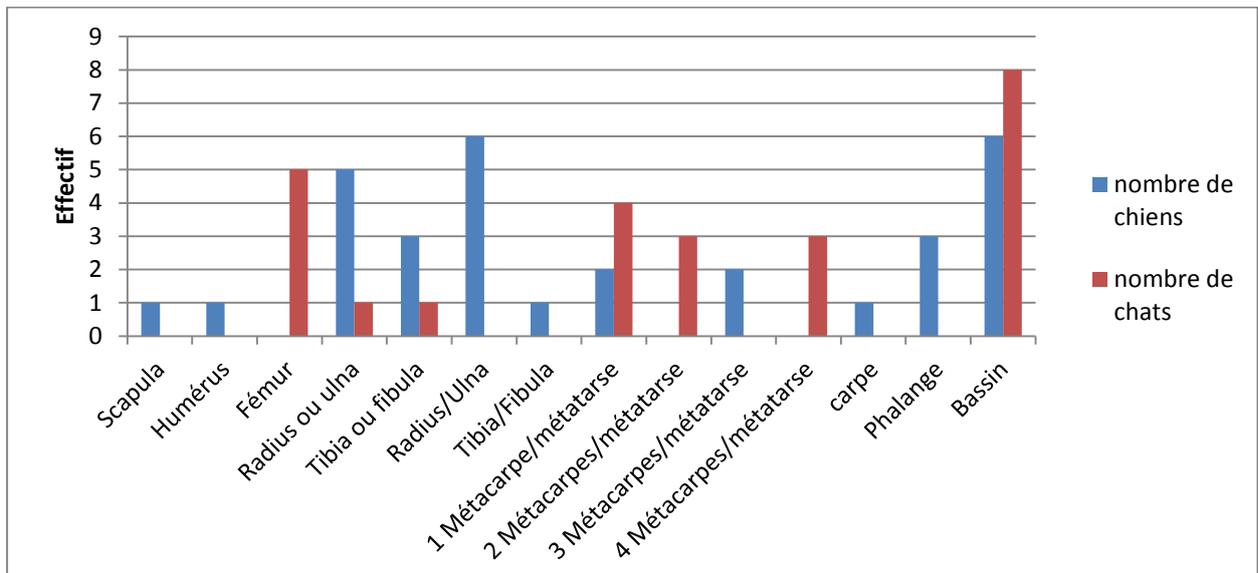
Les fractures du bassin sont les fractures les plus traitées conservativement chez les chiens (6 cas) et chez les chats (8 cas).

Chez les chiens, 6 fractures du radius et de l’ulna et 5 fractures du radius ou de l’ulna ont été traitées conservativement. Mais chez les chats, seulement une fracture du radius a été incluse dans l’étude.

Par contre, 5 fractures du fémur ont été traitées conservativement chez les chats, et aucune chez les chiens.

La figure 22 illustre les effectifs des fractures traitées conservativement pour chaque os.

Figure 22. Os fracturés traités conservativement chez les chiens et les chats



Parmi les 52 cas traités conservativement, 5 chat présentaient une fractures du fémur et un chien avait une fracture de l’humérus. Le tableau 2 liste ces cas avec leur résultat de cicatrisation osseuse.

Trois de ces 6 cas ont eu un résultat excellent, 1 résultat était satisfaisant et 2 cas avaient un résultat insatisfaisant dont un cas qui a dû avoir une reprise chirurgicale. Tous les animaux ayant eu un résultat excellent étaient âgés de moins de 6 mois.

Tableau 2. Liste des cas ayant eu une fracture de l'humérus ou du fémur traitée conservativement.

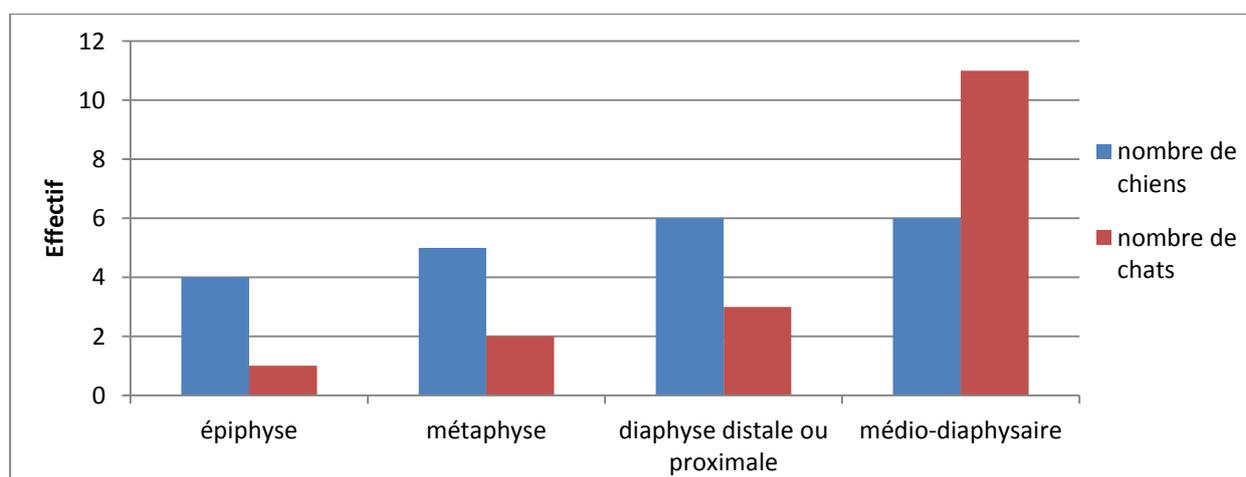
Nom et code de l'animal	Age	Os fracturé	Degré de déplacement	Résultat de la cicatrisation osseuse
Chanel CN2	1 an 9 mois	Humérus	Grade 3	Insatisfaisant à 39 jours de cicatrisation
Mozart CT7	4 mois 25 jours	Fémur	Grade 3	Insatisfaisant : reprise chirurgicale
Missi CT8	3 mois 11 jours	Fémur	Grade 2	Excellent
Tigrou CT9Q	4 mois 21 jours	Fémur	Grade 2	Excellent
Bonnie CT10R	1 mois 27 jours	Fémur	Grade 2	Satisfaisant : arthrose importante
Galopin CT11R	1 mois 21 jours	Fémur	Grade 2	Excellent

2.2.4. Localisation des fractures

2.2.4.1. Localisation des fractures des os longs

Les fractures des os longs traitées de manière conservatrice sont pour la majorité diaphysaires, que ce soit pour les chiens ou les chats. La figure 23 illustre les différentes localisations des fractures des os longs traitées conservativement.

Figure 23. Localisation des fractures des os long traitées conservativement.



Le tableau 3 présente les résultats des fractures épiphysaires, ce type de fracture ayant été décrit dans la littérature comme pas favorable à un traitement non chirurgical.

Tableau 3. Résultats des fractures épiphysaires ayant été traitées de manière non chirurgicale.

Nom et code de l'animal	Localisation de la fracture	Degré de déplacement	Résultat
Chanel CN2	Condyle externe de l'humérus	Grade 3	Insatisfaisant : retard de consolidation et pseudarthrose à J+92 jours
Baghera CN9	Processus styloïde de l'ulna	Grade 1	Excellent
Pagaille CN11Q	Processus styloïde de l'ulna	Grade 2	Excellent
Frimousse CN12Q	Salter Harris 1 épiphyse distale du radius	Grade 1	Satisfaisant : boiterie intermittente avec appui
Bonnie CT10R	Salter Harris 1 tête fémoral proximale	Grade 2	Satisfaisant : arthrose importante sans boiterie associée

2.2.4.2. Localisation des fractures du bassin

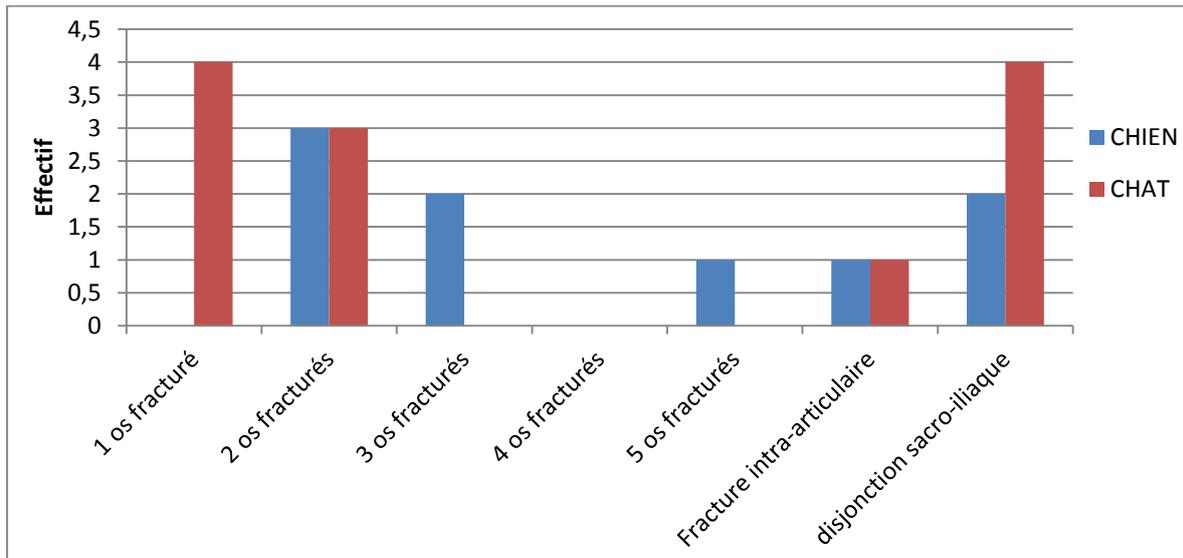
Les fractures du bassin peuvent être localisées :

- sur l'ilium,
- sur l'ischium,
- sur le pubis,
- sur la cavité acétabulaire.

De plus, une disjonction sacro-iliaque peut être observée.

La figure 24 illustre les fractures du bassin chez les chiens et les chats, elles ont été classées suivant si le bassin présente 1, 2, 3, 4, ou 5 os fracturés. Les disjonctions sacro-iliaques ont été également classées.

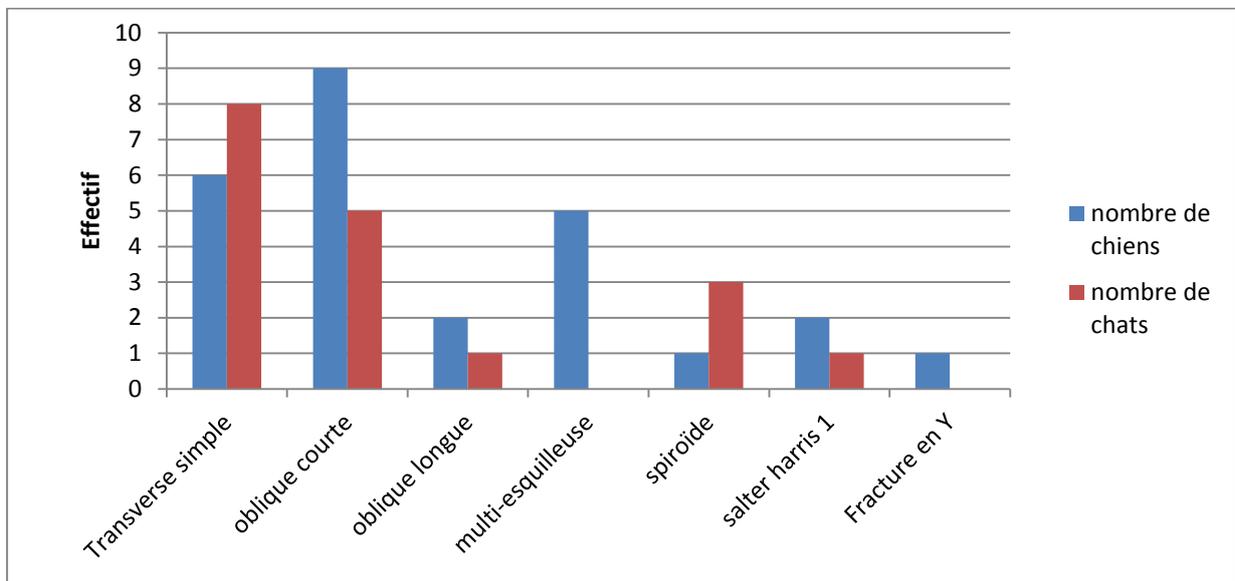
Figure 24. Nombre d'os fracturés du bassin des chiens et des chats



2.2.5. Type de fracture

Parmi les 43 fractures des os longs traitées de manière non chirurgicale, 11 sont des fractures transverses simples, soit 25 %, et 17 sont des fractures obliques courtes, soit 39 %. Cinq fractures multi-esquilleuses, soit 11 % des fractures, ont été traitées conservativement. La figure 25 représente les types de fractures des os longs.

Figure 25. Types de fractures traitées conservativement chez les chiens et les chats, pour les os longs.



Sur les 14 fractures obliques courtes, 9 cas ont eu un résultat excellent, 2 cas insatisfaisant, et 3 cas insatisfaisant.

Sur les 3 fractures obliques longues, 2 résultats étaient excellents et 1 seul cas était satisfaisant.

Les fractures spiroïdes ont toutes eu un résultat excellent.

Les fractures du bassin ne seront pas étudiées avec les fractures des os longs. Le bassin pouvant être fracturé à plusieurs endroits, comme nous venons de le voir dans le paragraphe précédent, nous étudierons les fractures du bassin en fonction du nombre d'os fracturé.

2.2.6. Degré de déplacement des fractures

Douze animaux, soit 21 % des cas, ont eu un traitement conservateur alors qu'il présentait un degré de déplacement de grade 3. Les résultats sont les suivants :

- quatre résultats excellents,
- un résultat satisfaisant,
- deux résultats insatisfaisants.

2.2.7. Fractures concomitantes

Cinq chats et un chien ont eu plusieurs fractures sur des os différents. Soit toutes les fractures ont été traitées conservativement, soit une fracture a été traitée chirurgicalement. Le tableau 4 décrit ces cas.

Tableau 4. Liste des cas ayant eu plusieurs fractures concomitantes

Nom et code de l'animal	1^{ère} fracture traitée conservativement	2^{ème} fracture concomitante traitée conservativement	Fracture concomitante traitée chirurgicalement
LILITH CT1Q	Radius gauche	Métacarpes gauches	
POTUS CT3	Métacarpes gauches	Métacarpes droits	Fémur gauche
FELIX CT4	Métacarpes	Bassin	Fémur gauche
TIGROU CT9Q	Fémur	Bassin	
MISSI CT8	Fémur	Bassin	
BLACK CN28Q	Bassin	Fémur droit non inclus dans l'étude	Col du fémur gauche

Les animaux présentant des fractures concomitantes ont des résultats excellents pour 5 d'entre eux. Seul POTUS CT3 a eu un résultat satisfaisant.

2.3. Les traitements non chirurgicaux effectués

2.3.1. Les traitements prescrits

Sur les 32 fractures du radius et de l'ulna, du tibia et de la fibula, des métacarpes et des métatarses, des carpes et des phalanges, 28 fractures, soit 87 %, ont eu un pansement Robert Jones, modifié avec attelle ou non, comme traitement conservateur.

Pour les fractures du fémur et du bassin, elles ont toutes été traitées sans pansement, et pour la plupart par une cagéo thérapie. Seul un chat (MOZART CT7), qui présentait une fracture du fémur, a été traité avec un pansement rigide ; c'est la seule fracture du fémur qui a du être reprise chirurgicalement.

Les figures 26 et 27 illustrent respectivement les différents traitements conservateurs chez les chiens et chez les chats, en fonction de l'os concerné.

Les consignes données aux propriétaires étaient :

- **pansement Robert Jones** : contrôle du pansement chaque semaine, réfection du pansement si les doigts sont gonflés ou si les doigts présentent des lésions d'irritation, garder le pansement au sec et limiter les mouvements de l'animal au maximum ;
- **cagéo thérapie** : confiner l'animal dans un espace restreint (caisse de transport, vari kennel, parc à bébé...) ;
- **repos** : pour les chats pas de sorties à l'extérieur, éviter les sauts et les périodes de jeu, pour les chiens sortie uniquement en laisse, porter l'animal dans les escaliers...

Figure 26. Les différents traitements conservateurs appliqués chez les chiens en fonction de l'os concerné.

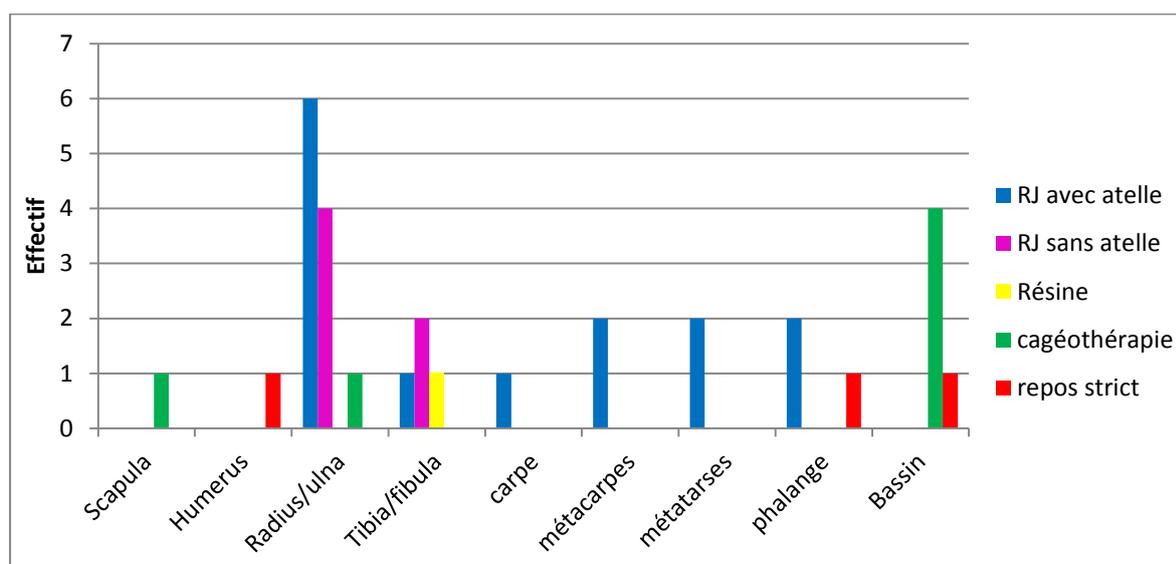
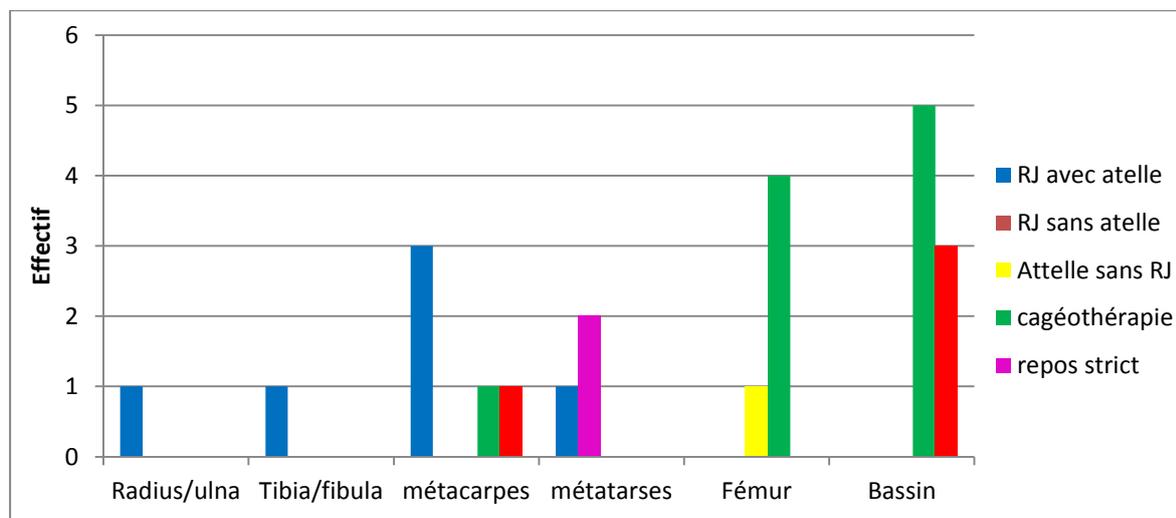


Figure 27. Les différents traitements conservateurs appliqués chez les chats en fonction de l'os concerné.



2.3.2. La durée des traitements conservateurs.

La durée moyenne, présentée dans le tableau 5, des différents traitements conservateurs a été variable en fonction de l'assiduité des propriétaires à la réfection des pansements et aux respects des consignes, du temps de cicatrisation des animaux et à la tolérance des animaux vis-à-vis des pansements et du repos demandé.

Les pansements Robert Jones sont laissés en place en moyenne un mois et il a été demandé aux propriétaires de les contrôler toutes les semaines. Cette consigne a été plus ou moins respecté par les propriétaires.

Tableau 5. Durées moyenne des différents traitements conservateurs chez le chat et chez le chien.

Traitement conservateur	Durée de traitement chez le chat (en jours)	Durée de traitement chez le chien (en jours)
RJ avec attelle ou sans attelle	30,3	32,4
Cagéothérapie	41,5	37
Repos strict	55	32,5

2.4. Suivis et complications

2.4.1. Durée de suivi

La durée moyenne de suivi à l'ENVA au cours de la cicatrisation des fractures est de 48,3 jours pour les chiens et 41.5 jours pour les chats.

Lors de ce suivi, des examens orthopédiques et radiographiques ont été réalisés.

La durée moyenne de suivi à long terme est de 961 jours (de 276 jours à 1 565 jours) après l'apparition de la fracture.

2.4.2. Suivis radiographiques

2.4.2.1. Lors du traitement conservateur

Les suivis radiographiques permettent de vérifier le bon déroulement de la cicatrisation osseuse avec le traitement conservateur mis en place.

Trois propriétaires des chiens et un de chat n'ont pas réalisé de suivi radiographique au CHUVA.

Quarante-deux pourcents des chiens et 56 % des chats ont eu au moins un contrôle radiographique à l'ENVA. Les chiens ont eu jusqu'à 4 contrôles radiographiques réalisés à l'ENVA alors que les chats ont eu au maximum 3 contrôles radiographiques de réalisés.

2.4.2.2. Dans le cadre de l'étude

Vingt propriétaires (15 chiens et 5 chats) ont accepté de venir avec leur animal pour réaliser un examen orthopédique et une radiographie de contrôle.

2.4.3. Questionnaires

Les propriétaires ont répondu au questionnaire soit par téléphone, soit lors de leur rendez-vous de contrôle au CHUVA.

Douze propriétaires ont répondu au questionnaire téléphonique concernant 8 chiens et 4 chats.

Tableau 6. Nombre de propriétaires ayant répondu au questionnaire chez les chats et chez les chiens.

	Questionnaire téléphonique	Questionnaire lors du rendez-vous de contrôle
Chiens	7	15
Chats	4	5

2.4.3.1. Questionnaire téléphonique

Sur les 11 questionnaires téléphoniques :

- cinq propriétaires n'ont pas respecté les consignes du traitement : soit leur animal ne supportait pas la cagéo-thérapie, soit les contrôles des pansements n'ont pas été régulièrement faits ;
- trois animaux présentent une boiterie permanente ;
- trois propriétaires ont rapporté des complications : un animal a dû avoir une reprise chirurgicale car une nouvelle fracture est survenue sur le même os traité conservativement, les deux autres animaux présentant une complication avaient eu des plaies d'irritation suite au pansement Robert Jones.

Les propriétaires ont jugé le résultat excellent pour 10 cas, satisfaisant pour 2 cas et insatisfaisant pour 1 cas (FRIMOUSSE CN12Q) qui s'est refacturé son membre au niveau du cal de fracture formé, un mois après la fin du traitement conservateur.

2.4.3.2. Questionnaire en présence des propriétaires

Lors du rendez-vous de contrôle radiographique réalisé pour l'étude, les 20 propriétaires ont répondu au questionnaire.

Sur les 20 questionnaires, il en est ressorti :

- **huit** propriétaires n'ont pas respecté les consignes données ;
- **cinq** propriétaires ont rapportés une boiterie à long terme ;
- **trois** propriétaires ont rapportés des complications en dehors des boiteries : un animal a présenté des plaies d'irritation du au pansement Robert Jones, et deux autres propriétaires ont rapportés une déformation du membre.

Pour les propriétaires, le résultat du traitement était :

- **excellent** pour 18 cas des animaux ayant eu un contrôle radiographique,
- **satisfaisant** pour 2 cas.

2.4.4. Délai de cicatrisation

Le délai de cicatrisation est difficile à définir puisque dans la plupart des cas, les propriétaires ont arrêté le suivi alors que la cicatrisation osseuse n'était pas encore terminée, à l'exception de quelques cas. De plus, lorsqu'il y a eu le rendez-vous de contrôle dans le cadre de l'étude la cicatrisation était toujours complète.

De plus comme nous l'avons vu, la cicatrisation osseuse dépend de plusieurs paramètres, notamment l'âge de l'animal et le degré de déplacement des abouts osseux.

Les tableaux 7 et 8 classe les animaux ayant eu cal osseux unifiant les corticales et les animaux ayant eu une cicatrisation complète radiographiquement lors de la dernière radiographie de contrôle réalisée au CHUVA.

Deux chiens (PAGAILLE CN11Q et TAJINE CN24) n'ont pas eu de cicatrisation radiographiquement visible à plus de 60 jours. Ils avaient tous les deux plus de 10 ans.

Tableau 7. Animaux ayant une cicatrisation en cours avec un cal osseux avec pontage des corticales lors de leur dernière radiographie de contrôle pendant la période de traitement.

Nom et code de l'animal	Os fracturé	Age	Degré de déplacement	Cal osseux avec pontage des corticales
HOPE CN8R	Radius/ulna	8 mois	Grade 3	30 jours
BOSS CN13R	Radius	10 mois 21 jours	Grade 1	46 jours
CELESTINE CN14	Carpe	2 ans 9 mois	Grade 1	145 jours
EMMY CN15	Métacarpes	4 mois	Grade 2	29 jours
KELLY CN16R	Métacarpes	2 mois	Grade 1	26 jours
FELIX CN20	Tibia	7 mois	Grade 1	18 jours
VICK CN24	Métatarse	6 ans 7 mois	Grade 1	44 jours
GLEN MARA DIM UP CN25R	Phalange	2 ans 7 mois	Grade 1	72 jours
BLACK CN28Q	Bassin	8 mois	Grade 1 à 2	33 jours
FARAH CN30R	Bassin	1 an 6 mois	Grade 2	77 jours
LILITH CT1Q	Radius	2 ans	Grade 1	60 jours
GALILEE CT2	Métacarpe	1 an 8 mois	Grade 3	43 jours
POTUS CT3	Métacarpe	7 ans 2 mois	Grade 2 à 3	52 jours
CLASH CT5	Métacarpe	4 mois 14 jours	Grade 1	27 jours
BONNIE CT10R	Fémur	1 mois 27 jours	Grade 2	40 jours
FANTASME CT12R	Tibia	3 mois 3 semaines	Grade 1	24 jours
BOB CT14	Métatarses	6 ans 8 mois	Grade 2	39 jours
GRELOT CT17Q	Bassin	1 an 1 mois	Grade 1	37 jours
FELIX CT4	Bassin	4 mois 2 semaines	Grade 1	77 jours
THOMAS CT20	Bassin	5 mois 20 jours	Grade 1	34 jours
NINA CT21	Bassin	2 ans 5 mois	Grade 2	50 jours

Un cal osseux, sans pontage des corticales, montre que le processus de cicatrisation est en cours. **La moyenne du temps au bout duquel un cal osseux sans pontage des corticales est observable est de 34,4 jours.**

Trois cas (BAYA CN5R, SHAYNA CN19, ROCKY CN20Q) ont eu ce cal visible à moins de 20 jours. Ces derniers avaient un an ou moins d'un an, et le degré de déplacement de leur fracture était compris entre le grade 1 et le grade 3. Leur jeune âge est probablement responsable d'une mise en place rapide d'un cal osseux.

Un cal osseux, avec pontage des corticales, montre que le processus de cicatrisation suit une bonne évolution et que la fracture est stable. **La moyenne du temps au bout duquel ce cal est observable est de 47,8 jours.**

Les cas qui ont eu ce type de cal avant 30 jours (HOPE CN8R, EMMY CN15, KELLY CN16R, CLASH CT5, FANTASME CT12R) avaient tous moins de 8 mois. Par contre le degré de déplacement de leur fracture variait entre le grade 1 et le grade 3. Ainsi, le fait que les animaux aient moins d'un an favoriserait la formation rapide d'un cal osseux avec pontage des corticales.

La cicatrisation est considérée comme complète lorsque les corticales ont été pontées et que le trait de fracture n'est plus visible. **Le temps moyen où une cicatrisation complète a été observée à la dernière radiographie de contrôle est de 71,7 jours.**

Tous les cas ayant eu une cicatrisation complète avait une fracture dont le degré de déplacement était de grade 1 ou 2.

Tableau 8. Animaux ayant une cicatrisation complète lors de leur dernière radiographie de contrôle pendant la période de traitement.

Nom de l'animal	Os fracturé	Age	Degré de déplacement	Cicatrisation complète
FOSTY CN6Q	Radius	8 mois 8 jours	Grade 1	62 jours
FRIMOUSSE CN12Q	Radius	4 mois 9 jours	Grade 1	45 jours
LOLA CN21	Métatarses	3 mois 15 jours	Grade 1	11 jours
FARAH CN30R	Bassin	1 an et 6 mois	Grade 2	146 jours
FELIX CT4	Métacarpe	4 mois 2 semaines	Grade 1 à 2	48 jours
MISSI CT8	Fémur	3 mois 11 jours	Grade 2	91 jours
MISSI CT8	Bassin	3 mois 11 jours	Grade 1	90 jours
LILITH CT1Q	Métacarpe	2 ans	Grade 2	60 jours
TIGROU CT9Q	Fémur	4 mois 3 semaines	Grade 2	82 jours
TIGROU CT9Q	Bassin	4 mois 3 semaines	Grade 1 à 2	82 jours

2.4.5. Complications

2.4.5.1. Les complications suite à la mise en place d'un traitement contentif externe.

Les complications dues à la mise en place d'un pansement contentif externe Robert Jones ont été des plaies d'irritations et de macérations. Sur les 28 pansements Robert Jones mis en place, avec ou sans attelle, 10 cas ont eu des plaies d'irritation ou de macération dues au pansement, soit 35 %. Le seul cas ayant eu une résine comme contention externe (SHAYNA CN19) n'a pas eu de lésion associée.

2.4.5.2. Les complications de la cicatrisation osseuse

Comme nous l'avons vu dans le paragraphe 2.4 de la première partie, des complications de la cicatrisation osseuse peuvent survenir lorsqu'une fracture est mal stabilisée, qu'une infection se développe ou lorsque la vascularisation des fragments osseux est altérée.

Le tableau 9 répertorie les différentes complications de la cicatrisation osseuse observées dans notre étude.

2.4.6. Résultats qualitatifs

Parmi les 20 cas ayant eu un examen orthopédique et des radiographies de contrôle, nous avons constaté que le résultat du traitement conservateur était excellent pour 14 cas (70 %), satisfaisant pour 5 cas et insatisfaisant pour 1 cas.

En ce qui concerne le résultat estimé suite au questionnaire téléphonique (11 cas), le résultat était :

- excellent pour 9 cas ayant répondu au questionnaire téléphonique,
- satisfaisant pour 1 cas, ce dernier présentant une boiterie avec appui,
- insatisfaisant pour 1 cas qui s'était refacteuré son membre au même endroit 1 mois après la fin du traitement, et dont une reprise chirurgicale avait été nécessaire.

Pour les 21 cas dont nous n'avons pas eu de nouvelles et donc dont nous ne savons pas l'évolution de la cicatrisation osseuse, le résultat qualitatif correspond au résultat de la cicatrisation au dernier contrôle fait à l'ENVA. Ainsi ce résultat était :

- excellent chez 12 cas, soit 57 % des cas,
- satisfaisant chez 7 cas,
- insatisfaisant chez 2 cas.

Tableau 9. Listes des cas ayant eu une complication de la cicatrisation osseuse

Nom et code de l'animal	Os fracturé	Age	Degré de déplacement	Complication de la cicatrisation	Résultat
FLASH CN1R	Scapula	6 mois	Grade 3	Cal vicieux sans boiterie associée	Excellent
CHANEL CN2	Humérus	1 an 9 mois	Grade 3	Retard de consolidation	Insatisfaisant
TANGO CN4	Radius/ulna	9 mois 15 jours	Grade 2	Retard de consolidation et cal vicieux	
FOSTY CN6Q	Radius/Ulna	8 mois 8 jours	Grade 1	Nouvelle fracture 1 mois après la fin de la cicatrisation osseuse.	Satisfaisant
HOPE CN8R	Radius/Ulna	8 mois	Grade 3	Cal vicieux important avec boiterie associée	Insatisfaisant
FRIMOUSSE CN12Q	Radius	4 mois 9 jours	Grade 1	Boiterie avec appui intermittente	Satisfaisant
HASKO CN17R	Tibia/Fibula	7 mois 15 jours	Grade 1	Cal vicieux	Satisfaisant
SHAYNA CN19	Tibia	1 an	Grade 2	Début de pseudarthrose	Satisfaisant
TAJINE CN24	Phalange doigt 4	10 ans 5 mois	Grade 1	Retard de consolidation	Satisfaisant
GLEN MARA DIM UP CN25R	Phalange doigt 3	2 ans 7 mois	Grade 2	Cal vicieux	Excellent
HARMONIE CN26Q	Bassin	5ans 4 mois	Grade 3	Pseudarthrose	Excellent
CACHOU CN27R	Bassin	2 ans 5 mois	Grade 2 à 3	Pseudarthrose	Satisfaisant
FARAH CN30R	Bassin	1 an 6 mois	Grade 2	Arthrose de l'articulation coxo-fémoral D	Satisfaisant
POTUS CT3	2 Métacarpes D 1 Métacarpe G	7 ans 2 mois	Grade 2 à 3	Cal vicieux	Satisfaisant
CLASH CT5	4 Métacarpes	4 mois 14 jours	Grade 1	Début de cal vicieux	Satisfaisant
MOZART CT7	Fémur	4 mois 25 jours	Grade 3	Absence de cicatrisation osseuse à J+30 jours	Insatisfaisant
BONNIE CT10R	Fémur	1 mois 27 jours	Grade 2	Arthrose de l'articulation coxo-fémoral G	Excellent
BOB CT14	1 Métatarse	6 ans 8 mois	Grade 2	Cal vicieux	Satisfaisant
LOCA CT15R	4 Métatarses	6 ans 2 mois	Grade 2 à 3	Cal vicieux et pseudarthrose hypertrophique	Satisfaisant
BAROUCH CT16	4 Métatarses	10 mois 22 jours	Grade 2 à 3	Cal vicieux	Satisfaisant

3. DISCUSSION

Sur les 52 cas traités conservativement, nous avons pu contrôler 20 cas radiographiquement après une moyenne de 958 jours (de 283 jours à 1 565 jours) après la date d'apparition de la fracture. Et 11 propriétaires ont répondu aux questionnaires téléphoniques après une moyenne de 969 jours (de 278 jours à 2 544 jours) après la date de l'apparition de la fracture.

3.1. Analyse des matériels et méthodes

Etant donné le caractère rétrospectif de notre étude, il était important de définir des critères d'inclusion stricts pour que l'étude soit la plus précise possible.

Le caractère rétrospectif de cette étude apporte de nombreuses limites, notamment par la perte d'information.

De plus, de nombreux propriétaires n'ont pas pu être contactés par téléphone. Ceci entraîne une réduction de 11 cas.

Notre étude donne aussi seulement des résultats qualitatifs et non statistiques, car :

- le nombre de cas pour chaque os étudié était trop faible ;
- pour tous les cas qui n'ont pas pu être contactés, les résultats sont ceux à court terme, en cours de cicatrisation ;
- la comparaison avec un groupe de contrôle de cas opéré n'a pas été faite dans notre étude.

3.2. Description des animaux

3.2.1. Influence de l'espèce

Dans notre étude, il est difficile de comparer les résultats des traitements entre les chiens et les chats. En effet, le nombre de cas et le type de fracture pour chaque os étudié n'était pas le même.

Nous pouvons néanmoins souligner que toutes les fractures du bassin (8 cas) ont eu un résultat excellent chez les chats, alors que chez les chiens 2 résultats étaient satisfaisant sur les 6 cas.

Ce résultat est en accord avec les propos de Chandler et Beale (2002) qui mentionnaient que les fractures du bassin se résolvaient très bien chez les chats par une cagéothérapie.

3.2.2. Influence de l'âge des animaux

Parmi les 52 cas, 48 % d'entre eux avaient moins d'un an lorsque le traitement non chirurgical a été mis en place. Le fait que les animaux aient été jeune au moment du traumatisme a probablement été en faveur du choix de la mise en place d'un traitement non chirurgical.

De plus, 80 % des cas ayant eu une cicatrisation complète avaient moins de 9 mois. Le temps de cicatrisation osseuse complète le plus court était 11 jours chez le chat LOLA CN22 (âgé de 3 mois et 15 jours) qui avait une fracture transverse simple incomplète très peu déplacée d'un métatarse.

Ces résultats rejoignent les idées de Weinstein et Ralphs (2004) qui affirmaient que **les dispositifs de coaptation externe n'avaient pas besoin d'être mis en place aussi longtemps chez un jeune que chez un adulte.**

Certains cas, qui avaient moins d'un an, ont montré des résultats excellents bien que l'os ou le degré de déplacement de leur fracture n'étaient pas en faveur d'un traitement conservateur. C'est le cas de GALOPIN (CT11R) qui présentait une fracture du fémur de grade 2 à 1 mois et 3 semaines. Ce dernier a présenté un excellent résultat radiographique 253 jours après sa fracture. De même MISSI (CT8) et TIGROU (CT9Q), qui avaient également une fracture du fémur et était âgé de moins de 6 mois, ont eu un résultat excellent.

FLASH (CN1R), âgé de 6 mois, a également eu un excellent résultat alors qu'il présentait une fracture de la scapula de degré de déplacement de grade 3.

Par contre, MOZART (CT17), âgé de 4 mois et 25 jours, avait une fracture du fémur de degré de déplacement de grade 3 et le résultat était insatisfaisant. C'est le seul cas de fracture du fémur qui a eu une reprise chirurgicale. Mais ce chat n'a pas eu un traitement adapté comme nous l'expliqueront dans les paragraphes suivants.

Ainsi, **les jeunes cicatrisent plus vite mais peuvent également mieux tolérer les déplacements importants**, même sur des fractures où le traitement conservateur n'était pas la meilleure solution. Ceci rejoint les idées de Decamp (1993) qui estime que les jeunes peuvent tolérer un plus grand déplacement des fragments osseux sans retard de guérison ou de pseudarthrose. Mais attention, le traitement conservateur choisit doit rester adapté au type d'os fracturé.

3.2.3. Influence de la taille et du poids des animaux

Dans notre étude, il est difficile de faire un lien entre le poids des animaux et les complications observées. En effet, le poids était indiqué chez 31 animaux, soit 59 % des cas.

Par contre, on peut mettre en évidence des complications plus importantes chez les races dites « toy » comme l'avait décrit Harasen (2003), Weinstein et Ralphs (2004).

Six chiens de race toy ont été étudiés, leur résultat se trouve dans le tableau 1.

Sur les 3 cas de fracture du radius et de l'ulna, des complications de la cicatrisation sont survenues, dont 2 résultats insuffisants. Les autres cas ont eu un résultat excellent.

Malgré le faible nombre de cas, nous retrouvons donc quasi le même résultat que Harasen (2003), soit 85 % de nos cas de race toy ayant une fracture ante-brachiale, qui a été traitée par une contention externe, présente un cal vicieux ou une pseudarthrose. **Les fractures du radius et de l'ulna chez les chiens de races « toy » devraient donc être traitées par un traitement chirurgical.**

3.3. Description des fractures

3.3.1. Influence de l'os fracturé

3.3.1.1. Fracture de l'humérus et fémur

3.3.1.1.1. Fracture de l'humérus

Le seul cas de fracture de l'humérus de notre étude, CHANEL CN2, avait 1 an et 9 mois lors de la mise en place du traitement non chirurgical.

Le résultat du traitement non chirurgical était insatisfaisant avec un retard de cicatrisation et une pseudarthrose importante. Mais la fracture était une fracture épiphysaire qui est une localisation non favorable pour un traitement conservateur.

Sachant que nous avons étudié un seul cas de fracture de l'humérus et que la localisation n'était pas favorable à ce type de traitement, nous ne pouvons pas conclure sur l'indication d'un traitement non chirurgicale sur cet os.

3.3.1.1.2. Fracture du fémur

Les 5 chats qui présentaient une fracture du fémur avaient moins de 5 mois. Quatre fracture avaient un degré de déplacement de grade 2 et une seule était de grade 3. Il semble donc que pour ces animaux, en raison de leur jeune âge, un traitement conservateur a été tenté malgré des degrés de déplacement important pour certains.

La seule fracture ayant eu un résultat insatisfaisant (MOZART CT17) a eu une contention externe avec une attelle mise en place. Or le principe d'une attelle est de stabiliser les deux articulations adjacentes à la fracture. Si ce n'est pas le cas, elle agirait comme bras de levier et au contraire ne stabilisera pas la fracture. Ce résultat pourrait donc être dû au type de traitement non chirurgical qui n'était pas adapté pour l'os concerné.

Toutes les autres fractures ont été traitées par cagéothérapie et ont eu un résultat excellent.

Chez les chats, les fractures du fémur peuvent être traitées de manière non chirurgicale, et ceux même avec un déplacement important des abouts fracturaires, si l'animal est jeune et si elles sont traitées par cagéothérapie uniquement. Ce résultat rejoint les affirmations de Niebauer (2014) , Weinstein. et Ralphs (2004).

3.3.1.2. Fracture radius/ulna et tibia/fibula

Sur les 6 cas de fracture du radius ou de l'ulna, seul 1 cas a un résultat satisfaisant, les autres ont eu un résultat excellent. Il s'agit de FRIMOUSSE (CN12Q) qui présentait un Salter Harris I de l'articulation distale du radius.

De même pour les fractures du tibia, sur les 5 cas, un seul a eu un résultat satisfaisant, les autres ayant tous eu un résultat excellent.

Parmi les 5 cas de fractures du radius/ulna, les 3 chiens ayant eu des complications étaient des chiens de race « toy ».

Un seul chien (HASKO CN17R) a eu une fracture du tibia et de la fibula traitée de manière non chirurgicale. Le résultat de son traitement était satisfaisant sachant qu'il a eu des complications de la cicatrisation osseuse (cal vicieux associé à un raccourcissement du membre), il s'agissait également d'une race « toy ».

Un traitement conservateur ne serait donc pas indiqué pour ces fractures lorsque :

- **il s'agit d'un chien de race « toy » ;**
- **il s'agit d'une fracture épiphysaire du radius ou du tibia.**

De plus quand un seul des deux os (radius ou ulna, tibia ou fibula) est fracturé, le résultat est de meilleur pronostic.

3.3.1.3. Fractures des métarpes et métatarses

Parmi les 14 fractures des métarpes et des métatarses, 5 cas (POTUS CT3, BOB CT14, CLASH CT5, LOCAS CT15R et BAROUCH CT16) ont eu un résultat satisfaisant avec des complications de la cicatrisation, en particulier des cals vicieux. Trois de ces cas présentaient une fracture sur 4 métarpes ou métatarses.

POTUS (CT3) présentait une fracture des métarpes à gauche et à droite et une fracture du coude complexe. Seul le métarpe de gauche fracturé a présenté une complication de cal vicieux.

CLASH (CT5) quant à lui présentait une fracture d'un seul métarpe mais n'a pas supporter son pansement Robert Jones qui avait été mis en place. Une cagéothérapie avait alors été prescrite mais n'avait pas été respectée par son propriétaire.

Tous les autres cas ont eu un résultat excellent.

Le nombre de cas de notre étude est plus faible que l'étude de Kornmayer *et al.* (2014) qui ont étudiés 100 cas et l'étude de Kapatkin *et al.* (2000) qui ont étudiés 25 cas. Ces auteurs ont conclu, en comparant le résultat des traitements chirurgicaux et conservateurs, qu'il n'y avait pas de différences significatives entre les résultats de ces deux traitement, quel que soit le nombre d'os fracturé, le degré de déplacement, la position et la configuration de la même patte.

Par conséquent, nous ne pouvons pas conclure sur le fait que nos 3 cas de fractures de 4 métacarpes ou métatarses ont eu des complications de cicatrisation osseuse. Il est probable qu'avec un traitement chirurgical des complications seraient aussi apparues.

3.3.1.4. Influence des fractures concomitantes

Six cas ont eu des fractures concomitantes.

Seul POTUS (CT3), qui présentait des fractures des métacarpes à gauche et à droite ainsi qu'une fracture du coude complexe traitée chirurgicalement, a eu un résultat satisfaisant avec un léger valgus de son membre droit et une boiterie avec appui permanente de degré 3 à droite 92 jours après l'apparition de sa fracture. Aucune complication n'a été observée sur les fractures des métacarpes à gauche.

Par conséquent, un animal qui présente plusieurs fractures concomitantes pourrait avoir un traitement non chirurgical sur chacune des fractures qui peut être traitée de cette manière.

3.3.2. Influence de la localisation de la fracture sur l'os

3.3.2.1. Les os longs

Les traitements conservateurs des fractures de l'épiphyse sont d'après Oakley (1999) contre-indiqués.

Parmi les 5 cas de fracture épiphysaire traités de manière non chirurgicale, deux fractures Salter Harris I (FRIMOUSSE CN12Q et BONNIE CT10R) ont eu un résultat satisfaisant. La fracture en Y du condyle externe de l'humérus (CHANEL CN2) a eu un résultat insatisfaisant.

Par contre, BAGHERA CN9 et PAGAILLE CN11Q, qui avaient une fracture du processus styloïde de l'ulna, ont eu un résultat excellent. Ceci est probablement dû au fait que le radius n'était pas fracturé chez ces 2 cas et a joué le rôle « d'attelle anatomique fonctionnelle » comme l'avait décrit Weinstein et Ralphs (2004).

Ainsi, les fractures épiphysaires devraient être traitées par un traitement chirurgical, à l'exception des fractures de l'ulna et de la fibula si, respectivement, le radius et le tibia sont intacts.

3.3.2.2. Le bassin

Parmi les 14 fractures du bassin, seulement 2 cas ont eu un résultat satisfaisant. Tous les autres cas ont eu un résultat excellent.

Ces deux cas (FARAH CN32R et CACHOU CN29R) avaient une fracture de l'acétabulum. CACHOU avait 5 os du bassin fracturés avec un degré de déplacement de grade 3. Le résultat de cachou a été jugé satisfaisant, malgré une pseudarthrose d'ampleur importante et un bassin très déformé, car l'animal se déplaçait correctement avec une légère boiterie avec appui permanente des 2 postérieurs.

Chez les chats, FELIX (CT4) a eu également une fracture de l'acétabulum ayant entraîné de l'arthrose importante au niveau de l'articulation coxo-fémorale, mais sans boiterie associée.

Les fractures acétabulaires du bassin devraient donc être reconstruites chirurgicalement, un traitement conservateur entraînerait des complications.

3.3.3. Influence du type de fracture

3.3.3.1. Fractures transverses

Parmi les 14 fractures transverses simples, il n'y a eu aucune complication chez les chiens. Par contre 3 chats ont eu des complications de la cicatrisation osseuse.

Les trois cas ayant eu des complications avaient des fractures de 4 métacarpes ou métatarses, l'autre cas avait une fracture d'un seul métatarse.

Il n'y a eu aucune complication sur les autres os.

Ainsi, les fractures transverses simples peuvent permettre la mise en place d'un traitement conservateur, même si des complications des fractures des métatarses ou métacarpes ont été observées. Notre étude est donc en accord avec les propos de Weinstein et Ralphs (2004).

3.3.3.2. Fractures autres que les fractures transverses

Les 3 cas de fracture oblique (longue et courte) qui ont présentés un résultat insatisfaisant était :

- MOZART (CT17), le cas de fracture du fémur où une contention externe avait été mise en place ;
- FOSTY (CN6Q) et HOPE (CN8R) : 2 cas de fracture du radius et de l'ulna chez un chien de race « toy ».

Les cas ayant eu un résultat satisfaisant en ayant une fracture oblique (longue et courte) sont :

- LOCA (CT16R) : fracture des 4 métatarses,
- SHAYNA (CN19) : fracture du tibia, dont le traitement contentif externe (résine) n'avait pas été supporté par l'animal, une cagéothérapie avait alors été mis en place ;
- TAJINE (CN24) : fracture de la phalange qui présentait un retard de consolidation 68 jours après l'apparition de la fracture. Nous n'avons pas eu de nouvelles des propriétaires sur le résultat actuel de la fracture.

Les fractures spiroïdes ont toutes eu un résultat excellent.

Sur les 5 cas de fractures multi-esquilleuses des os longs, seulement 1 cas (TANGO CN4, race « toy ») présente un résultat satisfaisant avec une boiterie avec appui permanente. Tous les autres ont eu un résultat excellent.

Nos résultats montrent que les fractures obliques, spiroïdes ou multi-esquilleuse peuvent être traitées de manière non chirurgicale, contrairement à ce qu'affirmaient Weinstein et Ralphs (2004) qui estimaient que les forces de cisaillement et de compression n'étaient pas neutralisées par un traitement non chirurgical.

3.3.4. Influence du degré de déplacement

Parmi les 19 cas ayant des complications de la cicatrisation, 5 cas avaient un déplacement des abouts osseux de grade 1. Tous les autres présentaient un degré de déplacement des abouts osseux de grade 2 ou 3.

De plus, sur les 12 cas présentant des degrés de déplacement de grade 3, cinq ont eu des résultats jugés excellents et 3 ont eu des résultats insuffisants.

Les trois résultats insuffisants sont :

- MOZART (CT7) qui a eu une fracture du fémur traitée par un moyen de contention externe avec une attelle ;
- CHANEL (CN2) qui avait une fracture épiphysaire de l'humérus ;
- HOPE (CN8R) qui présentait une fracture du radius et de l'ulna et qui était un chien de race toy.

CHANEL et HOPE aurait donc dû être traités par une ostéosynthèse d'après les arguments que nous avons développés dans les paragraphes précédents. MOZART aurait dû avoir une cagéo thérapie comme traitement non chirurgical.

Cette étude montre donc qu'un traitement conservateur pourrait être envisagé même si les animaux présentent des signes cliniques importants et un déplacement des abouts fracturaires de grade 3, sous la condition que les tissus mous ne s'interposent pas dans le foyer de la fracture.

3.4. Analyses des complications

Dix-neuf cas, soit 36 %, ont présenté des complications de la cicatrisation osseuse suite à la mise en place d'un traitement conservateur.

Parmi ces animaux, 4 ne présentent pas de signes cliniques ou très peu. Leur résultat a donc été jugé excellent.

Il y a donc un peu plus d'un quart des cas qui ont eu des complications de la cicatrisation osseuse et qui présentaient des signes cliniques.

3.4.1. Les cals vicieux

Les cals vicieux ont été observés chez 10 cas, soit 19 % des animaux. Deux cas n'avaient pas de signes cliniques associés à ce cal vicieux.

HOPE (CN8R), fracture du radius et de l'ulna, est le seul cas ayant eu un cal vicieux très marqué et qui a eu pour conséquence une déformation majeure du membre ainsi qu'une boiterie sans appui intermittente. La propriétaire n'a pas réalisé les contrôles demandés et n'avait pas réalisé la cagéothérapie recommandée. Seul un contrôle 30 jours après la mise en place d'un traitement contentif externe a été fait. **Il est donc important pour les propriétaires de réaliser les contrôles orthopédiques et radiographiques prescrit pour détecter toute complication de la cicatrisation à temps.**

Les autres cas présentant des cals vicieux présentent une boiterie du membre avec appui permanente.

3.4.2. Les pseudarthroses

Trois fractures ont été compliquées d'une pseudarthrose et une fracture (SHAYNA CN19) est suspecte de s'être compliquée en pseudarthrose 18 jours après l'apparition de la fracture.

Un cas de pseudarthrose par perte de substance (HARMONIE CN28Q) n'a pas eu de répercussion clinique, le résultat était excellent.

Chez CACHOU (CN29R, fracture du bassin), la pseudarthrose par perte de substance est de grande ampleur. Il a été étonnant de comparer la radiographie de contrôle, qui mettait en évidence des complications de la cicatrisation osseuse très importante ainsi qu'un bassin totalement remanié, avec l'examen orthopédique de l'animal qui présentait une légère boiterie avec appui des deux postérieurs et un inconfort à l'extension des postérieurs sans douleur associée. Le résultat est très satisfaisant si on considère la fracture et l'examen orthopédique au premier jour d'apparition de la fracture.

Un cas de pseudarthrose hypertrophique (LOCA CT16R) associé à une pseudarthrose de grande ampleur a été suivi. Il s'agissait d'une fracture des 4 métatarses avec un degré de déplacement allant entre le grade 2 et le grade 3. Les propriétaires ont fait contrôler régulièrement le pansement Robert Jones mis en place mais n'ont pas respecté le repos strict qui avait été prescrit.

3.4.3. Retard de la consolidation

Trois fractures ont eu un retard de la consolidation osseuse. Chez TANGO (CN4, fracture radius/ulna) et CHANEL (CN2, fracture de l'humérus), les fractures n'étaient pas assez stables pour permettre une cicatrisation osseuse correcte.

Pour TAJINE (CN26, fracture d'une phalange), le degré de déplacement de la fracture était de grade 1, et la fracture ne présentait pas de contre-indications à un traitement conservateur. Par contre l'animal était un des cas les plus âgés de l'étude (10 ans et 5 mois).

3.4.4. Arthrose

Deux cas ont eu des complications d'arthrose de l'articulation coxo-fémorale suite à :

- une fracture Salter Harris I (BONNIE CT10R) de l'articulation proximale du fémur,
- une fracture de l'acétabulum (FARAH CN32R).

3.4.5. Complications liées à la mise en place des pansements Robert Jones

Dans notre étude, plus d'un tiers des Robert Jones mis en place a provoqué des lésions d'irritation ou de macération. Si les lésions étaient importantes, le pansement n'a pas été refait comme le cas de LOLA (CN21).

Ce taux de complication est très élevé. Il est probablement lié à des erreurs techniques lors de la mise en place du pansement.

Certains propriétaires, comme celui de HOPE (CN8R), n'a pas fait régulièrement les contrôles demandés et n'a pas respecté les consignes de repos demandé. Trente jours après la mise en place d'un pansement Robert Jones, l'animal présentait une déformation du membre importante et un cal vicieux était déjà mis en place.

Deux animaux n'ont pas supporté la contention externe mise en place :

- SHAYNA (CN19), le seul cas de notre étude où une résine a été mise en place sous anesthésie générale, a retiré le matériel mis en place. Un Robert Jones a alors été mis en place. La cicatrisation osseuse montrait des complications mais les propriétaires ont refusé toute chirurgie. Le résultat final était satisfaisant ;
- CLASH (CT5) a eu une complication de la cicatrisation alors que le degré de déplacement de ses fractures des métacarpes était de grade 1. Mais ce chat présentait une fracture de 4 métacarpes et n'avait pas supporté son pansement Robert Jones, une cagéothérapie avait été alors mis en place mais n'a pas été suivi par son propriétaire.

Cette étude nous montre que la réussite du traitement non chirurgicale par un moyen de contention externe dépend de :

- **la mise en place correcte d'un pansement Robert Jones pour éviter toutes lésions,**
- **l'assiduité des propriétaires à respecter les consignes,**
- **et la coopération de l'animal à supporter le matériel mis en place.**

3.5. Discussion sur les cas qui n'ont pas été contrôlé radiographiquement

3.5.1. Le questionnaire téléphonique

Sur les 52 cas, 11 propriétaires ont répondu au questionnaire téléphonique. Un peu moins de la moitié d'entre eux ont révélé ne pas respecter les consignes du traitement. Ce résultat est comparable avec celui des questionnaires en présence des propriétaires.

Les boiteries, indiquées chez 3 cas, sont des informations fiables, puisqu'elles sont facilement identifiables par le propriétaire.

Seul le propriétaire de FOSTY (CN6Q, fracture du radius et de l'ulna) a trouvé le résultat insatisfaisant puisqu'un mois après le retrait du pansement Robert Jones, l'animal s'est refacturé la patte au même endroit et une chirurgie a alors été effectuée. Cette information est difficilement évaluable.

Pour les 9 cas, dont les propriétaires ont estimé le résultat d'excellent sans boiterie associée, nous avons validé ce résultat sans preuve orthopédique ni radiographique.

3.5.2. Evaluation des complications sans nouvelle des propriétaires

Pour les 21 cas dont nous n'avons pas réussi à contacter les propriétaires, le résultat final a été fait à partir du dernier examen orthopédique et radiographique au CHUVA. Ceci limite la précision des résultats puisque nous avons fait l'hypothèse que les complications en début de cicatrisation osseuse auraient des conséquences radiographiques et orthopédiques à la fin de la cicatrisation.

Or, chez quatre cas ayant fait un contrôle radiographique, le résultat final fut excellent malgré les complications de la cicatrisation osseuse.

CONCLUSION

Ce travail décrit les indications et contre-indications du traitement non chirurgical des fractures du squelette appendiculaire chez les chiens et chats.

L'étude rétrospective porte sur 52 cas, représentant 56 fractures traitées de manière non chirurgicale entre septembre 2009 à juillet 2013.

Parmi les 52 cas, 31 chiens et 21 chats ont été inclus dans l'étude. Nous avons pu contrôler 20 cas (15 chiens et 5 chats), soit 38 %, radiographiquement après une moyenne de 958 jours (de 283 jours à 1 565 jours) après la date d'apparition de la fracture.

Onze propriétaires ont répondu aux questionnaires téléphoniques après une moyenne de 969 jours (de 278 jours à 2 544 jours) après la date de l'apparition de la fracture, nous donnant des informations sur l'évolution clinique de l'animal.

Parmi les 56 fractures, 66 % ont eu un résultat excellent, satisfaisant pour 25 % d'entre elles et insatisfaisant pour 4 fractures. Un peu plus d'un tiers des cas ont eu des complications de la cicatrisation osseuse mais seulement un peu plus d'un quart présentaient des signes cliniques.

Nos résultats ont confirmé ceux décrits dans la littérature scientifique. En effet, 48 % des animaux dont un traitement non chirurgical a été prescrit, avaient moins d'un an lors de la mise en place du traitement. Les animaux jeunes cicatrisent plus vite et tolèrent des degrés de déplacement plus importants que les animaux adultes.

De plus, les fractures articulaires ou proches des articulations devraient avoir une reconstruction chirurgicale pour éviter l'apparition de complications comme observées chez 3 cas présentant une fracture épiphysaire et chez 2 cas présentant une fracture de l'acétabulum, tous traités avec un traitement non chirurgical.

Les 3 cas de fracture de radius/ulna chez les chiens de race « toy » ont présenté des complications importantes. Ces races ne devraient donc pas être traitées conservativement lors d'une fracture du radius et/ou de l'ulna.

Ce travail a permis de mettre en évidence que les fractures obliques, spiroïdes et esquilleuses pouvaient être traitées de manière non chirurgicale. Six cas sur 17 fractures obliques ont présenté des complications de la cicatrisation osseuse. Les 3 cas qui ont eu un résultat insatisfaisant auraient dû être traités par une ostéosynthèse. Les 4 cas de fracture spiroïde ont eu un résultat excellent et un seul cas sur 5 fractures esquilleuses a présenté une complication de la cicatrisation osseuse.

Aussi, plus d'un tiers des pansements Robert Jones appliqués ont provoqué des complications, dues probablement à des erreurs techniques de mise en place.

Les résultats de cette étude et les recommandations n'altèrent en aucun cas les indications pour une ostéosynthèse chirurgicale et ne diminuent pas sa valeur, qui reste le plus souvent la méthode de choix.

BIBLIOGRAPHIE

- AUTEFAGE A. (1992) Consolidation des fractures. *In : Encyclopédie vétérinaire*. Paris, Elsevier, (3100) 1-8.
- AUTEFAGE A. (1997a). Os et fracture. *In : LATTE Y, MEYNARD JA. (éditeurs). Manuel de fixation externe. Applications au chien et au chat*. Paris, PMCAC, 31-38.
- AUTEFAGE A. (1997b). Consolidation osseuse. *In : LATTE Y, MEYNARD JA. (éditeurs) Manuel de fixation externe. Applications au chien et au chat*. Paris, édition PMCAC, 89-102.
- BARTHEZ P. (1991). La formation du cal de fracture : aspect radiologique. *In: congrès CNVSPA*. 22-24 novembre 1991, édition PMCAC, Paris, 299-300.
- BEALE B. (2004). Orthopedic clinical techniques femur fracture repair. *Clin. Tech. Small. Anim. Pract.*, **19**, 134-150.
- BIESEL N. (1991). Traitement conservateur. *Prat. Méd. Chir. Anim. Comp.*, **26**, 237-242.
- BOSKEY AL. (1993). Connective Tissues of the Musculoskeletal System. *In: Slatter D. (éditeur). Textbook of small animal surgery. Vol. 2. 3rd ed.*, Philadelphia, Saunders WB. Co, 1774-1784.
- BRINKER WO, PIERMATTEI DL, FLO GL. (1994). *Manuel d'orthopédie et de traitement des fractures des petits animaux*. 2nd ed., Maisons-Alfort, éditions du Point Vétérinaire, 560 p.
- CHANDLER JC, BEALE BS. (2002). Feline Orthopedics. *Clin. Tech. Small. Anim. Pract.*, **17**, 190-203.
- CHAO P, LEWIS DD, KOWALESKI MP, POZZI A., (2012). Biomechanical concepts applicable to minimally invasive fracture repair in small animals. *Vet. Clin. Small. Anim.*, **42**, 853-872.
- DECAMP CE. (1993). External coaptation. *In : SLATTER D. (éditeur). Textbook of small animal surgery. Vol. 2. 3rd ed.*, Philadelphia, Saunders WB. Co, 1835-1848.
- DENNY HR. (1978). Pelvic fractures in the dog: a review of 123 cases. *J. Small. Anim. Pract.*, **19**, 151-166.
- DRAPE J. (1992). Les fractures du jeune chien en croissance. *Point Vét.*, **24**, 47-55.

- DRAPE J. (1996). L'ostéosynthèse biologique. *In : congrès annuel CNVSPA*. Lyon, 1996, CNVSPA, Paris, Vol. 1, p50-51.
- EGGER EL, WHITTICK WG. (1990). Principles of Fracture Management. *In: WHITTICK WG. (éditeur). Canine Orthopedics*. 2nd ed., Philadelphia, Lea & Febiger, 215-238.
- GRIFFON DJ. (2005). Fracture healing. *In : JOHNSON AL, HOULTON JEF, VANNICI R (éditeurs). AO Principles of Fracture Management in the Dog and Cat*. Switzerland, Thieme, 73-97.
- GRUNDES O, REIKERAS O. (1993a). The importance of the hematoma for fracture healing in rats. *Acta. Orthop. Scand.*, **64**, 340-342.
- GRUNDES O, REIKERAS O. (1993b). The role of hematoma and periosteal sealing for fracture healing in rats. *Acta. Orthop. Scand.*, **64**, 47-49.
- GUILLIARD MJ. (2013). Conservative management of fractures of the third metatarsal bone in the racing greyhound. *J. Small. Anim. Pract.*, **54**, 507-511.
- HARARI J. (2002). Treatments for feline long bone fractures. *Vet. Clin. Small. Anim.*, **32**, 927-947.
- HARASEN G. (2003). External coaptation of distal radius and ulna fractures. *Can. Vet. J.*, **44**, 1010-1011.
- HILL FWG. (1977). A survey of bone fractures in the cat. *J. Small. Anim. Pract.*, **18**, 457-463.
- HOULTON JEF, Dunning D. (2005). Perioperative patient management. *In: JOHNSON AL, HOULTON JEF, VANNICI R (éditeurs). AO Principles of Fracture Management in the Dog and Cat*. Switzerland, Thieme, 1-25.
- HULSE D, HYMAN B. (1993). Fracture biology and biomechanics. *In: SLATTER D. (éditeur). Textbook of small animal surgery*. Vol. 2. 3rd ed., Philadelphia, Saunders WB. Co., 1785-1792.
- JACKSON LC, PACCHIANE PD. (2004). Common complications of fracture repair. *Clin. Tech. Small. Anim. Pract.*, **19**, 168-179.
- JOHNSON AL, HOULTON JEF, VANNICI R. (2005). *AO Principles of Fracture Management in the Dog and Cat*. Switzerland, Thieme, 529 p.
- KAPATKIN A, HOWE-SMITH R, SHOFER F. (2000). Conservative versus surgical treatment of metacarpal and metatarsal fractures in dogs. *Vet. Comp. Orthop. Trauma.*, **13**, 123-127.

- KNAPP DW. (1998). Bandage techniques - Application of a Robert Jones bandage. *In* : BOJRAB MJ, ELLISON GW, SLOCUM B. (éditeurs). *Current Techniques in Small Animal Surgery*, 4th ed., Baltimore, Williams & Wilkins, 1295-1296.
- KORNMEYER M, FAILING K, MATIS U. (2014). Long-term prognosis of metacarpal and metatarsal fractures in dog. *Vet. Comp. Orthop. Traumatol.*, **1**, 45-53.
- LANGE DN, BARTELS KE. (1998). Bandage techniques - Splinting Techniques. *In* : BOJRAB MJ, ELLISON GW, SLOCUM B. (éditeurs). *Current Techniques in Small Animal Surgery*, 4th ed., Baltimore, Williams & Wilkins, 1304-1311.
- LATTE Y. (1997). Fractures du jeune. *In*: LATTE Y, MEYNARD JA. (éditeurs). *Manuel de fixation externe. Applications au chien et au chat.*, Paris, éditions PMCAC, 181-190.
- LIEBERMANN JR, DALUISKI A, EINHORN TA. (2002). The role of growth factors in the repair of bone. *J. Bone Joint Surg.*, **84**, 1032-1044.
- MARSHALL R, EINHORN TA. (2011). The biology of fracture healing. *Injury, Int. J. Care Injured*, **42**, 551-555.
- MBOGWA S, LUMB WV, SMITH KW, RUBIN R. (1978). Plating of canine scapular fractures. *Am. J. Vet. Res.*, **39**, 1327-1330.
- MEYNARD JA, MAGNIN G. (1997). Codification du cal de fracture. *In*: LATTE Y, MEYNARD JA. (éditeurs). *Manuel de fixation externe. Applications au chien et au chat.*, Paris, éditions PMCAC, 145-150.
- MILLIS DL (1999). Bone and non-bone-derived growth factor and effects on bone healing. *Vet. Clin. North Am. Small Anim. Pract.*, **29**, 1221-1246.
- MILOVANCEV M, RALPH SC. (2004). Radius/ulna Fracture Repair. *Clin. Tech. Small Anim. Pract.*, **19**, 128-133.
- MIZUNO K, MINEO K, TACHIBANA T, SUMI M, MATSUBARA T, HIROHATA K. (1990). The osteogenic potential of fracture haematoma. *J. Bone Joint Surg. (Br)*, **72-B**, 822-829.
- NIEBAUER G. (2014), communication personnelle.
- OAKLEY RE (1999). External coaptation. *Vet. Clin. North Am. Small Anim. Pract.*, **29**, 1083-1095.
- PERREN SM. (1975). Physical and biological aspects of fracture healing with special reference to internal fixation. *Clin. Orthop. Relat. Res.*, n°138, 175-194.
- PIERMATTEI DL, FLO GL, DECAMP CE. (2009). *Manuel d'orthopédie et traitement des fractures des animaux de compagnie*, 4^{ème} édition, Paris, Med'Com, 818 p.

- REMEDIOS A. (1999). Bone and bone healing. *Vet. Clin. North Am. Small Anim. Pract.*, **29**, 1029-1042.
- SCHILTZ G. (1988). Biomécanique osseuse: bases théoriques et biomécanique des fractures. *Point Vét.* **20**, 619-630.
- SCHILTZ G. (1989). Biomécanique osseuse : biomécanique de la réparation des fractures. *Point Vét.*, **21**, 677-684.
- SEAMAN JA, SIMPSON AM. (2004). Tibial Fractures. *Clin. Tech. Small Anim. Pract.*, **19**, 151-167.
- SHAH K, MAJEED Z, JONASON J, O'KEEFE RJ. (2013). The Role of Muscle in Bone Repair: the Cells, Signals and Tissue Responses to Injury. *Curr. Osteoporos. Rep.*, **11**, 130-135.
- SIMPSON AM. (2004). Fractures of the Humerus. *Clin. Tech. Small Anim. Pract.*, **19**, 120-127.
- SKERRY TM. (1998). Fracture Healing. In: COUGHLAN AR, MILLER A. (éditeurs) *Manual of Small Animal Fracture Repair and Management*. Shurdington, U.K., BSAVA, 29-34.
- STREET J, WINTER D, WANG JH, WAKAI A, McGUINNESS A, REDMOND HP. (2000). Is human fracture hematoma inherently angiogenic? *Clin. Orthop. Relat. Res.*, n°378, 224-237.
- TAYON, ORENGO, ZAHLAOUI. (1992). Généralités sur les fractures de l'adulte. La consolidation osseuse. In : *Encyclopédie Médico Chirurgicale*, Paris, 14031 A 20.
- UNGER M, MONTAVON PM, HEIM UFA. (1990). Classification of fractures of long bones in the dog and the cat: introduction and clinical application. *Vet. Comp. Ortho. Trauma.* **3**, 41-50.
- WEINSTEIN J, RALPHS SC. (2004). External coaptation. *Clin. Tech. Small Anim. Pract.*, **19**, 98-104.
- WELCH JA. (2002). The tarsus and metatarsus. In : Slatter D. (éditeur). *Textbook of small animal surgery*. Vol. 2. 3rd ed., Philadelphia, Saunders WB. Co., 2158-2169.
- WOODWARD JC, RISER WH. (1991). Morphology of fracture nonunion and osteomyelitis. *Vet. Clin. North Am. Small Anim. Pract.*, **21**, 813-844.
- 3M. 3M™ Vetcast™ Plus 4 in Veterinary Casting Tape. [en ligne]. (Mise à jour le 01/01/2013). [<http://www.shop3m.com/3m-vetcast-plus-4-in-veterinary-casting-tape.html>]. (Consulté le 21/06/14)

Shopmedvet. *Vet-lite Cast Material, 2'Wx70"L. 10 rolls/box.* [en ligne]. (Mise à jour le 01/01/2013). [<http://www.shopmedvet.com/product/vet-lite-cast-material-2-w-x-70-l-10-rolls-box/jorgensen-products-orthopedic-products>]. (Consulté le 21/06/14).

Annexe 1. Questionnaire téléphonique

DATE DU QUESTIONNAIRE :
DATE DE L'ACCIDENT :
NOM DU PROPRIETAIRE :
NOM DE L'ANIMAL :
AGE DE L'ANIMAL :
ESPECE :
RACE :
POIDS :
TEMPS DEPUIS L'ACCIDENT :

1- Quelles étaient les raisons qui ont orientés votre choix d'un traitement conservateur ?

Raisons financières ?
Peur de la chirurgie ?
Choix d'un traitement moins invasif ?
Autres raisons :

2- Avez-vous respectez les consignes du traitement ?

Repos stricte ?
Cagéothérapie ?
Réfection du pansement ?
Visite de contrôle ?
Autres consignes :

3- L'animal boite-t-il aujourd'hui ?

OUI

- Avec/sans appui ?
- Permanente/intermittente ?
- Au pas / au trot / au galop ?
- Autres détails :

NON

- En combien de temps l'animal n'a plus boité ?
- Boiterie lors de la dernière visite chez le vétérinaire ?

4- l'animal présente-t-il une douleur sur l'ancien membre fracturé ?

OUI

- Permanente/intermittente ?
- A la manipulation du membre / lors de ses propres mouvements ?
- A la palpation / à la pression ?
- Manifestation de la douleur : gémissement / léchage plus intense sur l'ancienne zone fracturaire / autres manifestations ?
- Intensité de la douleur :
- Autres détails :

NON

5- Y-a-t-il eu un suivi fait chez un vétérinaire traitant après la dernière consultation à l'ENVA ?

OUI

- Y-a-t-il eu des radiographies de contrôles réalisées ?

NON

6- Y-a-t-il eu des complications suite au traitement conservateur de la fracture ?

OUI

- Non cicatrisation osseuse / reprise chirurgicale ?
- Déformation du membre ?
- Boiterie ?
- Lésions dues au pansement s'il y a eu un pansement ?
- Autres complications :

NON

7- Comment qualifieriez-vous le résultat du traitement conservateur de la fracture de votre animal ?

- Excellent ? Pas de boiterie, pas de douleurs, pas de complications, pas de déformations du membre, aucune gêne de l'animal
- Satisfaisant ? Pas de boiterie ou légère boiterie, pas de douleur, légère gêne de l'animal
- Insatisfaisant ? Reprise chirurgicale nécessaire, boiterie très prononcée, douleur, gêne de l'animal au quotidien

8- Seriez-vous prêt à faire des radios de contrôle à l'ENVA prochainement dans le cadre de la thèse ?

Annexe 2. Récapitulatifs des fractures étudiées chez les chiens.

N° du cas	Signalisation de l'animal	localisation de la fracture	Type de fracture	Degré de déplacement	Traitement	Résultats à court terme	Résultats au long terme (questionnaire ou visite de contrôle)	Complication	Résultat
FRACTURE DE LA SCAPULA									
CN1R	Flash , Berger Australien mâle entier, 6 mois, 21,6kg	Scapula	Transverse multi-également	Grade 3	cagéo thérapie pendant 3 semaines	Pas d'information	Radiographie de suivi : cal vicieux radiographiquement visible, examen orthopédique normale	Cal vicieux sans boiterie associée	Excellent
FRACTURE HUMERUS									
CN2	Chanel , Carlin femelle non stérilisé, 1 an et 9 mois, en surpoids	conyle externe de l'humérus	Fracture en Y	Grade 3	Cagéo thérapie	Boiterie sans appui permanent, pseudarthrose	Pas d'information	retard de consolidation, une pseudarthrose ne peut être exclue	Insatisfaisant
FRACTURE RADIUS ULNA									
CN3R	Squeezy , Sharpei femelle non stérilisée, 1 an et 4 mois	Radius : distale Ulna : distale simple transverse	Radius : fracture en bois vert complexe Ulna : fracture simple transverse	Radius : Grade 1 Ulna : Grade 2	Robert Jones avec attelle pendant 25 jours	Boiterie de degrés 1, pas de douleur	Visite de contrôle : examen orthopédique normale, pas de douleur	Aucune	Excellent
CN4	Tango , pinsher mâle entier, 9 mois et 2 semaines	radius/ulna : diaphysaire, tiers distal	Radius/Ulna : Multi-également	Radius/Ulna : grade 2	Robert Jones avec attelle pendant plus de 2 mois	Retard de consolidation	Pas d'information	retard de consolidation et cal vicieux	Satisfaisant
CN5R	Baya , Yorkshire Terrier femelle non stérilisé, 3 mois et 10 jours	Radius/Ulna : tiers distal des diaphyses	Radius/Ulna : oblique courte	Grade 3	Robert Jones avec attelle pendant 1 mois et 10 jours	Discret déplacement caudal de l'about distal du radius, pas de pontage osseux radiographiquement visible	Radiographie de suivi : pas de boiterie, aplomb normal, cicatrisation osseuse complète avec un bon alignement des anciens abouts fracturaires non visible radiographiquement	Aucune	Excellent
CN6Q	Fosty , Spitz mâle entier, 8 mois et 8 jours, 1,9kg	Radius/Ulna : tiers distal de la diaphyse	Radius/Ulna : oblique courte simple	grade 1	Robert Jones avec attelle pendant 1,5 mois puis repos stricte pendant 3 semaines	Pas de boiterie, cicatrisation osseuse complète	Questionnaire téléphonique : nouvelle fracture à la même localisation 1 mois après avoir retiré le Robert Jones, reprise chirurgicale	nouvelle fracture 1 mois après avoir retiré le pansement Robert Jones -> reprise chirurgicale	Insatisfaisant

N° du cas	Signalisation de l'animal	localisation de la fracture	Type de fracture	Degré de déplacement	Traitement	Résultats à court terme	Résultats au long terme (questionnaire ou visite de contrôle)	Complication	Résultat
FRACTURE RADIUS ULNA									
CN7R	Belle, croisé femelle stérilisée, 6 ans 9 mois et 2 semaines	Ulna: métaphysaire	incomplète, oblique courte	Grade 1	Robert Jones pendant 1 mois	Pas de boiterie, peu de signes de cicatrisation osseuse	Radiographie de suivi0: déformation en regard du carpe avec un léger valgus distale de l'ulna	valgus, déminéralisation de l'ulna distale, sans boiterie associée	Excellent
CN8R	Hope, Spitz mâle entier, 8 mois, 4,2 kg	Radius/Ulna : diaphysaire distale	oblique courte	Grade 3	Robert Jones pendant 1 mois	Retard de la cicatrisation osseuse, mauvais alignements des abouts fracturaires, diminution de la densité osseuse de la main et de l'extrémité distale du radius/ulna	Radiographie de suivi : Cal vicieux du radius et de l'ulna	cal vicieux, valgus important du membre, boiterie sans appui intermittente	Insatisfaisant
CN9	Baghera, Berger Allemand femelle non stérilisée, 6 ans 6 mois	Ulna: processus styloïde	Oblique courte	Grade 1	Cagothérapie pendant 3 semaines	Persistence du trait de fracture, cicatrisation en cours	Pas d'information	Aucune	Excellent
CN10R	Bouli, croisé mâle entier, 9 ans 8 mois, 10,9 kg	Radius/Ulna: tiers distal de la diaphyse du radius et de l'ulna	transverse, multiples petits traits de refend de part et d'autre du trait de fracture du	Radius/Ulna: Grade 1	Robert Jones avec attelle pendant 1 mois	Radius/Ulna: cicatrisation en cours avec formation de cal osseux Ulna: Déficit d'alignement des abouts	Radiographie de suivi : Cicatrisation osseuse complète, bon alignement des anciens abouts fracturaires, déminéralisation distale de l'ulna	Aucune	Excellent
CN11Q	Pagaille, croisé femelle non stérilisée, 10 ans 8 mois	Ulna: processus styloïde	Oblique	Grade 2	Robert Jones pendant 1,5 mois	Ostéopénie de non utilisation, trait de fracture toujours visible	Questionnaire téléphonique : pas de boiterie, pas de douleur	Aucune	Excellent
CN12Q	Frimousse, croisé femelle non stérilisée, 4 mois et 9 jours, 12kg	Radius: épiphyse distale	Salter Harris I	Grade 1	Robert Jones avec attelle pendant 3 semaines	Cal osseux en formation, fermeture du cartilage de croissance du radius distale	Questionnaire téléphonique: Boiterie avec appui intermittente	Boiterie avec appui intermittente	Satisfaisant
CN13R	Boss, Chihuahua mâle entier, 10 mois et 3 semaines, 2 kg	Radius: diaphyse distale	simple oblique courte	Grade 1	Robert Jones avec attelle pendant 1 mois	Bon alignement et bonne apposition des abouts fracturaires, trait toujours visible, cal osseux en formation avec pontage des corticales	Radiographie de contrôle : Cicatrisation complète, très bon alignement des anciens abouts fracturaires	Aucune	Excellent

N° du cas	Signalisation de l'animal	localisation de la fracture	Type de fracture	Degré de déplacement	Traitement	Résultats à court terme	Résultats au long terme (questionnaire ou visite de contrôle)	Complication	Résultat
FRACTURE CARPE									
CN14	Celestine , Bull Terrier Femelle stérilisée, 2 ans 9 mois	os accessoire du carpe	fracture esquilleuse	Grade 1	Robert Jones avec attelle pendant 1 mois et 20 jours	cicatrisation osseuse en cours	Pas d'information	Aucune	Excellent
FRACTURE METACARPE									
CN15	Emmy , Yorkshire Terrier femelle non stérilisée, 4 mois, 1,7 kg	Métacarpes II, III et IV : fracture médio-diaphysaire	Transverse	Grade 2	Robert Jones pendant plus de 1 mois	Persistence des traits de fracture : pontage osseux des corticales, ostéoponie de l'antérieur	Pas d'information	Aucune	Excellent
CN16R	Kelly , croisé femelle non stérilisée, 2 mois	Métacarpe II, III et V : métaphyse proximale	Transverse simple	Grade 1	Robert Jones avec attelle pendant 1 mois	trait de fracture du métacarpe II toujours visible, pontage des corticales du métacarpe III et V	Radiographie de suivi : Cicatrisation complète, très bon alignement des anciens abouts fracturaires	Aucune	Excellent
FRACTURE TIBIA/FIBULA									
CN17R	Hasko , Chihuahua mâle entier, 7 mois et 2 semaines, 1,7 kg	Tibia: Métaphyse proximale Fibula: diaphyse, tiers proximal	Tibia: Complexe, comminutive Fibula: simple transverse	Tibia/Fibula: Grade 1	Robert Jones avec attelle pendant une semaine et cagéothérapie pendant 1,5 mois	Tibia: cicatrisation en cours Fibula: cicatrisation complète	Cicatrisation complète du tibia et de la fibula, bon alignement des anciens abouts fracturaires, mais raccourcissement du membre, boiterie sans appui après un effort	pseudarthrose, raccourcissement du membre, boiterie avec appui intermittente	Satisfaisant
CN18R	Hyxos , Epagneul picard mâle entier, 6 mois et 3 semaines, 26 kg	Tibia proximal	Salter Harris I	Grade 1	Robert Jones pendant 3 semaines et repos pendant 2 mois	Cicatrisation osseuse quasi-complète sans signe de complication	cicatrisation complète sans signe de complication	Aucune	Excellent
CN19	Shayna , American Staffordshire Terrier femelle stérilisée, 1 an, 17,3 kg	Tibia fracture médio-diaphysaire	Oblique longue	Grade 2	Réduction sous anesthésie, pose d'une résine appliquée pendant 1 jour (arrachée par le chien), Robert Jones pendant 18 jours puis cagéothérapie	boiterie avec appui, ostéoprolifération en cours, déplacement important des abouts osseux	Pas d'information	suspicion de pseudarthrose par perte de substance	Satisfaisant

N° du cas	Signalisation de l'animal	localisation de la fracture	Type de fracture	Degré de déplacement	Traitement	Résultats à court terme	Résultats au long terme (questionnaire ou visite de contrôle)	Complication	Résultat
CN20Q	Rocky , Malinois mâle entier, 5 mois	Tibia : métaphysio-diaphysaire distale	1 trait de fracture spiroïde, 1 trait de fracture oblique long	Grade 1	Robert Jones pendant au moins 2 mois	absence de déplacement des bouts fracturaires, cicatrisation en cours	questionnaire téléphonique : pas de boiterie	Aucune	Excellent
FRACTURE METATARSE									
CN21	Lola , Spitz femelle non stérilisé, 3 mois et 2 semaines, 2,1 kg	Métatarse IV gauche : fracture médio-diaphysaire uniaxiale sur le tiers distal	Transverse	Grade 1	Robert Jones pendant 11 jours	boiterie, cicatrisation complète	Pas d'information	aucune	Excellent
CN22R	Vick , Berger Belge Malinois femelle non stérilisé, 6 ans 7 mois et 3 semaines	métatarse V : médio-diaphysaire	Oblique courte avec trait de refend	Grade 1	Robert Jones pendant 1 mois et 1 semaine puis repos strict pendant 1 mois	Bonne cicatrisation fracturaire	Pas d'information	aucune	Excellent
FRACTURE PHALANGE									
CN23R	Aloha , American Staffordshire Terrier femelle non stérilisé, 4 ans et 1 mois, 24 kg	Phalange postérieure doigt V : fracture esquilleuse oblique	Esquilleuse oblique	Grade 1	Repos strict pendant 1 mois	pas de pontage des corticales, remaniement osseux en cours	Radiographie de suivi : cicatrisation complète, bon alignement des anciens bouts fracturaires	aucune	Excellent
CN24	Tajine , Labrador femelle stérilisé, 10 ans et 5 mois, 36 kg	phalanges du doigt IV postérieur D : fracture diaphysaire	Oblique longue	Grade 1	Robert Jones avec attelle pendant 2 semaines puis repos strict pendant 1 mois	Fracture en cours de cicatrisation, trait de fracture encore bien visible	pas d'information	retard de consolidation	Satisfaisant
CN25R	Glen Mara Dim Up Pin Up , Border Terrier femelle non stérilisée, 2 ans 7 mois et 10 jours, 6,6kg	phalange distale du doigt III : fracture diaphysaire	Oblique courte	Grade 2	Robert Jones avec attelle pendant au moins 1 mois puis repos	Cicatrisation en cours	Radiographie de suivi : prolifération osseuse en regard de l'ancien site fracturaire, cicatrisation complète	cal vicieux	Excellent

N° du cas	Signalisation de l'animal	localisation de la fracture	Type de fracture	Degré de déplacement	Traitement	Résultats à court terme	Résultats au long terme (questionnaire ou visite de contrôle)	Complication	Résultat
FRACTURE BASSIN									
CN26Q	Harmonie , Jack Russel Terrier femelle stérilisée, 5 ans et 4 mois, 10kg	ischium : partie distale de l'ischium droit Pubis : branches montantes gauche et droite, partie distale du corps à gauche et probablement à droite	ischium : multiesquilleuse	ischium : Grade 3 Pubis : Grade 1	Cagéothérapie	pas de pontage des esquilles ischiatiques, cal en formation en regard du pubis	Questionnaire téléphonique : pas de boiterie	pseudarthrose par perte de substance	Excellent
CN27R	Cachou , Yorkshire Terrier mâle entier, 5 mois, 3,2kg	ischium D et G, pubis D et G, ilium G	Multi-esquilleuse	ischium : grade 2 pubis : grade 3 ilium : grade 2	Cagéothérapie	boiterie avec appui des postérieurs	boiterie avec appui des postérieurs	pseudarthrose majeure par perte de substance	Satisfaisant
CN28Q	Black , Jack Russel Terrier mâle entier, 8 mois, 9,6kg	ilium, pubis et ischium, fracture du col à gauche et fracture du fémur droit	Multi-esquilleuse	ilium et pubis : grade 2 ischium : grade 1	Cagéothérapie pendant 1 mois	Boiterie des postérieurs avec appui, cicatrisation en cours, résection tête col à gauche	Questionnaire téléphonique : pas de boiterie ce jour	Aucune	Excellent
CN29Q	Fortune , Bouledogue Français femelle non stérilisée, 1 an et 4 mois	Pubis et jonction ischio-pubienne	Esquilleuse	Grade 3	Cagéothérapie pendant 1 mois	peu ou pas d'évolution de la cicatrisation par rapport à la fracture initiale	Questionnaire téléphonique : pas de boiterie ce jour	Cal vicieux	Excellent
CN30R	Farah , Lévrier Afghani femelle non stérilisée, 1 an et 6 mois, 23,3kg	aille de l'ilium, pubis et cavité acétabulaire D	Esquilleuse	Grade 2	Repos pendant 1 mois	douleur à la manipulation, cal osseux lisse en formation, bonne cicatrisation	Radiographie de suivi : bonne cicatrisation osseuse, arthrose importante de l'articulation fémorale D, douleur lors d'effort trop important	Arthrose importante de l'articulation fémorale D	Satisfaisant
CN31R	Bercy , caniche main femelle non stérilisée, 1 an 10 mois	Branche montante du pubis gauche, arc ischiatique	Pubis : fracture oblique arc ischiatique : fracture simple	Pubis et ischium : Grade 1	Cagéothérapie pendant 1 mois	Légère boiterie	Radiographie de suivi : très bonne cicatrisation osseuse	Aucune	Excellent

Annexe 3. Récapitulatif des fractures étudiées chez les chats.

N° du cas	Signalisation de l'animal	localisation de la fracture	Type de fracture	Degré de déplacement	Traitement	Résultats à court terme	Résultats au long terme (questionnaire ou visite de contrôle)	Complication	Résultat
FRACTURE RADIUS/ULNA									
CT1Q	Lilith, siamois, femelle stérilisée, 2 ans	Radius: métaphyse distale	Simple transverse	Grade 1	Robert Jones avec attelle pendant 2 mois	cicatrisation complète radiale et bonne cicatrisation du radius	Questionnaire téléphonique: aucune boiterie ni de complication ce jour.	Aucune	Excellent
FRACTURE METACARPE									
CT1Q	Lilith, siamois, femelle stérilisée, 2 ans	Métacarpe IV: diaphyse distale	Simple transverse	Grade 2	Pansement Robert Jones pendant 2 mois	Bonne cicatrisation du métacarpe	Questionnaire téléphonique: aucune boiterie ni de complication ce jour.	Aucune	Excellent
CT2	Galilee, européen femelle stérilisée, 1 an et 8 mois	Métacarpe IV: médio-méio-diaphysaire	Oblique à spiroïde, esquilleuse	Grade 3	Pansement Robert Jones avec attelle pendant 3 semaines	Cal osseux mais défaut d'apposition et d'alignement	pas d'information	léger défaut d'alignement des bouts osseux	Excellent
CT3	Potus, européen mâle castré, 7 ans et 2 mois, 5,8kg	Métacarpe II et III D: médio-diaphysaire Métacarpe IV G: médio-diaphysaire	Métacarpe II et III D: transverse Métacarpe IV G: Oblique esquilleuse	Métacarpe II et III D: Grade 2 Métacarpe IV G: Grade 3	Repos strict pendant 2 mois	Cicatrisation complète des métacarpes D et G, possible valgus bilatéral	pas d'information	Léger valgus	Satisfaisant
CT4	Felix, européen mâle non castré, 4 mois et 2 semaines, 2,3 kg	Métacarpe III G: médio-diaphysaire Métacarpe IV G: diaphyse distale	Métacarpe III G: oblique Métacarpe IV G: oblique	Métacarpe III G: Grade 1 Métacarpe IV G: Grade 2	Pansement Robert Jones avec attelle pendant 1 mois	Cicatrisation complète avec pontage des corticales, bon alignement des anciens abouts fracturaires	pas d'information	Aucune	Excellent
CT5	Clash, européen mâle entier, 4 mois et 14 jours	Métacarpes II, III, IV et V D: médio-diaphysaire	Métacarpes II, III, IV et V D: Transverse incomplète	Grade 1	Pansement Robert Jones avec attelle non supporté par l'animal -> cagéothérapie pendant 1 mois	Cicatrisation complète des métacarpes II et V, Cicatrisation en cours des métacarpes III et IV	pas d'information	Cal vicieux	Satisfaisant
CT6	Adjas, Main Coon mâle entier, 1 an 9 mois et 2 semaines, 6kg	Métacarpe IV D: médio-diaphysaire	Transverse simple	Grade 2	Pansement Robert Jones avec attelle pendant 1 mois	pas de pontage des corticales, cal osseux volumineux en formation	pas d'information	pas d'information	Excellent

N° du cas	Signalisation de l'animal	localisation de la fracture	Type de fracture	Degré de déplacement	Traitement	Résultats à court terme	Résultats au long terme (questionnaire ou visite de contrôle)	Complication	Résultat
FRACTURE FEMUR									
CT7	Mozart, européen mâle entier, 4 mois et 25 jours	Fémur G: médio-diaphysaire	Oblique courte	Grade 3	Pansement avec attelle pendant 1 mois	absence de pontage des corticales, cal osseux volumineux en formation	pas d'information	reprise chirurgicale	Insatisfaisant
CT8	Missi, européen femelle non stérilisé, 3 mois et 11 jours, 2 kg	Fémur D: Diaphyse proximale	Spiroïde	Grade 2	Cagéothérapie	cicatrisation complète, bon alignement osseux	pas d'information	Aucune	Excellent
CT9Q	Tigrou, européen mâle non castré, 4 mois et 3 semaines, 3 kg	Fémur D: Métaphyse distale	Spiroïde	Grade 2	Cagéothérapie pendant 1 mois	Cicatrisation complète, bon alignement des abouts osseux	Questionnaire téléphonique: pas de boiterie ce jour	Aucune	Excellent
CT10R	Bonnie, européen femelle non stérilisé, 1 mois et 27 jours, 0,5 kg	Fémur G: Tête fémoral	Salter Harris I	Grade 2	Cagéothérapie pendant 1 mois	Cicatrisation en cours, tête fémoral en place, discret signes d'arthroses	Radiographie de suivi: arthrose de l'articulation fémorale G, pas de boiterie	arthrose importante de l'articulation fémorale G sans boiterie associée	Satisfaisant
CT11R	Galopin, chat européen mâle non castré, 1 mois et 3 semaines, 0,65 kg	Fémur D: Tiers distal de la diaphyse	Oblique longue	Grade 2	Cagéothérapie pendant 3 semaines	Pas d'information	Radiographie de suivi: cicatrisation complète, bon alignement osseux	Aucune	Excellent
FRACTURE TIBIA/FIBULA									
CT12R	Fantasm, Persan mâle entier, 3 mois et 3 semaines, 1,4kg	Tibia G: médio-diaphysaire	Oblique court	Grade 1	Pansement Robert Jones avec attelle pendant 25 jours puis cagéothérapie	Cicatrisation complète avec pontage des 4 corticales	Contrôle radiographique: très bonne cicatrisation, légère incurvation du tibia	Aucune	Excellent
FRACTURE METATARSE									
CT13Q	Lili, européen femelle stérilisée, 2 ans et 6 mois	Métatarses III et IV G: médio-diaphysaire	Métatarse III G: spiroïde Métatarse IV G: oblique simple	Métatarses III et IV G: Grade 1	Pansement Robert Jones pendant 1 mois	réduction des foyers fracturaires	Questionnaire téléphonique: légère déformation de l'extrémité du membre et légère gêne de l'animal	Aucune	Excellent

N° du cas	Signalisation de l'animal	localisation de la fracture	Type de fracture	Degré de déplacement	Traitement	Résultats à court terme	Résultats au long terme (questionnaire ou visite de contrôle)	Complication	Résultat
FRACTURE METATARSE									
CT14	Bob , sacré de Birmanie mâle castré, 6 ans et 8 mois, 4 kg	Métatarse IV D: médio-diaphysaire	simple transverse	Grade 2	Pansement Robert Jones avec attelle pendant 1 mois et 1 semaine	1 mois et 7 jours: cicatrisation en cours, cal osseux avec pontage des corticales, boiterie avec appui	pas d'information	Défait d'alignement des bouts fracturaires: cal vicieux possible	Satisfaisant
CT15R	Loca , européen femelle stérilisée, 6 ans et 2 mois	Métatarses II, III, IV et V: médio-diaphysaire	oblique courte	Grade 2 à 3	Pansement Robert Jones pendant 1 mois et 1 semaine	Boiterie sans appui, cal vicieux, mauvaise cicatrisation	Radiographie de suivi/ : boiterie avec appui, mauvais alignement des anciens abouts fracturaire	Cal vicieux et pseudarthrose hypertrophique sur tous les anciens sites fracturaires	Satisfaisant
CT16	Barouch , européen mâle entier, 10 mois et 22 jours	Métatarses II, III, IV et V: médio-diaphysaire	Transverse simple	Grade 2 à 3	Pansement Robert Jones pendant 1 mois	Métatarses III et IV: cal osseux, Métatarses II et V: Légère cicatrisation, mauvais alignement des abouts fracturaires	pas d'information	Mauvais alignement des abouts fracturaires: cal vicieux	Satisfaisant
FRACTURE BASSIN									
CT17Q	Grelot , européen mâle entier, 1 an 1 mois et 2 semaines, 4,5 kg	Table ischiatique G, disjonction sacro-iliaque	Multi-esquilleuse	Grade 1	Repos strict pendant 5 semaines	5 semaines: pas de boiterie, cicatrisation en cours	Questionnaire téléphonique: pas de boiterie, pas de complication	Aucune	Excellent
CT18	Pepine , européen femelle stérilisée, 2 ans et 8 mois	Aile de l'ilium G, branche montante du pubis G	multi esquilleuse transverse	Grade 3	Cageothérapie	Absence de boiterie, cal osseux avec pontage des corticales; en cours de cicatrisation	Pas d'information	Aucune	Excellent
CT19R	Siara , européen femelle non stérilisée, 8 mois	Corps de l'ilium D, disjonction de la symphyse pubienne	Multi-esquilleuse	Grade 1	Repos stricte pendant 1 mois	Déplacement majeur de l'ile de l'ilium D, boiterie avec appui	Radiographie de suivi: Déformation de l'ilium D, mauvais alignement du pubis D et G, diminution de l'espace articulaire coxo-fémoral	Aucune	Excellent

N° du cas	Signalisation de l'animal	localisation de la fracture	Type de fracture	Degré de déplacement	Traitement	Résultats à court terme	Résultats au long terme (questionnaire ou visite de contrôle)	Complication	Résultat
FRACTURE BASSIN									
CT4	Felix , européen mâle non castré, 4 mois et 2 semaines, 2,3 kg	cavité acétabulaire, disjonction sacro-iliaque bilatérale	Transverse simple	Grade 1	Cagéothérapie pendant 1 mois	2 mois et 2 semaines: Boiterie mais fracture du fémur D associée, cicatrisation complète avec irrégularité des contours de l'articulation coxo-fémorale	Pas d'information	Arthrose d'ampleur modérée de l'articulation coxo-fémorale droite	Excellent
CT8	Missi , européen femelle non stérilisée, 3 mois et 11 jours, 2 kg	table ischiatique	transverse simple branche montante	Grade 1	Cagéothérapie	3 mois: pas de boiterie, cicatrisation complète	pas d'information	Aucune	Excellent
CT20	Thomas , européen mâle non castré, 5 mois et 20 jours, 3,3kg	Pubis et ischium G	Transverse simple	Grade 1	Cagéothérapie pendant 1 mois et 4 jours	1 mois et 4 jours: boiterie avec appui, cicatrisation osseuse sans signes de complications	pas d'information	Aucune	Excellent
CT9Q	Tigrou , européen mâle non castré, 4 mois et 3 semaines, 3kg	Disjonction sacro-iliaque G, pubis G, aile de l'ilium D	ilium D: transverse simple Pubis G: esquilleuse	ilium D: Grade 1 Pubis G: Grade 2	Cagéothérapie pendant 1 mois	Boiterie avec appui, cal osseux autour des sites fracturaires	Questionnaire téléphonique: pas de boiterie	Aucune	Excellent
CT21	Nina , européen femelle stérilisée, 2 ans et 5 mois, 3,3kg	Branche montante de l'ischium D	Oblique longue	Grade 2	Repos pendant 6 semaines	1 mois et 20 jours: Cal osseux en cours de formation, trait de fracture toujours visible	Pas d'information	Aucune	Excellent

LES TRAITEMENTS NON CHIRURGICAUX DES FRACTURES DU SQUELETTE APPENDICULAIRE CHEZ LES CARNIVORES DOMESTIQUES, ÉTUDE RÉTROSPECTIVE SUR 52 CAS.

NOM et Prénom : GUGUEN Marie-Amélie

Résumé

Avec le développement des chirurgies orthopédiques, les fractures appendiculaires des carnivores domestiques sont de moins en moins traitées de manière non chirurgicale. L'indication principale de ce type de traitement est la fracture transverse simple diaphysaire. Après avoir fait un rappel sur les fractures, leur cicatrisation osseuse et leurs complications, les traitements non chirurgicaux ont été détaillés ainsi que leurs indications et contre-indications dans la littérature. Cette méthode de traitement est possible quand la fracture est suffisamment stable pour qu'une cicatrisation osseuse secondaire se mette en place.

L'étude rétrospective porte sur 52 cas traités de manière non chirurgicale à l'ENVA entre septembre 2009 et juillet 2013, et dont les propriétaires ont été contactés pour répondre à un questionnaire téléphonique et invités à réaliser une radiographie de contrôle à l'ENVA. L'objectif était d'évaluer les fractures non opérées, leur cicatrisation et le suivi des patients afin de déterminer sous quelles conditions le traitement conservateur peut être une méthode appropriée pour le traitement des fractures du squelette appendiculaire chez les carnivores domestiques. Pour chaque fracture, l'âge de l'animal, l'os et la localisation de la fracture, le degré de déplacement de la fracture, le type de traitement non chirurgical et les éventuelles complications de la cicatrisation osseuse ont été étudiés. Pour chaque cas la cicatrisation osseuse a été évaluée de manière qualitative et un résultat (excellent, satisfaisant ou insatisfaisant) a été attribué.

Nous avons pu contrôler 20 cas radiographiquement après une moyenne de 958 jours après la date de la fracture. Onze propriétaires ont répondu aux questionnaires téléphoniques, nous donnant des informations sur l'évolution clinique de l'animal. Un peu plus d'un tiers des cas ont eu des complications de la cicatrisation osseuse mais seulement un peu plus d'un quart présentaient des signes cliniques. Les résultats obtenus nous ont permis de confirmer et d'établir des principes généraux sur les fractures traitées de manière non chirurgicale.

Mots clés : TRAITEMENT NON CHIRURGICAL / BANDAGE / QUESTIONNAIRE / SUIVI CLINIQUE / SQUELETTE APPENDICULAIRE / CICATRISATION / CAL OSSEUX / PSEUDARTHROSE / FRACTURE / COMPLICATION / CARNIVORE DOMESTIQUE / CHIEN / CHAT / ENVA

Jury :

Président : Pr.

Directeur : Dr Gerhard Niebauer

Assesseur : Dr Henry Chateau

NON-SURGICAL TREATMENT OF FRACTURES OF APPENDICULAR SKELETAL BY DOMESTIC CARNIVORES, RESTROSPECTIVE STUDY OF 52 CASES

SURNAME : GUGUEN

Given name : Marie - Amélie

Summary

With the development of orthopedic surgeries, appendicular fractures of domestic carnivores are less treated non-surgically. The main indication for this type of treatment is the simple transverse fracture on the diaphysis.

This work begins with a reminder of fractures, bone healing and complications of bone healing. Then are detailed non-surgical treatments, indications and counter-argument in the scientific literature. This method of treatment is possible when the fracture is enough stable and that a secondary bone healing appears.

The retrospective study cover 52 cases treated non-surgically in ENVA between September 2009 and July 2013. Their owners were contacted to respond to a phone quiz and we offered them to come to make radiography in ENVA. The objective was to evaluate the non-operated fractures, their healing and monitoring of patients. This to determine the conditions for the conservative treatment may be an appropriate method for the treatment of fractures of the appendicular skeletal by domestic carnivores. For each fracture, the age of the animal, the bone and location of the fracture, the degree of displacement of the fracture, the type of non-surgical treatment and possible complications of bone healing were investigated. For each case bone healing was evaluated qualitatively and an outcome (excellent, satisfactory or unsatisfactory) was awarded.

We were able to 20 radiographic follows after an average of 958 days after the date of the fracture. Eleven owners responded to telephone questionnaires and gave us information on the clinical condition of their animal. Just over a third of cases had complications of bone healing but only a little over a quarter had clinical signs. The results obtained allowed us to confirm and establish the general principles on non-surgically treated fractures.

Keywords : NON-SURGICAL TREATMENT / BANDAGE / QUIZ / CLINICAL MONITORING / APPENDICULAR SKELETAL / BONE CALLUS / NONUNION / FRACTURE / COMPLICATION / DOMESTIC CARNIVORES / DOG / CAT / ENVA

Jury :

President : Pr.

Director : Dr Gerhard Niebauer

Assessor : Dr Henry Chateau