



HAL
open science

Prise en charge des fractures des os longs chez le cochon d'Inde

Apolline Frey

► **To cite this version:**

Apolline Frey. Prise en charge des fractures des os longs chez le cochon d'Inde. Médecine vétérinaire et santé animale. 2023. dumas-04303094

HAL Id: dumas-04303094

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-04303094v1>

Submitted on 23 Nov 2023

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License

Année 2023

PRISE EN CHARGE DES FRACTURES DES OS LONGS CHEZ LE COCHON D'INDE

THÈSE

pour obtenir le diplôme d'État de

DOCTEUR VÉTÉRAIRE

présentée et soutenue publiquement devant

la Faculté de Médecine de Créteil (UPEC)

le 19 octobre 2023

par

Apolline, Juliette, Manon FREY

sous la direction de

Charly PIGNON

JURY

Président du jury :	M. Mathieu MANASSERO	Professeur à l'EnvA
Directeur de thèse :	M. Charly PIGNON	Ingénieur de recherche (DMV) à l'EnvA
Examineur :	M. Pascal ARNÉ	Maître de Conférences à l'EnvA

Liste des enseignants intervenant dans l'encadrement des thèses de Doctorat vétérinaire

Version juillet 2023



Liste des Professeurs et Maîtres de conférences titulaires de l'HDR

M	Adjou	Karim	Professeur	DPASP
M	Audigé	Fabrice	Professeur	DEPEC
M	Bellier	Sylvain	Professeur	DSBP
M	Blaga	Radu	Professeur	DSBP
M	Blot	Stéphane	Professeur	DEPEC
M	Boulouis	Henri-Jean	Professeur émérite	DSBP
Mme	Chahory	Sabine	Professeur	DEPEC
M	Chateau	Henry	Professeur	DSBP
Mme	Chetboul	Valerie	Professeur	DEPEC
Mme	Crevier-Denoix	Nathalie	Professeur	DSBP
M	Degueurce	Christophe	Professeur	DSBP
M	Denoix	Jean-Marie	Professeur	DEPEC
M	Desquilbet	Loïc	Professeur	DSBP
Mme	Dufour	Barbara	Professeur émérite	DPASP
M	Eloit	Marc	Professeur	DSBP
M	Fayolle	Pascal	Professeur émérite	DEPEC
M	Federighi	Michel	Professeur	DPASP
M	Fontbonne	Alain	Professeur	DEPEC
Mme	Gilbert	Caroline	Professeur	DSBP
M	Grandjean	Dominique	Professeur	DEPEC
Mme	Grimard-Ballif	Bénédicte	Professeur	DPASP
Mme	Haddad-Hoang Xuan	Nadia	Professeur	DPASP
M	Jouvion	Gregory	Professeur	DSBP
M	Kohlhauer	Matthias	Professeur	DSBP
Mme	Le Poder	Sophie	Professeur	DSBP
Mme	Le Roux	Delphine	Maître de conférences HDR	DSBP
M	Manassero	Mathieu	Professeur	DEPEC
Mme	Maurey-Guénec	Christelle	Professeur	DEPEC
M	Millemann	Yves	Professeur	DPASP
Mme	Pilot-Storck	Fanny	Professeur	DSBP
M	Pontier	Andrew	Professeur	DPASP
Mme	Risco-Castillo	Véronica	Maître de conférences HDR	DSBP
Mme	Rivière	Julie	Maître de conférences HDR	DPASP
Mme	Robert	Céline	Professeur	DSBP
M	Tiret	Laurent	Professeur	DSBP
M	Tissier	Renaud	Professeur	DSBP
M	Verwaerde	Patrick	Professeur	DEPEC
Mme	Viateau	Véronique	Professeur	DEPEC

Liste des Maîtres de conférences et Ingénieurs de recherche DMV

M	Amé	Pascal	Maître de conférences	DPASP
Mme	Barassin	Isabelle	Maître de conférences	DPASP
Mme	Barbarino	Alix	Ingénieur de recherche (DMV)	DEPEC
Mme	Benckroun	Ghita	Maître de conférences	DEPEC
Mme	Bertoni	Lelia	Maître de conférences	DEPEC
M	Bolnot	Francois	Maître de conférences	DPASP
Mme	Canonne-Guibert	Morgane	Maître de conférences	DEPEC
Mme	Chevallier	Lucie	Maître de conférences	DSBP
Mme	Cochet-Faivre	Noëlle	Maître de conférences	DEPEC
Mme	Cordonnier-Lefort	Nathalie	Maître de conférences	DSBP
Mme	Coudry	Virginie	Ingénieur de recherche (DMV)	DEPEC
Mme	Crepeaux	Guillemette	Maître de conférences	DSBP
M	Crozet	Guillaume	Maître de conférences	DPASP
Mme	De Paula Reis	Alline	Maître de conférences	DPASP
M	Delsart	Maxime	Maître de conférences	DPASP
Mme	Denis	Marine	Ingénieur de recherche (DMV)	DPASP
M	Deshuillers	Pierre	Maître de conférences	DSBP
M	Gauthier	Michel	Maître de conférences associé	DPASP
Mme	Guérin	Virginie	Maître de conférences	DSBP
Mme	Guélin-Poirier	Valentine	Maître de conférences	DPASP
Mme	Jacquet	Sandrine	Ingénieur de recherche (DMV)	DEPEC
M	Kurtz	Maxime	Ingénieur de recherche (DMV)	DEPEC
Mme	Lagré	Anne-Claire	Maître de conférences	DSBP
Mme	Le Dudal	Marine	Ingénieur de recherche (DMV)	DSBP
Mme	Legrand	Chantal	Maître de conférences associé	DSBP
M	Mammeri	Mohamed	Maître de conférences	DSBP
Mme	Manguin	Estelle	Maître de conférences	DEPEC
Mme	Marignac	Genevieve	Maître de conférences	DSBP
Mme	Marotto	Stéphanie	Ingénieur de recherche (DMV)	DEPEC
Mme	Maurice	Emeline	Ingénieur de recherche (DMV)	DEPEC
Mme	Mespoules-Rivière	Céline	Ingénieur de recherche (DMV)	DEPEC
Mme	Mtmet	Narjès	Maître de conférences	DPASP
M	Mortier	Jérémy	Maître de conférences associé	DEPEC
M	Nudelmann	Nicolas	Maître de conférences	DEPEC
M	Pignon	Charly	Ingénieur de recherche (DMV)	DEPEC
M	Polack	Bruno	Maître de conférences	DSBP
Mme	Quéré	Emilie	Ingénieur de recherche (DMV)	DEPEC
Mme	Ravary-Plumioën	Bérangère	Ingénieur de recherche (DMV)	DPASP
M	Reyes-Gomez	Edouard	Maître de conférences	DSBP
Mme	Rose	Hélène	Maître de conférences associé	DSBP
M	Tanquerel	Ludovic	Maître de conférences	DEPEC

Remerciements

Au Président du Jury de cette thèse, M. MANASSERO, Professeur à l'EnvA,
Pour m'avoir fait l'honneur d'accepter la présidence de mon jury de thèse,
Hommage respectueux.

À Monsieur PIGNON, Ingénieur de recherche à l'EnvA,
Pour avoir accepté d'être mon directeur de thèse, votre intérêt pour mon travail, votre grande disponibilité et vos nombreux conseils durant la rédaction de ma thèse,
Mes remerciements les plus respectueux.

À Monsieur ARNÉ, Maître de conférences à l'EnvA,
Pour m'avoir fait l'honneur d'accepter le poste d'examineur de thèse,
Sincères remerciements.

À Monsieur PAOLETTI, Praticien hospitalier au CHV ADVETIA,
Pour votre disponibilité et votre aide dans ma recherche de cas,
Un grand merci.

À Monsieur HUYNH, Praticien hospitalier au CHV FREGIS,
Pour vos conseils et votre aide dans ma recherche de cas,
Sincères remerciements.

À Monsieur SZABO, Directeur des services exotiques à Pet Care Concordia
Pour avoir accepté de me transmettre des images de certains des cas que vous avez opérés,
Merci infiniment.

À ma famille et mes amis,
Pour qui mes sentiments sont inexprimables.

Table des matières

Liste des figures.....	3
Liste des tableaux.....	5
Liste des abréviations.....	6
Introduction.....	7
Première partie : bibliographie.....	9
1. Le cochon d'Inde et ses particularités.....	9
A. <i>Présentation générale</i>	9
a. Histoire naturelle.....	9
b. Paramètres physiologiques.....	9
B. <i>Spécificités comportementales</i>	10
C. <i>Anatomie du cochon d'Inde</i>	10
a. Aspect général.....	10
b. Particularités de la tête.....	10
c. Particularités du squelette.....	11
2. Les fractures des os longs.....	13
A. <i>Principales causes de fracture des os longs chez le cochon d'Inde</i>	13
B. <i>Répartition des fractures des os longs</i>	13
C. <i>Classification des fractures des os longs</i>	14
a. Définition.....	14
b. Causes.....	14
c. Présence d'une plaie.....	15
d. Étendue des lésions.....	15
e. Localisation du trait de fracture.....	15
f. Direction et aspect du trait de fracture.....	16
g. Déplacement de l'about osseux distal.....	16
h. Stabilité après réduction.....	16
D. <i>Diagnostic et principes de prise en charge des fractures des os longs chez le cochon d'Inde</i>	17
a. Diagnostic.....	17
b. Principes de prise en charge.....	18
E. <i>Traitement conservateur des fractures des os longs chez le cochon d'Inde</i>	19
a. Coaptation externe.....	19
b. Cageothérapie.....	21
F. <i>Traitement chirurgical des fractures des os longs chez le cochon d'Inde</i>	21
a. Considérations préliminaires.....	21
b. Fixateurs externes.....	21
c. Enclouage centro-médullaire.....	23
d. Particularité du « Tie-In ».....	25
e. Cerclage.....	26
f. Plaques osseuses.....	27
g. Spécificité de la prise en charge des fractures ouvertes.....	28
h. Amputation.....	28
G. <i>Cicatrisation de l'os long</i>	29
3. Prise en charge péri-opératoire des fractures des os longs chez le cochon d'Inde.....	30
A. <i>Prise en charge pré-opératoire</i>	30
a. Accueil de l'animal.....	30
b. Asepsie et antibiothérapie.....	30
c. Analgésie et anesthésie.....	31
B. <i>Suivi post-opératoire</i>	34
a. Soins post-opératoires.....	34
b. Contrôles radiographiques.....	35
c. Complications fréquentes.....	35

Deuxième partie : étude rétrospective de 19 cas de fractures de l'os long, prises en charge dans trois CHV d'Ile de France entre août 2003 et juillet 2021	37
1. Introduction	37
2. Matériels et méthodes.....	37
A. Sélection des cas	37
B. Animaux entrant dans l'étude	37
3. Résultats	38
A. Description des cas	38
B. Anesthésie.....	40
C. Matériels utilisés.....	40
D. Évaluation de la prise en charge	40
E. Caractéristiques du suivi post-traitement	41
F. Types de traitements, suivis post-traitement et complications	41
a. Types de traitements.....	41
b. Suivis post-traitement et complications	41
4. Discussion.....	44
Conclusion.....	49
Liste des références bibliographiques.....	51
Annexe 1 : Base de données de l'étude rétrospective	55
Annexe 2 : Radiographies des cas de l'étude rétrospective.....	58

Liste des figures

Figure 1 : Cavité buccale du cochon d'Inde (Riggs, 2009)	11
Figure 2 : Aspect crânial et caudal d'un ensemble radius-ulna de cochon d'Inde (Cooper et Schiller, 1975)	12
Figure 3 : Aspect crânial et caudal d'un ensemble tibia-fibula de cochon d'Inde (Cooper et Schiller, 1975)	12
Figure 4 : Aspect crânial et caudal d'un fémur de cochon d'Inde (Cooper et Schiller, 1975)	13
Figure 5 : Nomenclature descriptive des fractures diaphysaires. A – Ouverte ; B – En bois vert ; C – Fissure ; D – Transverse ; E – Oblique ; F – Spiroïde ; G – Multifragmentaire réductible ; H – Multifragmentaire non réductible ; I – Multiple ou segmentaire (Piermattei <i>et al.</i> , 2006)	14
Figure 6 : Anatomie de l'os long (d'après un cours du Professeur Viateau, 2020)	16
Figure 7 : Clichés radiographiques de face et de profil d'un corps entier de cochon d'Inde sain (Riggs, 2009)	17
Figure 8 : Longueur optimale du pansement (zone figurée en gris clair) en fonction de la zone de fracture (zone figurée en gris foncé) (Piermattei <i>et al.</i> , 2006)	19
Figure 9 : Etape de la méthode d'Altman utilisée pour la prise en charge d'une fracture tibiale chez un cochon d'Inde (crédits photographiques : EnvA)	20
Figure 10 : Champs chirurgicaux semi-transparents et écarteur Lone Star (Capello, 2011)	21
Figure 11 : Prise en charge par fixateur externe d'une fracture transverse ouverte du tibia chez un cochon d'Inde de quatre mois, des aiguilles de gauche 20 faisant office de broche et des morceaux de seringue à insuline faisant office de barres de connexion (Conn, 2000)	22
Figure 12 : Radiographies post-opératoires d'une prise en charge par enclouage centro-médullaire sur une fracture oblique fermée du tibia chez un cochon d'Inde de trois mois. A – Radiographie post-opératoire cranio-caudale immédiate montrant une réduction acceptable de la fracture ; B – Radiographie post-opératoire médio-latérale immédiate ; C – Radiographie cranio-caudale post-opératoire à 21 jours permettant d'observer la formation d'un cal (flèche) ; D – Radiographie médio-latérale post-opératoire à 21 jours permettant d'observer la formation d'un cal (flèche) (Macedo <i>et al.</i> , 2015)	24
Figure 13 : Exemple d'une utilisation combinée d'un fixateur externe et d'un enclouage centro-médullaire pour la stabilisation d'une fracture transverse simple de fémur chez un chien (Piermattei <i>et al.</i> , 2006)	25
Figure 14 : Prise en charge par Tie-In d'une fracture oblique fermée du tibia chez un cochon d'Inde et radiographies pré-opératoires et post-opératoires (immédiates, à trois semaines et à six semaines après retrait du montage) (crédits photographiques : Z. Szabo)	26

Figure 15 : Prise en charge par enclouage centro-médullaire associée à un cerclage d'une fracture transverse simple fermée de l'ulna chez le cas n°14 de l'étude rétrospective (crédits photographiques : EnvA).....	27
Figure 16 : Cochon d'Inde anesthésié sur un tapis chauffant avec le membre préparé de manière aseptique (Aguiar <i>et al.</i> , 2014)	30
Figure 17 : Bloc du nerf sciatique placé à mi-chemin entre la tubérosité ischiatique et le grand trochanter (Aguiar <i>et al.</i> , 2014).....	32
Figure 18 : Bloc du nerf fémoral réalisé en décubitus latéral, avec l'aiguille insérée entre le muscle sartorius (crânialement) et l'artère fémorale (caudalement) (Aguiar <i>et al.</i> , 2014)	32
Figure 19 : Induction au masque d'un cochon d'Inde : un capteur Doppler est placé sur le membre thoracique droit pour monitorer la fréquence cardiaque (Riggs, 2009)	33
Figure 20 : Cochon d'Inde placé en position de Trendelenburg inversée (Capello, 2011)	33
Figure 21 : Cochon d'Inde anesthésié sur tapis chauffant dont le rythme cardiaque est monitoré par ECG et placé sous champs transparents (crédits photographiques : EnvA)	34
Figure 22 : Radiographies d'une fracture spiroïde esquilleuse du fémur droit chez le cas n°5 (crédits : EnvA).....	39
Figure 23 : Radiographies post-opératoires immédiates d'une prise en charge par enclouage centro-médullaire d'une fracture transverse fermée du fémur chez le cas n°5 (crédits : EnvA)	41
Figure 24 : Radiographie abdominale de profil droit mettant en évidence un iléus digestif à onze jours post-opératoires chez le cas n°14 (crédits : EnvA)	44

Liste des tableaux

Tableau 1 : Taxonomie du cochon d'Inde (d'après Riggs, 2009).....	9
Tableau 2 : Paramètres physiologiques du cochon d'Inde (Mayer, 2013 ; Riggs, 2009).....	9
Tableau 3 : Causes des fractures des os longs chez les cas étudiés.....	38
Tableau 4 : Répartition des fractures des os longs chez les cas étudiés	39
Tableau 5 : Répartition des types de fractures des os longs chez les cas étudiés	39
Tableau 6 : Protocole anesthésique de trois cas opérés	40
Tableau 7 : Répartition des traitements réalisés chez les cas étudiés	41
Tableau 8 : Suivi post-traitement des cas pris en charge par traitement conservateur	42
Tableau 9 : Suivi post-traitement des cas pris en charge chirurgicalement.....	43

Liste des abréviations

CHV : Centre Hospitalier Vétérinaire

CHUVA-Ac : Centre Hospitalier Universitaire Vétérinaire d'Alfort, pôle Animaux de compagnie

pmg : Picomilligramme

g : Gramme

kg : Kilogramme

mL : Millilitre

bpm : Battements par minute

mm : Millimètre

cm : Centimètre

IM : Intramusculaire

N.D. : Non disponible

S.O. : Sans objet

ECM : Enclouage centro-médullaire

ECG : Électrocardiographe

Introduction

Le cochon d'Inde vit auprès des humains depuis plus de 10 000 ans. D'abord élevé pour sa viande dans les tribus sud-américaines, il est maintenant un animal de compagnie très apprécié pour son caractère sociable et ses vocalisations expressives. D'un point de vue vétérinaire, il fait partie des Nouveaux Animaux de Compagnie (NAC) dont la possession est de plus en plus démocratisée. En effet, une étude réalisée en 2022 par la FACCO (Chambre Syndicale des Fabricants d'Aliments pour Chiens, Chats, Oiseaux et autres animaux familiers) relate que cette année-là, près de 5,5% des foyers français possédaient un petit mammifère de compagnie, dont la population en France comptait environ 2,87 millions individus et progressait chaque année de 9%. En réponse à cet engouement, les connaissances en médecine et en chirurgie des NAC ne cessent de se développer pour faire face à un nombre croissant de consultations, qui concernent notamment des cochons d'Inde.

Une étude rétrospective sur la prévalence des maladies chez le cochon d'Inde a été menée en 2015 par Minarikova et collaborateurs. Sur 1000 individus étudiés, seuls huit souffraient de fractures mais sept d'entre eux avaient des fractures des os longs : quatre avaient une fracture du fémur, deux avaient une fracture du tibia, un individu avait une fracture du radius, et le dernier une fracture du crâne. La prise en charge de ce type de traumatisme, certes faiblement représenté, constitue un défi à part entière en médecine vétérinaire. En effet, les cochons d'Inde ont une faible tolérance au stress et à la douleur. L'accueil en hospitalisation et l'analgésie de l'animal traumatisé peuvent donc s'avérer être des étapes délicates, de même que l'anesthésie car chez le cochon d'Inde, l'intubation et la pose d'une voie veineuse sont difficiles et non systématiques. Enfin la prise en charge orthopédique ou chirurgicale des fractures doit également tenir compte de la petite taille de l'animal et de la spécificité de son rythme de vie lors de la convalescence.

Cette thèse vise à étudier la prise en charge des fractures chez le cochon d'Inde en se limitant aux os longs, qui sont ceux qui font le plus objet de consultation. Elle fait d'une part un état des lieux des connaissances disponibles dans la littérature scientifique concernant les différentes méthodes, chirurgicales ou non, de prise en charge de ces fractures. D'autre part, cette thèse s'appuie sur une analyse rétrospective de 19 cas de cochons d'Inde ayant été pris en charge entre août 2003 et juillet 2021 pour des fractures des os longs, dans différents CHV d'Ile de France, plus précisément au CHUVA-Ac, au CHV ADVETIA et au CHV FREGIS.

Dans une première partie, nous rappellerons les particularités comportementales et anatomiques du cochon d'Inde puis nous décrirons les fractures des os longs d'un point de vue général et dans le cas particulier de cet animal. A partir d'articles scientifiques, nous étudierons ensuite l'ensemble des techniques de prise en charge des fractures des os longs du cochon d'Inde tout en insistant sur les spécificités de la prise en charge péri-opératoire. Dans une deuxième partie, nous analyserons les 19 cas de cochons d'Inde ayant été pris en charge dans trois CHV d'Ile de France entre août 2003 et juillet 2021 pour des fractures des os longs, dans le but de décrire les différentes techniques qui ont été réalisées en pratique et d'appréhender leur effet sur la guérison des animaux.

Première partie : bibliographie

1. Le cochon d'Inde et ses particularités

A. Présentation générale

a. Histoire naturelle

Le cochon d'Inde (*Cavia porcellus*) est un rongeur originaire d'Amérique du Sud (Riggs, 2009). Son ancêtre sauvage *Cavia* spp était utilisé par les peuples indigènes comme source de nourriture, objet de rituel ou de médecine, depuis plus de 10 000 ans. Les premières traces de sa domestication remontent entre 6000 et 2000 avant JC. Ce processus a permis de sélectionner des espèces et des races adaptées aux besoins humains. Au Pérou, la domestication a conduit au passage de l'espèce *Cavia tschudii* à *Cavia porcellus*. Vers l'an 600 après JC, des individus de *Cavia porcellus* ont été exportés du Pérou vers les Antilles, où cette espèce a été élevée comme animal de compagnie. Ce n'est qu'au 17^{ème} siècle que le cochon d'Inde a été importé en Europe, pour atteindre ensuite les États-Unis au 19^{ème} siècle, où il était principalement réservé aux classes supérieures. Cette distribution du cochon d'Inde sur différents continents témoigne des échanges commerciaux de l'époque (Lord *et al.*, 2020). Au cours du 18^{ème} siècle, le cochon d'Inde devient un animal de laboratoire privilégié, ce qui lui vaut son surnom de cobaye (Endersby, 2007 ; Wagner, 1976).

Ainsi, l'histoire naturelle du cochon d'Inde est particulièrement riche. Elle reflète une grande diversité d'usages que ce soit dans l'alimentation, les rituels et la médecine de la culture sud-américaine, ou plus tard comme animal de compagnie et animal de laboratoire pour des études scientifiques.

Tableau 1 : Taxonomie du cochon d'Inde (d'après Riggs, 2009)

Ordre	<i>Rodentia</i> (Rongeurs)
Sous-Ordre	<i>Hystricomorpha</i> (Hystricomorphes ou Caviomorphes)
Famille	<i>Caviidae</i> (Caviidés)
Sous-Famille	<i>Caviinae</i>
Genre	<i>Cavia</i>
Espèce	<i>Porcellus</i>

b. Paramètres physiologiques

Les paramètres physiologiques du cochon d'Inde sont décrits dans le tableau suivant.

Tableau 2 : Paramètres physiologiques du cochon d'Inde (Mayer, 2013 ; Riggs, 2009)

Espérance de vie en captivité	5 à 7 ans
Poids à l'âge adulte	Mâle : 900 à 1200 g Femelle : 700 à 900 g
Température rectale	37,2 à 39,5°C
Volume sanguin moyen	70 mL/kg
Fréquence cardiaque	240 à 310 bpm

B. Spécificités comportementales

De par sa condition de proie, le cochon d'Inde adopte un comportement particulier face à une menace : soit il se fige dans une position immobile dans l'espoir de passer inaperçu, soit il tente une fuite soudaine pour échapper au danger. Ce second comportement le rend sujet à des blessures, notamment lors de manipulations. En effet, ce petit rongeur est connu pour avoir tendance à se cabrer ou à se débattre lorsqu'il se sent menacé ou stressé, ce qui peut entraîner des mouvements brusques et des chutes accidentelles si on n'y prête pas garde (Pignon et Mayer, 2021).

Le comportement alimentaire naturel des cochons d'Inde se caractérise par deux pics d'activité à l'aube et au crépuscule. Lorsqu'ils sont hospitalisés, les cochons d'Inde peuvent avoir du mal à accepter un changement de nourriture ou d'environnement, ce qui risque d'entraîner une anorexie (Pignon et Mayer, 2021). De plus, la stimulation adrénérgique produite par un événement stressant ou douloureux entraîne chez ces rongeurs une réduction de la mobilité gastro-intestinale, ce qui les prédispose aux arrêts de transit en hospitalisation (Longley *et al.*, 2008).

Les cochons d'Inde sont des animaux sociables qui ont besoin de la compagnie de leurs congénères. Ainsi, si le cochon d'Inde malade vit habituellement avec des congénères, il peut être conseillé de l'hospitaliser avec l'un d'entre eux afin de réduire le stress de l'hospitalisation. A l'état sauvage, les cochons d'Inde ont tendance à former des groupes de cinq à dix individus et à se réfugier dans des terriers ou des crevasses pour se sentir en sécurité (Walker, 1975). Cependant, malgré leur comportement social, ces rongeurs présentent peu de comportements de grooming (toilette mutuelle) et peuvent parfois manifester de l'agressivité envers les individus les plus soumis, ce qui peut se traduire par des morsures aux oreilles ou le tirage des poils. Ces comportements peuvent être liés à l'établissement de la hiérarchie sociale au sein du groupe (Wagner *et al.*, 1976).

Pour exprimer leurs émotions, les cochons d'Inde utilisent un large éventail de vocalisations. On a décrit jusqu'à onze types de vocalisations différentes chez ces animaux, chacune ayant une signification particulière. Ces vocalisations peuvent servir à exprimer la peur, l'excitation, la soumission ou d'autres émotions, facilitant ainsi la communication au sein du groupe (Berryman, 1976).

C. Anatomie du cochon d'Inde

a. Aspect général

Le corps du cochon d'Inde est trapu, avec des membres courts et une absence de queue, lui conférant un aspect singulier. Ses oreilles sont rondes et dépourvues de poils. Son pelage est constitué d'un gros poil de garde entouré d'un sous-poil fin. La texture et la longueur de son poil permettent de distinguer plus d'une dizaine de races (Pignon et Mayer, 2021).

Parmi les aspects intéressants de l'anatomie du cochon d'Inde, on note la présence de glandes sébacées androgénodépendantes le long de sa colonne vertébrale et autour de son anus, ce qui permet à l'animal de marquer son territoire, ainsi que la présence d'une unique paire de mamelons inguinaux.

b. Particularités de la tête

La tête du cochon d'Inde présente plusieurs caractéristiques anatomiques distinctes. Son crâne présente un nez court et plat, et de larges bulles tympaniques (Riggs, 2009).

Concernant sa dentition, le cochon d'Inde possède une formule dentaire de 2 (I1/1, C0/0, PM1/1, M3/3) équivalant à un total de 20 dents. Ses dents sont élodontes — ce qui signifie qu'elles ont une croissance continue et risquent de former un "pont dentaire" en cas d'usure inadéquate —, et aradicaux hypsodontes — ce qui signifie qu'elles ont une racine ouverte et une longue couronne —. Les incisives se distinguent par leur couleur blanche et il y a un diastème entre les incisives et les dents jugales (Pignon et Mayer, 2021).

La langue du cochon d'Inde est large mais sa cavité buccale est relativement étroite (Figure 1). Plusieurs particularités de cette dernière sont à prendre en considération en cas d'intubation : (i) l'absence de ventricule laryngé, (ii) une continuité entre le palais mou et la base de la langue, (iii) la présence d'un trou appelé ostium palatin dans le palais, qui permet la communication entre l'oropharynx et le pharynx (Timm *et al.*, 1987).

Figure 1 : Cavité buccale du cochon d'Inde (Riggs, 2009)



c. Particularités du squelette

Le squelette du cochon d'Inde présente plusieurs caractéristiques anatomiques importantes. Il est constitué de 32 à 36 vertèbres, réparties selon la formule vertébrale spécifique : C7 T13(14) L6 S2(3) Cd4(6). Le cochon d'Inde possède également 13 à 14 paires de côtes, la dernière étant cartilagineuse. Une caractéristique distinctive de son squelette est la clavicule de forme cylindrique, qui est attachée latéralement au processus coracoïde de la scapula et médialement au manubrium sternal, contribuant à la stabilité de l'épaule et à la mobilité des membres antérieurs. Les membres thoraciques du cochon d'Inde sont dotés de quatre doigts, tandis que les membres pelviens en ont trois, une caractéristique commune aux *Caviidae* (Pignon et Mayer, 2021 ; Riggs, 2009).

Le squelette du cochon d'Inde est caractérisé par des os fragiles et fins, qui sont relativement légers par comparaison avec ceux d'un carnivore domestique (Miwa et Calvo Carrasco, 2019 ; Pignon et Mayer, 2021). En ce qui concerne les membres postérieurs, le tibia du cochon d'Inde est plus long que le fémur, avec peu de tissus mous qui l'entourent. La fibula, bien que présente, est de petite taille et considérée comme virtuelle (Cooper et Schiller, 1975).

Les os longs se caractérisent par une longueur de l'os plus importante que sa largeur et son épaisseur. Ils comprennent les os des membres tels que le radius, l'ulna (Figure 2), l'humérus, le tibia, la fibula (Figure 3) et le fémur (Figure 4). Dotés d'une densité et d'une solidité plus importante que les autres os de l'organisme, les os longs jouent un rôle essentiel de structure et de mobilité. La partie qui suit s'intéresse aux fractures de ces os particuliers.

Figure 2 : Aspect crânial et caudal d'un ensemble radius-ulna de cochon d'Inde (Cooper et Schiller, 1975)

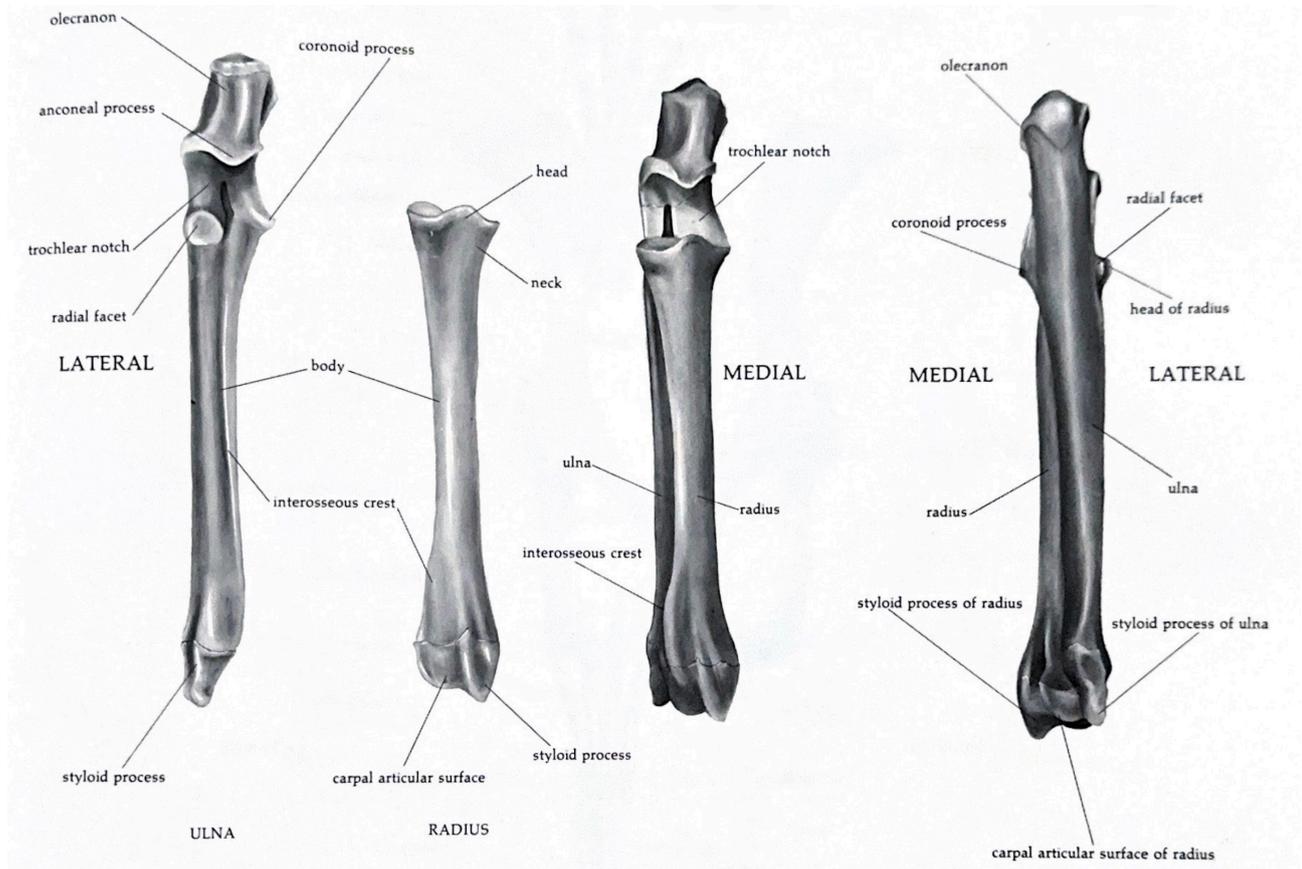


Figure 3 : Aspect crânial et caudal d'un ensemble tibia-fibula de cochon d'Inde (Cooper et Schiller, 1975)

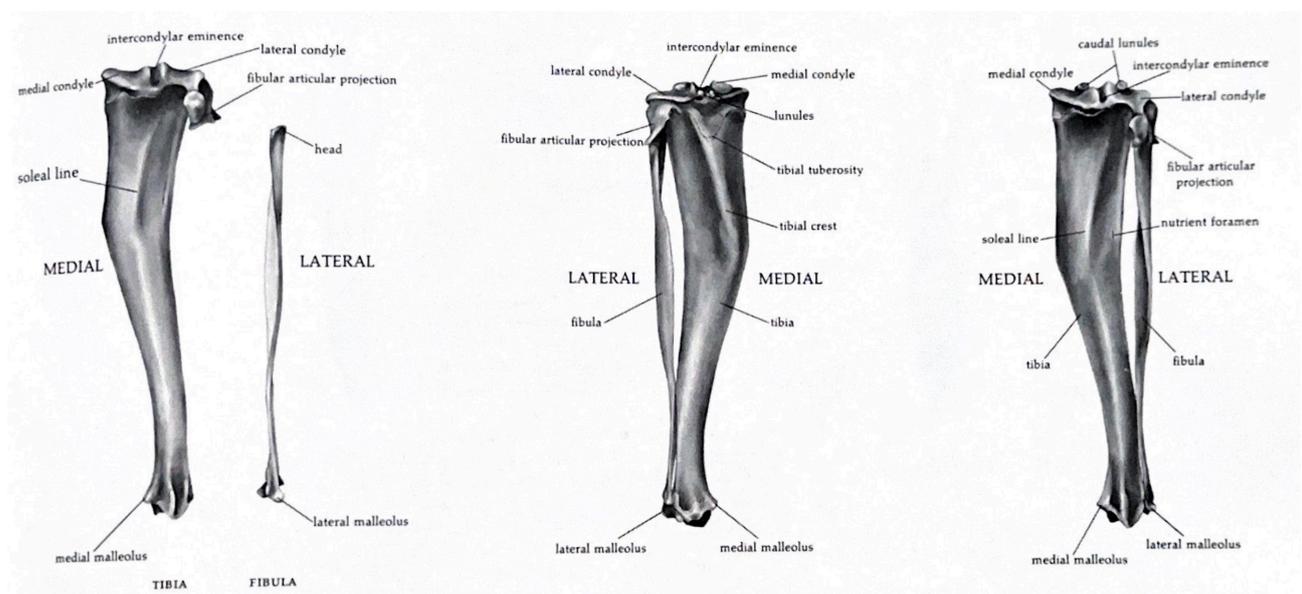
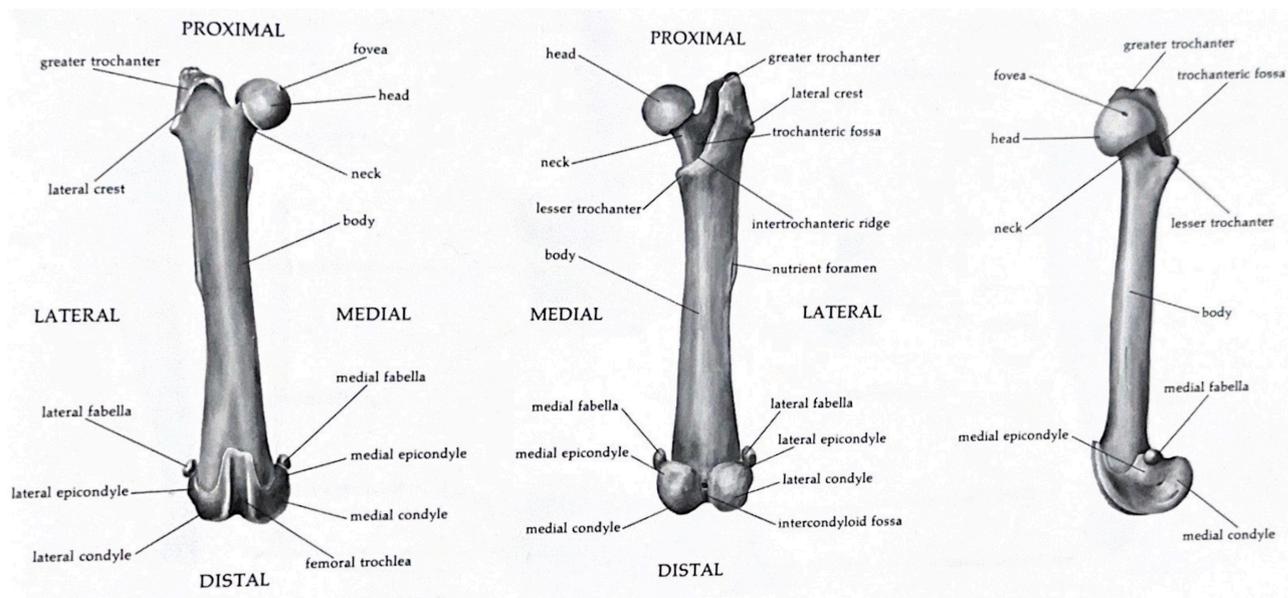


Figure 4 : Aspect crânial et caudal d'un fémur de cochon d'Inde (Cooper et Schiller, 1975)



2. Les fractures des os longs

A. Principales causes de fracture des os longs chez le cochon d'Inde

Les fractures des os longs chez le cochon d'Inde peuvent avoir deux origines : traumatique à la suite de forces inhabituelles exercées sur l'os ou pathologique.

Dans le cas des fractures d'origine traumatique, les chutes accidentelles de faible hauteur sont généralement la cause la plus fréquente, depuis un meuble dont l'accès a été permis par un environnement non adapté ou depuis les bras du propriétaire à cause d'une mauvaise contention (Aguilar *et al.*, 2014 ; Capello, 2011 ; Periat, 2008). Certaines fractures peuvent être également consécutives à un écrasement ou à une attaque par d'autres animaux de compagnie, ou encore se produire après que l'animal se soit coincé dans les barreaux de sa cage. A titre d'exemple chez le lapin, la moitié des fractures sont dues à une chute accidentelle et plus du tiers restant est dû à une erreur humaine (Sasai *et al.*, 2015).

Les fractures pathologiques surviennent, quant à elles, à la suite de maladies métaboliques comme l'ostéodystrophie, ou de processus néoplasiques.

Il est important de noter que l'ancienneté des fractures peut varier car elles peuvent facilement passer inaperçu aux yeux des propriétaires (Helmer et Lightfoot, 2002).

B. Répartition des fractures des os longs

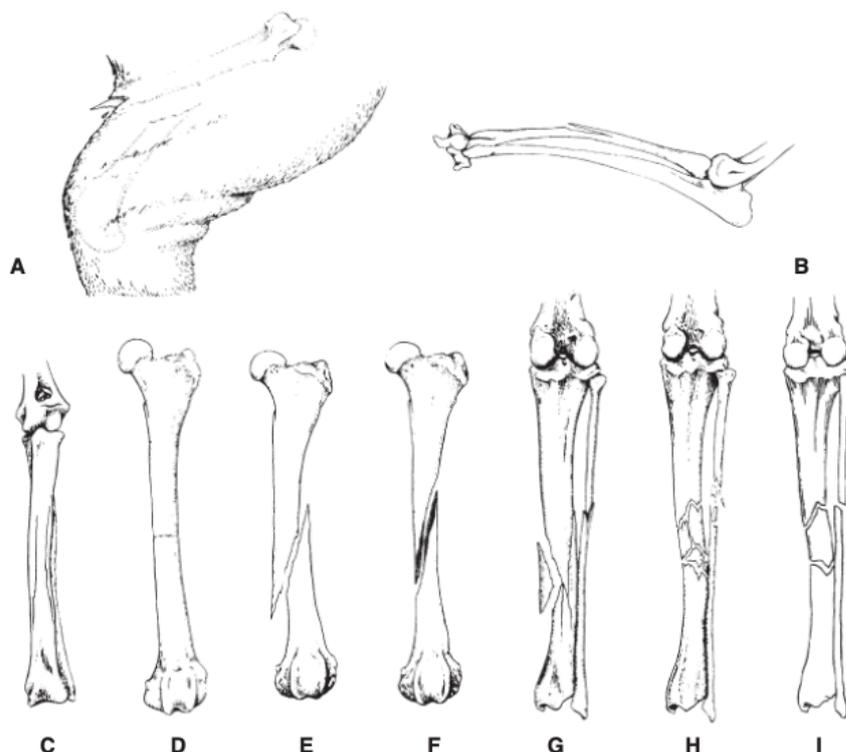
Les os les plus souvent touchés par des fractures chez le cochon d'Inde semblent être le tibia, le fémur et le radius. Cette répartition s'explique par le fait qu'étant un animal d'intérieur, le cochon d'Inde est soumis à des traumatismes de faible impact atteignant plus particulièrement les segments osseux distaux (Capello, 2011 ; Minarikova *et al.*, 2015).

C. Classification des fractures des os longs

a. Définition

Une fracture est une rupture partielle ou totale d'un os ou d'un cartilage. Celle-ci peut s'accompagner d'une atteinte des tissus mous environnants, incluant des perturbations dans l'apport sanguin, ainsi qu'une altération de la fonction du système locomoteur. Pour décrire une fracture, on prend en considération sa morphologie (Figure 5), ses causes, la présence ou non d'une plaie communiquant avec l'extérieur, l'étendue des lésions osseuses, l'étendue du déplacement de l'about osseux distal et enfin sa stabilité après réduction (Piermattei *et al.*, 2006).

Figure 5 : Nomenclature descriptive des fractures diaphysaires. A – Ouverte ; B – En bois vert ; C – Fissure ; D – Transverse ; E – Oblique ; F – Spiroïde ; G – Multifragmentaire réductible ; H – Multifragmentaire non réductible ; I – Multiple ou segmentaire (Piermattei *et al.*, 2006)



b. Causes

Les fractures résultent de l'application d'une force excessive sur l'os. On distingue quatre types de cause (Piermattei *et al.*, 2006) :

- traumatisme direct appliqué sur l'os ;
- traumatisme indirect appliqué à distance de l'os mais transmis à ce dernier, qui subit en retour des forces de compression, de traction, de cisaillement, de flexion et/ou de rotation ;
- maladies osseuses entraînant une destruction osseuse ou une fragilité à un degré tel qu'un traumatisme mineur peut provoquer une fracture dite pathologique (maladies métaboliques ou processus néoplasiques). Cette cause est de plus en plus décrite chez le cochon d'Inde (plus particulièrement dans la race Satin) souffrant d'ostéodystrophie fibreuse. L'origine de cette maladie serait une hyperparathyroïdie primaire ou secondaire, une ration alimentaire avec un faible ratio calcium/phosphore ou une carence en vitamine D (Hawkins, 2010 ; Schwarz *et al.*, 2001) ;
- stress répété entraînant une fracture dite de fatigue.

c. Présence d'une plaie

La présence d'une plaie constitue une source de contamination potentielle dont la gravité dépend de la viabilité des tissus et de l'efficacité du système immunitaire. Helmer et Lightfoot (2002) ont proposé une classification des fractures ouvertes en trois catégories de gravité croissante :

- 1 : la plaie est due à une pénétration de l'os vers l'extérieur (Figure 5, A) ;
- 2 : la plaie est due à un traumatisme externe et contigu à la fracture ;
- 3 : la fracture ouverte est grave et multiple, associée à des lésions des tissus mous de la peau.

Chez le cochon d'Inde, la présence d'une plaie lors de fractures est fréquente car chez ce rongeur, les os ne sont entourés que par peu de tissus mous. C'est d'ailleurs l'une des causes principales de la contamination de l'os tibial de cet animal en cas de fracture ouverte (Miwa et Calvo Carrasco, 2019).

d. Étendue des lésions

L'étendue des lésions au niveau de l'os fracturé peut être décrite comme suit (Piermattei *et al.*, 2006) :

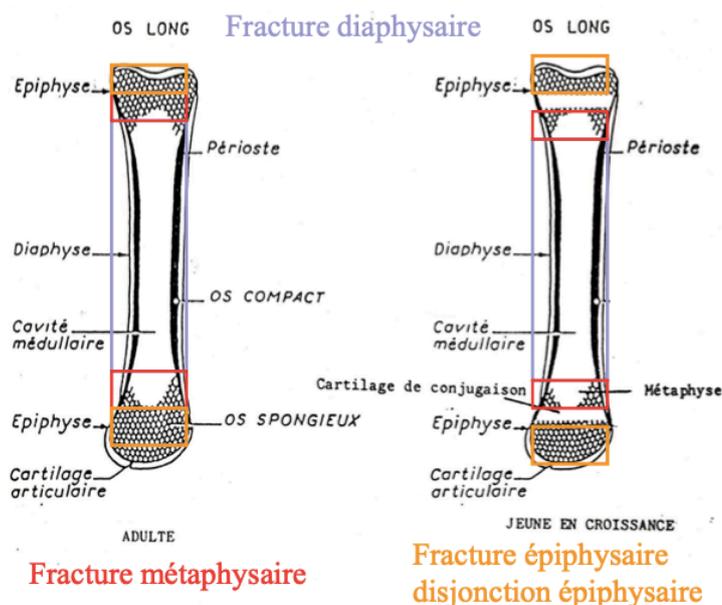
- fracture incomplète ou dite « en bois vert » chez les jeunes animaux : le trait de fracture ne concerne qu'un seul cortex (Figure 5, B) ;
- fêlure : fines fissures pénétrant le cortex dans une direction linéaire ou spiralée sans déplacement des abouts osseux (Figure 5, C) ;
- fracture complète simple : rupture circonférentielle unique de l'os.
- fracture multifragmentaire ou comminutive : un ou plusieurs fragments de taille intermédiaire séparés les uns des autres. Cette dernière se classe en trois catégories :
 - o réductible : fragments de longueur et de largeur supérieures au tiers du diamètre osseux, donnant lieu à une fracture simple après réduction (Figure 5, G) ;
 - o non réductible ou esquilleuse : fragments de longueur et de largeur inférieures au tiers du diamètre osseux (Figure 5, H) ;
 - o fracture multiple ou segmentaire : fracture de l'os en trois morceaux ou plus, les traits de fractures ne se rejoignant pas en un point commun (Figure 5, I).

e. Localisation du trait de fracture

La localisation du trait de fracture sur l'os peut être de différents types (Piermattei *et al.*, 2006), représentés ci-après sur la figure 6 :

- articulaire ;
- épiphysaire ou dite de Salter Harris : disjonction au niveau du cartilage de croissance survenant chez les jeunes animaux ;
- Métaphysaire ;
- Diaphysaire.

Figure 6 : Anatomie de l'os long (d'après un cours du Professeur Viateau, 2020)



f. Direction et aspect du trait de fracture

L'orientation de la ligne de fracture par rapport à l'axe longitudinal de l'os prend différentes formes (Piermattei *et al.*, 2006). Elle peut être :

- transverse : le trait de fracture traverse l'os à un angle inférieur à 30 degrés par rapport à l'axe longitudinal de l'os (Figure 5, D) ;
- oblique : le trait de fracture forme un angle supérieur à 30 degrés par rapport à l'axe longitudinal de l'os (Figure 5, E) ;
- spiroïde : dans ce cas particulier de fracture oblique, le trait de fracture dessine une courbe autour de la diaphyse (Figure 5, F).

g. Déplacement de l'about osseux distal

Selon les forces appliquées sur l'os au cours de sa cicatrisation, l'about osseux distal peut se déplacer de différentes façons par rapport à l'about proximal (Piermattei *et al.*, 2006). On distingue les mouvements suivants :

- angulation : modification de l'axe diaphysaire ;
- déplacement transverse : perte de l'alignement des grands axes des deux bouts ;
- écartement : entrainement d'un about par la tension d'une insertion ligamentaire ou tendineuse ;
- chevauchement : raccourcissement global de la longueur du segment osseux initial ;
- rotation.

h. Stabilité après réduction

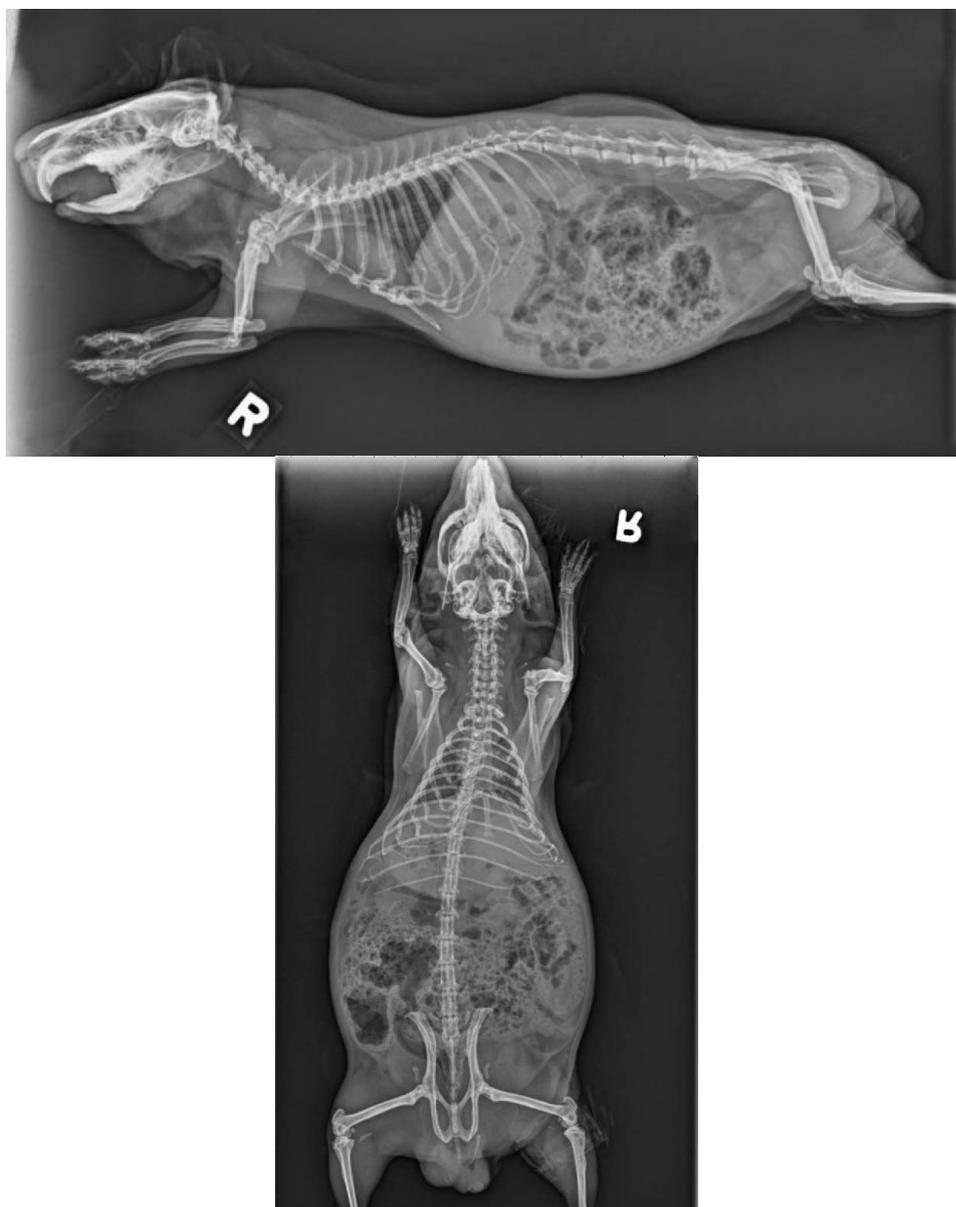
Après réduction, la fracture peut être stable ou non. Si elle est stable, les fragments s'emboîtent et résistent aux forces de compression. Dans ce cas, l'objectif principal de la fixation est d'éviter les déformations angulaires et de rotation. Si la fracture est instable, les fragments glissent les uns par rapport aux autres et l'objectif principal de la fixation est dans ce cas, de maintenir la longueur et l'alignement, et de prévenir la rotation (Piermattei *et al.*, 2006).

D. Diagnostic et principes de prise en charge des fractures des os longs chez le cochon d'Inde

a. Diagnostic

Le diagnostic repose sur des examens d'imagerie dont le plus accessible est la radiographie (Figure 7). On réalise deux radiographies isolées orthogonales en incidence latérolatérale et craniocaudale incluant les articulations proximales et distales par rapport au site de fracture. Ces clichés permettent de visualiser les fragments osseux et ainsi de déterminer le type et l'ancienneté de la fracture. Il peut également être utile de s'y référer en prévision d'une prise en charge chirurgicale pour mesurer le fût osseux et choisir un matériel adéquat. L'emploi d'analgésiques, d'agents sédatifs ou de myorelaxants tels que le midazolam est nécessaire pour produire des clichés de meilleure qualité. Enfin, dans le cadre d'un bilan de traumatisme ou d'extension sur un animal d'aussi petite taille que le cochon d'Inde, une alternative peut être de réaliser une radiographie du corps entier afin d'évaluer l'étendue des lésions en cas de traumatisme ou de suspicion de fracture pathologique sur un processus tumoral (recherche de métastase). (Miwa et Calvo Carrasco, 2019).

Figure 7 : Clichés radiographiques de face et de profil d'un corps entier de cochon d'Inde sain (Riggs, 2009)



Un examen tomodensitométrique peut par ailleurs être indiqué pour la bonne visualisation de fissures et fragments d'os dans les cas de fractures compliquées ou comminutives. La reconstruction 3D peut s'avérer être un outil précieux pour la prise en charge chirurgicale (Miwa et Calvo Carrasco, 2019).

b. Principes de prise en charge

Chez un cochon d'Inde polytraumatisé, avant tout examen d'ordre orthopédique la prise en charge débute par un *minimal data base* approprié, à la recherche de lésions concomitantes graves et de signes d'hémorragie active, ainsi que par la prise en charge de ces lésions éventuelles. En effet, une fracture ne constitue pas une urgence vitale sauf s'il y a une atteinte du système respiratoire ou du système nerveux central (Miwa et Calvo Carrasco, 2019). La prise en charge de la douleur est également un élément précoce à considérer car le cochon d'Inde y est particulièrement sensible et risque de développer un arrêt de transit.

Une fois l'animal stabilisé, un examen orthopédique approfondi peut alors être réalisé, au cours duquel on recherche plus particulièrement une instabilité osseuse et/ou des lésions des tissus mous en regard de la fracture, indiquant alors une fracture ouverte potentiellement contaminée (Miwa et Calvo Carrasco, 2019). Cet examen orthopédique permet de classer la fracture et de grader l'urgence de sa prise en charge. Ainsi, une fracture de classe « 1 » nécessite une prise en charge immédiate car elle est caractérisée par une atteinte potentielle du système nerveux central (fracture vertébrale ou du crâne) ou de plusieurs côtes, entraînant un volet costal associé à une dyspnée. Les fractures de classe « 2 » sont les luxations, les fractures intra-articulaires ou des plaques de croissance tandis que les fractures de classe « 3 » regroupent les fractures fermées des os longs, les fractures pelviennes non-articulaires, les fractures situées à la scapula, aux métacarpes ou aux métatarses. La prise en charge de ces deux dernières classes peut être retardée si l'animal est laissé au repos strict en cage. En complément, il existe également différentes méthodes de contention externe qui peuvent être réalisées afin d'immobiliser le membre et ainsi améliorer le confort animal tout en prévenant la formation d'une fracture ouverte (Helmer et Lightfoot, 2002).

L'objectif principal de la prise de charge des fractures chez le cochon d'Inde est de permettre un retour précoce à l'utilisation fonctionnelle du membre afin de prévenir l'apparition de maladies fracturaires telles qu'une raideur articulaire, une fibrose capsulaire ou une amyotrophie. C'est pourquoi, la prise en charge vise à une réduction anatomique de la fracture et à une fixation stable de cette dernière afin de neutraliser au mieux les forces de rotation, de cisaillement et de flexion, tout en veillant à manipuler le moins possible le site fracturaire et à préserver la vascularisation des segments osseux atteints. Ces principes, qui s'appliquent également aux chiens et chats, sont encore plus importants à prendre en compte chez le cochon d'Inde en raison de la fragilité de ses os et de sa faible tolérance à la douleur. En effet ce dernier est sujet à l'automutilation en cas de douleur ou de stress. Des précautions particulières sont donc nécessaires pour améliorer le confort des patients au cours de leur hospitalisation (Miwa et Calvo Carrasco, 2019).

La réduction de fractures peut s'opérer de deux façons : à l'aide de traitements conservateurs ou par une prise en charge chirurgicale. Le choix de la méthode la plus appropriée dépend de différents facteurs. Dans le cas particulier des fractures du cochon d'Inde, le faible nombre d'études réalisées nécessite de se référer à la littérature disponible pour d'autres espèces, afin de déterminer les facteurs à prendre en compte pour orienter ce choix. On s'intéresse ainsi au type de fracture, à son ancienneté, à son emplacement sur le segment osseux ainsi qu'au nombre d'os et de membres atteints. On prend également en compte le comportement de l'animal, sa taille et son âge ainsi que les attentes du propriétaire quant au coût et à son implication dans les soins post-opératoires. Enfin

on évalue l'expérience du chirurgien et la disponibilité des équipements chirurgicaux nécessaires (Helmer et Lightfoot, 2002 ; Miwa et Calvo Carrasco, 2019).

E. Traitement conservateur des fractures des os longs chez le cochon d'Inde

Le traitement conservateur s'appuie sur la mise en place d'une coaptation externe, associée ou non à de la cageothérapie.

a. Coaptation externe

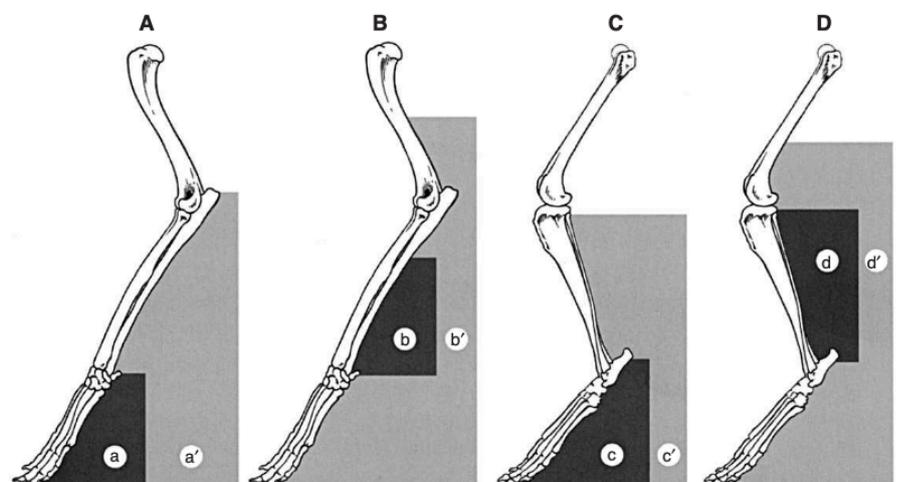
Une prise en charge par la pose d'un pansement contentif, aussi appelé coaptation externe, est indiquée pour les cas de fractures fermées distales au coude ou au grasset, réduites et stables avec au moins 50% de contact entre les extrémités proximale et distale des fragments. Ce traitement peut être utilisé seul lorsqu'une guérison rapide est attendue dans le cas d'animaux jeunes, de fractures en bois vert ou de fractures radiales ou tibiales avec ulna ou fibula intact. Il peut être utilisé à défaut, lorsque les moyens financiers des propriétaires sont limités (Miwa et Calvo Carrasco, 2019).

Dans certains cas, le pansement peut être mis en place temporairement avant la chirurgie afin de faire hémostase, de limiter l'œdème et de préserver les tissus mous en empêchant les fragments osseux de pénétrer la peau, tout en améliorant le confort de l'animal (Miwa et Calvo Carrasco, 2019).

La pose d'un pansement présente toutefois des inconvénients. En effet, s'il est mal appliqué, le pansement peut retarder la cicatrisation de la fracture du fait du manque de stabilité de cette dernière, y compris dans le cas d'un ajout d'attèles latérales. Il peut même provoquer de nouvelles fractures en raison du poids supplémentaire apporté au membre et de l'appui inapproprié de ce dernier sur le sol (Miwa et Calvo Carrasco, 2019).

Comme pour les carnivores domestiques, le pansement doit être appliqué de telle sorte que les articulations au-dessus et en-dessous de la fracture soient immobilisées (Figure 8). Il peut donc être pertinent de réaliser cet acte sous anesthésie générale ou sédation, afin de s'assurer du bon alignement des fragments osseux, et de réaliser une radiographie de contrôle dans la foulée (Helmer et Lightfoot, 2002 ; Miwa et Calvo Carrasco, 2019).

Figure 8 : Longueur optimale du pansement (zone figurée en gris clair) en fonction de la zone de fracture (zone figurée en gris foncé) (Piermattei *et al.*, 2006)



Le membre fracturé doit être tondu entièrement et immobilisé en position physiologique fléchie afin de permettre une utilisation du membre en position debout. A l'inverse, un membre maintenu en position étendue diminue la qualité de vie de l'animal et constitue un facteur stress supplémentaire pendant la convalescence (Miwa et Calvo Carrasco, 2019).

Il existe de multiples techniques de bandage décrites chez les carnivores domestiques (Piermattei *et al.*, 2006) et les oiseaux (Eshar et Briscoe, 2009) dont l'utilisation peut être transposée aux cochons d'Inde, tels que les pansements Robert Jones ou des systèmes d'attelles faites de bandes adhésives (*Tape Splint*) (Helmer et Lightfoot, 2002).

Pour réaliser les bandages, on privilégie l'utilisation de matériaux doux et légers comme la mousse de rembourrage, la gaze en rouleau, les attèles légères thermoformées ou la bande d'Altmann. L'utilisation de cette dernière est décrite pour les fractures des os longs chez les oiseaux et peut être utilisée chez les cochons d'Inde relativement légers (Figure 9). On peut également avoir recours à la fabrication d'une attelle numérique en mousse d'aluminium. Pour la couche externe sujette à être rongée, différents matériaux résistants existent : Orthoplast, Johnson & Johnson, New Brunswick, NJ ; Caraform, Carapace, Inc, Tulsa, OK ; Hexcelite, AOA, A Division of Kirschner Medical, Timonium, MD. En effet, le port d'une collerette est peu recommandé chez les cochons d'Inde en raison de leur faible tolérance au stress et de leur besoin de manger leurs caecotrophes (Helmer et Lightfoot, 2002 ; Miwa et Calvo Carrasco, 2019).

Figure 9 : Etape de la méthode d'Altmann utilisée pour la prise en charge d'une fracture tibiale chez un cochon d'Inde (crédits photographiques : EnvA)



Le pansement doit être surveillé régulièrement et remplacé toutes les semaines à la suite d'un examen radiographique et/ou au moindre signe de gonflement des doigts, d'écoulement ou d'irritation. La durée totale du port du pansement doit être minimale afin de prévenir l'apparition de maladies fracturaires car l'immobilisation à long terme d'un membre rend la rééducation difficile. Ainsi, un retrait est préconisé entre quatre et six semaines en fonction des résultats radiographiques de contrôle (Helmer et Lightfoot, 2002 ; Miwa et Calvo Carrasco, 2019).

Différentes complications peuvent être associées à cette prise en charge : des lésions des tissus mous, dont on peut s'attendre à une forte prévalence si on se réfère à ce qui est connu chez le chien (63 % de prévalence, Griffon et Hamaide, 2016), une nécrose des membres, une pseudarthrose, une déformation, une ankylose, une aggravation de l'arthrose et une ostéopénie. L'incidence de ces complications chez le cochon d'Inde n'est pas connue à ce jour.

Enfin, quelle que soit la prise en charge envisagée, l'animal doit rester au repos strict en cage durant toute la durée de sa convalescence afin de limiter ses mouvements.

b. Cageothérapie

Une cageothérapie, seule, peut être envisagée dans le cas de fractures alignées et relativement stables, pour lesquelles une prise en charge chirurgicale n'est pas possible, ou situées sur des os longs proximaux (fémur et humérus) pour lesquels l'articulation proximale (ceinture thoracique et pelvienne) ne peut pas être immobilisée par coaptation externe en raison du volume musculaire important. Cette solution s'applique également aux animaux très jeunes (âgés de quelques semaines ou de quelques mois). Il est primordial de bien informer le propriétaire sur la taille de la cage qui doit être suffisamment petite et sans obstacles ou plateformes, afin de restreindre l'activité de l'animal en l'empêchant de courir et de sauter, mais toutefois plus grande qu'une simple cage de transport pour ne pas limiter le confort de l'animal.

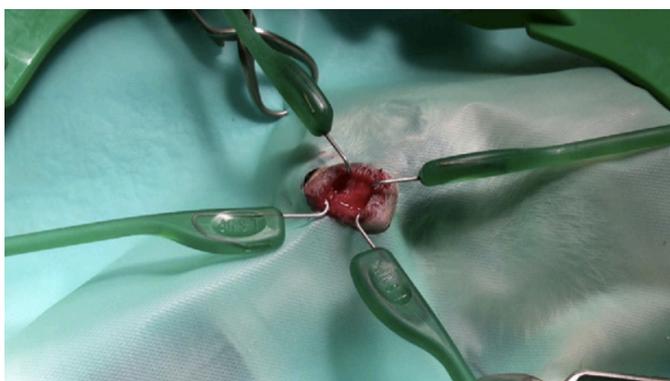
La cageothérapie seule est néanmoins source de nombreuses complications allant de déformations mineures à sévères et peut engendrer un développement de pseudarthrose à l'origine de douleurs chroniques (Miwa et Calvo Carrasco, 2019).

F. Traitement chirurgical des fractures des os longs chez le cochon d'Inde

a. Considérations préliminaires

La prise en charge chirurgicale des fractures du cochon d'Inde, du fait de la petite taille du patient, requiert l'utilisation d'équipements chirurgicaux relativement spécialisés afin de garantir un meilleur confort pour le chirurgien. Ces instruments chirurgicaux sont plus petits que ceux utilisés pour les carnivores domestiques et doivent comprendre au minimum 6 pinces à serviette Jones (2 pouces), 1 pince à pansement Adson (4,75 pouces), 1 pince à tissu Adson (4,75 pouces), 1 poignée de scalpel (#31), 2 pinces à moustiques Hartman (3,75 pouces, droit, pointe de 1 à 2 mm), 2 pinces à moustiques Hartman (3,75 pouces, courbées, pointe de 1 à 2 mm), 1 paire de ciseaux La Grange (4,25 pouces, courbé), 1 paire de ciseaux à ténotomie (4,25 pouces, émoussé et courbé) et 1 porte-aiguille Olsen-Hegar (5,5 pouces). L'utilisation d'instruments de chirurgie ophtalmique ou de microchirurgie peut être pertinente selon la maîtrise de ce matériel par l'opérateur. Un autre enjeu de la prise en charge est la bonne visualisation du site chirurgical. Pour ce faire, il est recommandé de disposer d'un bon éclairage et de loupes à usage chirurgical au besoin, et d'utiliser des écarteurs spécialisés (par exemple l'écarteur Lone Star Medical Products, Stafford, TX USA visible sur la Figure 10), afin de dégager au mieux le site chirurgical (Capello, 2011).

Figure 10 : Champs chirurgicaux semi-transparents et écarteur Lone Star (Capello, 2011)



b. Fixateurs externes

Les fixateurs externes sont couramment utilisés dans la prise en charge des fractures chez le cochon d'Inde et relativement bien tolérés par ces derniers (Conn, 2000 ; Lorinson *et al.*, 1996).

Ces dispositifs permettent de neutraliser les forces de flexion, de rotation et de cisaillement exercées sur la fracture, contribuant ainsi au maintien de l'apposition des fragments osseux. Un avantage important de l'utilisation de fixateurs externes est qu'ils causent des dommages minimes aux tissus mous et à la vascularisation environnante. De plus, les implants peuvent être placés à distance du site fracturaire permettant un accès facile pour les soins et le suivi de la plaie. Sur le plan économique, les fixateurs externes présentent un coût relativement faible par rapport à d'autres méthodes de fixation. Leur application et leur retrait sont également relativement simples, ce qui en facilite l'utilisation. Un autre avantage est que les fixateurs externes permettent au cochon d'Inde de se tenir debout, favorisant ainsi une meilleure rééducation et une récupération fonctionnelle plus rapide (Helmer et Lightfoot, 2002 ; Miwa et Calvo Carrasco, 2019).

Lors de l'utilisation de fixateurs externes chez le cochon d'Inde, certains principes doivent être pris en compte. Il est recommandé d'utiliser des broches filetées plutôt que des broches lisses, car cela augmente le contact entre la broche et l'os, améliorant ainsi la rigidité du fixateur et réduisant le risque de desserrage prématuré des broches. Cependant, il est important de choisir des broches dont le diamètre représente 20 à 30% du diamètre de l'os pour éviter les fractures iatrogènes (Helmer et Lightfoot, 2002 ; Miwa et Calvo Carrasco, 2019). En raison de la petite taille de certains individus, les broches peuvent être remplacées par des aiguilles hypodermique et les barres de connexion par des morceaux de seringues à insuline (Figure 11, Conn, 2000).

Figure 11 : Prise en charge par fixateur externe d'une fracture transverse ouverte du tibia chez un cochon d'Inde de quatre mois, des aiguilles de gauche 20 faisant office de broche et des morceaux de seringue à insuline faisant office de barres de connexion (Conn, 2000)



L'insertion des broches doit être réalisée avec une perceuse plutôt qu'à la main, car l'oscillation manuelle peut entraîner des trous plus grands et un desserrage prématuré des broches. La vitesse de forage doit être inférieure à 150 tours par minute pour éviter la nécrose thermique de l'os et des tissus mous environnants, à la condition qu'il n'y ait pas trop de mouvements latéraux lors de l'utilisation de la perceuse à cette vitesse (Helmer et Lightfoot, 2002 ; Miwa et Calvo Carrasco, 2019). Les broches non filetées doivent être placées à des angles divergents d'environ 70 degrés par rapport à l'axe longitudinal de l'os pour éviter leur desserrage prématuré. Il est recommandé de placer au moins deux broches bicorticales par fragment. Si la taille du fragment le permet, l'augmentation du nombre de broches offre une meilleure stabilité et peut diminuer la résorption osseuse autour des broches, réduisant ainsi le risque de desserrage prématuré. Comparé à ce qui est préconisé chez les carnivores domestiques, il n'y a cependant aucun avantage à utiliser plus de trois broches par fragment. Les broches doivent être placées aussi près que possible des extrémités de l'os pour augmenter la rigidité du montage (Miwa et Calvo Carrasco, 2019).

Dans certains cas, une combinaison de fixateurs externes et de résines acryliques peut être utilisée, en particulier pour les fractures radiales et ulnaires. L'utilisation de résine ou de polymère acrylique est préconisée pour les tiges de remplacement et les barres de connexion. Les broches acryliques à base de pâte malléable biphasique sont relativement légères et présentent l'avantage de ne pas nécessiter de pansement. Ces matériaux peuvent être moulés à la forme requise. Il est important de minimiser la distance entre le membre et les matériaux de connexion pour augmenter la rigidité biomécanique, tout en laissant suffisamment d'espace pour permettre au gonflement post-opératoire des tissus mous de ne pas gêner l'animal (Miwa et Calvo Carrasco, 2019).

Le retrait du fixateur doit être effectué lorsque le cal osseux est suffisant, après observation d'au moins deux radiographies différentes. Le retrait des broches peut être réalisé de manière étagée, en augmentant progressivement la charge sur l'os, ce qui favorise la dynamisation et la consolidation osseuse (Miwa et Calvo Carrasco, 2019).

Cette prise en charge peut entraîner certaines complications comme le descellement prématuré des broches avant guérison complète, ce qui peut compromettre l'alignement et la stabilité de la fracture. De plus malgré des mesures rigoureuses d'antibioprophylaxie et d'asepsie per et péri-opératoire, des infections par la voie des broches peuvent survenir si la plaie n'est pas régulièrement surveillée et conservée propre. En outre, il existe un risque de déformation du fixateur lui-même, qui peut se coincer dans l'environnement de l'animal et ainsi compromettre la stabilité de la fracture. Pour prévenir ce risque, l'utilisation de bandages autour du fixateur peut offrir une protection supplémentaire. Afin d'assurer une récupération réussie, il est donc important de surveiller attentivement l'état du fixateur, de la plaie et des broches, et de prendre les mesures appropriées pour prévenir et traiter les éventuelles complications (Helmer et Lightfoot, 2002 ; Miwa et Calvo Carrasco, 2019).

c. Enclouage centro-médullaire

L'enclouage centro-médullaire ou broche intra-médullaire est une autre technique de prise en charge des fractures chez le cochon d'Inde, notamment pour la stabilisation des fractures diaphysaires.

Il présente plusieurs avantages, tels qu'un faible coût, un temps opératoire court, une exposition osseuse réduite et une facilité d'utilisation (Helmer et Lightfoot, 2002 ; Miwa et Calvo Carrasco, 2019). Son usage est rapporté pour la stabilisation de fractures fémorales (Periat, 2008) et tibiales (Figure 12, Macedo *et al.*, 2015).

Figure 12 : Radiographies post-opératoires d'une prise en charge par enclouage centro-médullaire sur une fracture oblique fermée du tibia chez un cochon d'Inde de trois mois. A – Radiographie post-opératoire cranio-caudale immédiate montrant une réduction acceptable de la fracture ; B – Radiographie post-opératoire médio-latérale immédiate ; C – Radiographie cranio-caudale post-opératoire à 21 jours permettant d'observer la formation d'un cal (flèche) ; D – Radiographie médio-latérale post-opératoire à 21 jours permettant d'observer la formation d'un cal (flèche) (Macedo *et al.*, 2015)

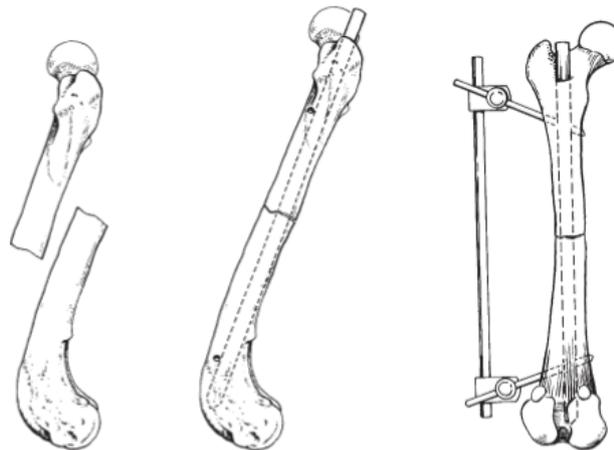


Cependant, il est important de noter certaines limites à l'usage de l'enclouage centro-médullaire, notamment le fait que bien qu'il permette un alignement axial et une stabilité en flexion, il ne permet pas de contrecarrer les forces de rotation et de cisaillement, et la stabilité de leur fixation est uniquement basée sur leur diamètre. De plus, si la broche est placée dans une articulation, elle peut entraîner un risque d'arthrite. Une broche de trop grande taille peuvent également interférer avec l'apport sanguin médullaire et il existe un risque de fissure lors de son insertion (Helmer et Lightfoot, 2002 ; Miwa et Calvo Carrasco, 2019).

Il est recommandé d'utiliser une broche dont le diamètre représente de 60 à 70% du diamètre du canal médullaire tout en restant inférieur à 20 à 30% du diamètre de l'os. Les aiguilles hypodermiques peuvent être utilisées car elles sont de taille particulièrement adaptée (DeYoung et Probst, 1993 ; Miwa et Calvo Carrasco, 2019 ; Piermattei *et al.*, 2006). Dans d'autres cas, une broche de Kirschner non filetée de 1,8 mm a été utilisée avec succès (Periat, 2008).

D'après Periat (2008), l'enclouage centro-médullaire peut être utilisé seul chez les individus jeunes qui sont capables de former un cal rapide et de tolérer une certaine instabilité, dès lors que la masse musculaire environnante est suffisante et le repos strict respecté. Cependant pour d'auteurs auteurs, cette pratique est déconseillée chez le cobaye car la broche seule peut migrer et traverser la peau. Dans le cas de fractures instables, périarticulaires ou encore de luxations, l'enclouage centro-médullaire peut être utilisé en combinaison avec des fixateurs externes (Figure 13) et/ou des fils de cerclage. Néanmoins il est important de noter que cette combinaison est déconseillée pour les os métacarpiens ou métatarsiens. De plus, chez certains individus, le poids du montage combiné est tel qu'il peut restreindre l'utilisation du membre ou agir comme un point d'appui au site de la fracture, ce qui pourrait entraver la cicatrisation (Helmer et Lightfoot, 2002).

Figure 13 : Exemple d'une utilisation combinée d'un fixateur externe et d'un enclouage centro-médullaire pour la stabilisation d'une fracture transverse simple de fémur chez un chien (Piermattei *et al.*, 2006)



d. Particularité du « Tie-In »

La méthode du « Tie-In » ou « fixateur externe hybride » est la méthode utilisable chez les rongeurs domestiques la plus courante et la plus polyvalente (Aron *et al.*, 1991). Il s'agit de l'union externe d'une broche centro-médullaire avec les broches qui composent le fixateur externe, réalisée à l'aide d'une longue broche centro-médullaire coudée deux fois, ou via l'utilisation d'une barre de connexion (Miwa et Calvo Carrasco, 2019).

Il est recommandé d'utiliser une broche centro-médullaire de faible diamètre afin de tenir compte de la petite taille l'os. Selon l'os fracturé, celle-ci peut être insérée de manière rétrograde l'extériorisant par le fragment proximal dans un fémur ou de manière normograde dans un tibia afin d'épargner l'articulation du genou. L'extrémité proximale de la broche centro-médullaire est alors connectée (d'où le nom « Tie-In ») aux broches du fixateur externe avec de la résine, ce qui offre au montage une meilleure rigidité (Miwa et Calvo Carrasco, 2019).

Par rapport à la simple utilisation de fixateurs externes, cette méthode offre comme avantage une meilleure stabilité anti-rotationnelle des broches, qui sont ainsi moins enclines à se desserrer, se tordre ou se casser. Dans les cas de fractures périarticulaires, elle permet une fixation rigide sans nuire à la mobilité de l'articulation adjacente (Joyner *et al.*, 2004). C'est selon certains auteurs, la méthode de choix pour la gestion des fractures fémorales, tibiales et humérales (Figure 14, Miwa et Calvo Carrasco, 2019).

Figure 14 : Prise en charge par Tie-In d'une fracture oblique fermée du tibia chez un cochon d'Inde et radiographies pré-opératoires et post-opératoires (immédiates, à trois semaines et à six semaines après retrait du montage) (crédits photographiques : Z. Szabo)

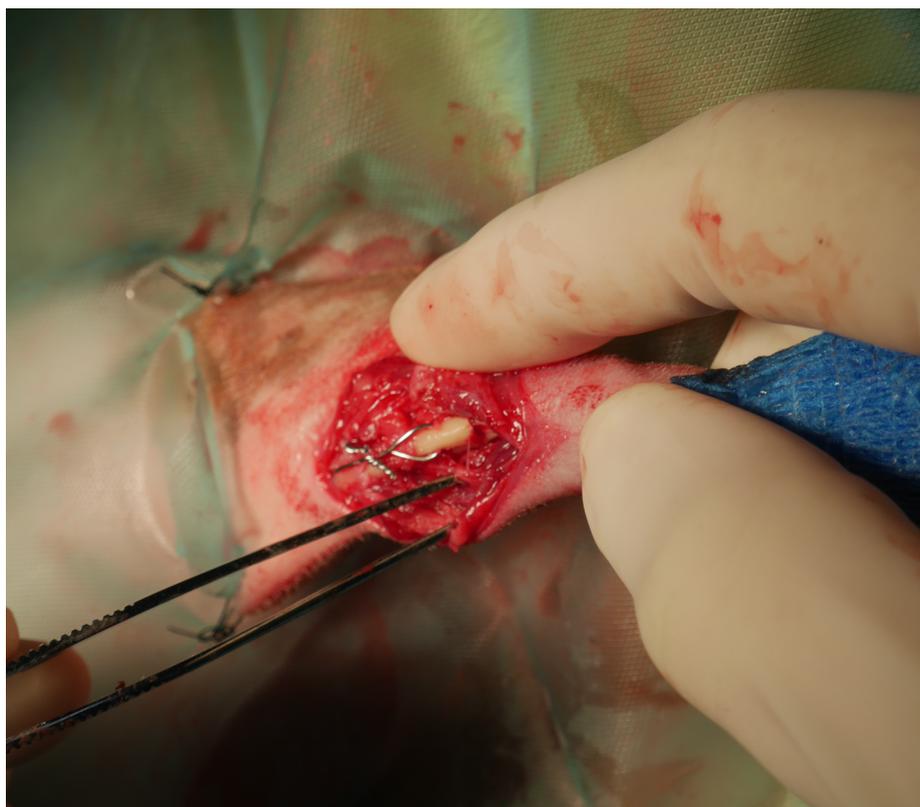


e. Cerclage

Le cerclage ou haubanage est une méthode de fixation qui peut être utilisée en combinaison avec un enclouage centro-médullaire (Figure 15), des fixateurs externes ou des plaques osseuses, dont l'usage est décrit dans la prise en charge de certaines fractures chez le cochon d'Inde (Aguiar *et al.*, 2014).

Le cerclage est particulièrement adapté pour les fractures longues et obliques, lorsque la longueur de la ligne de fracture est au moins deux fois supérieure au diamètre de l'os. Son objectif principal est d'empêcher la propagation de la fissure longitudinale mais il n'a pas d'effet significatif sur la protection contre les contraintes. Certains auteurs utilisent des fils en acier inoxydable monofilament (Helmer et Lightfoot, 2002) mais d'autres préconisent plutôt l'utilisation de fils de polydioxanone (PDS) dont les chefs courts sont moins traumatisants pour les tissus mous environnants (Aguiar *et al.*, 2014). En pratique, au moins deux fils sont placés à moins de 5 mm de la ligne de fracture et à au moins 1 cm l'un de l'autre. Ces fils doivent être appliqués fermement pour assurer une bonne fixation. Il est essentiel que les fils soient correctement positionnés afin de ne pas perturber le flux sanguin vers la fracture en cours de guérison. En effet, les fils lâches peuvent entraîner une dévascularisation de l'os sous-jacent, ralentissant ainsi la formation du cal périosté. Il est donc important de vérifier les fils à la fin du processus de fixation et de les remplacer en cas de mouvement. Avec le temps, les fils finissent par s'incorporer aux cals formés autour de la fracture (Helmer et Lightfoot, 2002).

Figure 15 : Prise en charge par enclouage centro-médullaire associée à un cerclage d'une fracture transverse simple fermée de l'ulna chez le cas n°14 de l'étude rétrospective (crédits photographiques : EnvA)



f. Plaques osseuses

Les plaques osseuses sont une dernière technique possible pour la prise en charge des fractures des os longs chez le cochon d'Inde, mais aucune étude ne fait à ce jour état de leur utilisation. Le paragraphe suivant constitue donc des indications théoriques mise en forme à partir de la littérature disponible sur leur utilisation chez d'autres petits mammifères de compagnie tel que le lapin.

Les plaques osseuses permettent une neutralisation efficace des forces de flexion, de cisaillement et de rotation, assurant ainsi une bonne apposition des fragments osseux sans altération articulaire, ce qui permet un retour précoce à l'utilisation fonctionnelle du membre. Avec cette méthode, peu de soins post-opératoires sont nécessaires. De plus, les fractures guérissent plus rapidement par rapport aux autres méthodes telles que l'usage de fixateurs externes ou la coaptation externe (Helmer et Lightfoot, 2002 ; Miwa et Calvo Carrasco, 2019).

Cependant, cette méthode n'est pas dénuée d'inconvénients. La procédure chirurgicale est plus longue. De plus il arrive parfois que la plaque surprotège la fracture, empêchant ainsi le partage des charges et entraînant un retard de cicatrisation ou une pseudarthrose (Miwa et Calvo Carrasco, 2019). En effet, il a par exemple été montré chez le lapin une diminution progressive au cours du temps de la résistance de l'os sous la plaque, jusqu'à atteindre seulement 50% de la résistance initiale après 12 semaines (Låftman *et al.*, 1980 ; Terjesen, 1984 ; Terjesen et Svenningsen, 1988).

Enfin, l'utilisation de plaques et de vis de fixation augmente significativement le risque d'infection de la plaie (Grewe *et al.*, 1987 ; Johansson *et al.*, 1999).

Chez les cochons d'Inde, en raison de leur petite taille et de la finesse de leur cortex osseux, des plaques et des vis spécifiques provenant de fournisseurs d'orthopédie pédiatrique humaine

peuvent être nécessaires afin de ne pas perturber l'apport sanguin périosté, ce qui pourrait conduire à une ostéopénie corticale (Helmer et Lightfoot, 2002 ; Miwa et Calvo Carrasco, 2019).

A l'image des méthodes utilisées chez le lapin, différents types de plaques peuvent être utilisés, tels que la plaque de compression dynamique (DCP), la plaque de compression dynamique à contact limité (LCDCP) et la plaque de compression verrouillable (LCP). Dans le cas des plaques de compression dynamique, un serrage des vis entraîne une pression de surface entre la plaque et l'os à l'origine de frottements qui stabilisent le fragment osseux. Du fait de la minceur du cortex osseux des cochons d'Inde, la puissance du serrage reste limitée. Cependant, l'utilisation de fils peut permettre de disperser la contrainte de charge sur le trou de vis, réduisant ainsi le risque de fissure tout en assurant un serrage suffisant. Les plaques à contact limité présentent l'avantage de préserver l'apport sanguin en respectant le périoste. Quant aux plaques de compression verrouillables, elles sont conçues avec des trous filetés qui s'associent à des vis filetées pour assurer une stabilité angulaire et une meilleure rigidité de fixation (Miwa et Calvo Carrasco, 2019).

Il est important de noter que sur des animaux d'aussi petit gabarit que les cochons d'Inde, les plaques peuvent fonctionner davantage comme un fixateur externe qu'une plaque conventionnelle (la plaque faisant office de barres de connexion et les vis de broches filetées) avec l'avantage que, contrairement aux fixateurs externes, le montage est recouvert par les tissus mous et la peau, réduisant ainsi les soins post-opératoires nécessaires et les complications infectieuses potentielles (Miwa et Calvo Carrasco, 2019).

g. Spécificité de la prise en charge des fractures ouvertes

La prise en charge des fractures ouvertes doit répondre à des précautions particulières. L'objectif premier est de prévenir les risques d'infections nosocomiales. Ainsi, on veille à manipuler le moins possible la plaie et à appliquer un pansement stérile dès l'admission, puis à initier une antibiothérapie à large spectre. L'azithromycine ou le chloramphénicol sont des molécules particulièrement indiquées car elles diffusent dans l'os et dans les tissus mous. L'état neurologique et vasculaire du membre est ensuite évalué en portant une attention particulière aux segments distaux à la fracture, puis des radiographies sont réalisées (Helmer et Lightfoot, 2002).

Sous anesthésie générale ou sédation, le membre est tondu pendant qu'un lubrifiant stérile est appliqué sur la plaie afin d'éviter une contamination par les poils. La plaie est lavée abondamment à l'aide d'une solution saline isotonique stérile, avec ou sans chlorhexidine 0,05%. Il est préconisé d'envoyer un jet avec une certaine pression en utilisant par exemple une seringue de 35 mL et une aiguille de 18 gauge. La phase de débridement initial consiste en une dissection pointue pour retirer les tissus dévitalisés et précède un changement complet des gants et des instruments. Un prélèvement est ensuite fait pour réaliser une culture bactériologique et un antibiogramme. Enfin, la phase de débridement final permet de retirer les fragments osseux sans attache aux tissus mous afin qu'ils ne forment pas de séquestres tout en laissant ceux attachés. Concernant la réduction de la fracture, la pose d'un plâtre ou d'attelles n'est pas judicieuse car cela empêcherait l'accès à la plaie pour les soins fréquents. On privilégie plutôt les fixateurs externes placés loin de la ligne de fracture et des lésions des tissus mous, qui permettent de préserver la vascularisation et garantissent un bon accès à la plaie (Helmer et Lightfoot, 2002).

h. Amputation

D'un point de vue général, l'amputation est indiquée pour les cas de fractures trop anciennes pour être réduites, de traumatismes graves, de lésions de nécrose ischémique, d'infections réfractaires,

de handicaps graves causés par une arthrite, de lésions neurologiques graves, de malformations congénitales, de néoplasies, de budget limité des propriétaires ou d'une incapacité de ces derniers à réaliser des soins post-opératoires lourds (Capello, 2011 ; Helmer et Lightfoot, 2002 ; Miwa et Calvo Carrasco, 2019).

La section doit être préférentiellement réalisée à travers les tissus sains et à proximité des tissus malades. Concernant le membre thoracique, l'ablation de l'omoplate est plus rapide et plus facile que la désarticulation de l'épaule. Pour le membre pelvien, l'amputation peut être réalisée mi-fémur ou au niveau de l'articulation coxo-fémorale. Comme chez les carnivores domestiques, il n'existe aucune preuve indiquant que l'amputation au milieu du fémur améliore l'équilibre ou la mobilité, et elle pourrait même accroître le risque de traumatisme pour la patte restante notamment en cas de fissure lors de la section de l'os ou d'infection par frottement du moignon contre le sol (Zehnder et Kapatkin, 2012). D'après Helmer et Lightfoot (2002), une amputation mi-fémur est toutefois plus facile à réaliser que la désarticulation de la hanche même si ce n'est pas ce qui est actuellement réalisé au CHUVA-Ac.

Le cortex osseux étant fin, l'usage d'un fil de Gigli ou d'une scie électrique est recommandé afin d'éviter la formation de fragments (Helmer et Lightfoot, 2002 ; Miwa et Calvo Carrasco, 2019). Une anesthésie péridurale associée à des blocs nerveux locaux montre une bonne efficacité et réduit les risques de mastication post-opératoire de la plaie (Miwa et Calvo Carrasco, 2019).

S'il n'existe pas d'étude s'intéressant spécifiquement à la tolérance du cochon d'Inde à l'amputation, il est néanmoins décrit que les petits mammifères s'adaptent bien à la perte d'un membre, excepté ceux aux membres courts et au poids élevé comme les cochons d'Inde et les hérissons car ils sont sujets à développer des ulcères de pression ou une dermatite humide (Miwa et Calvo Carrasco, 2019).

G. Cicatrisation de l'os long

La cicatrisation de l'os long de cochon d'Inde suit les mêmes procédés que chez les carnivores domestiques. C'est un processus complexe qui requiert plusieurs conditions pour se produire efficacement. Tout d'abord, un apport de nutriments et de cellules est essentiel. Ce dernier est permis par une vascularisation adéquate de la zone fracturée. De plus, comme les contraintes mécaniques exercées sur la fracture jouent un rôle déterminant dans la nature du tissu osseux cicatriciel formé, il est important d'assurer la stabilité de l'os au niveau de la fracture.

Il existe deux types de cicatrisation osseuse : la cicatrisation directe dite de première intention et la cicatrisation indirecte par formation de cals. La cicatrisation directe, qui se produit lorsque les fragments osseux sont parfaitement alignés et comprimés, permet une réduction interfragmentaire parfaite avec moins de 0,001 mm d'espace entre les fragments. En revanche, lorsqu'il y a une réduction imparfaite ou une petite perte de substance osseuse, c'est la cicatrisation indirecte qui se produit par la formation de cals. En cas d'instabilité majeure de l'articulation ou de perte importante de substance osseuse, il peut se produire une complication appelée pseudarthrose. Dans ce cas, la cicatrisation ne se fait pas efficacement.

Dans le cas particulier des fractures s'étendant au cartilage hyalin, qui est un tissu avasculaire fragile dont seulement 1% des chondrocytes continuent à se diviser, toute lésion peut entraîner sa dégénération et éventuellement conduire à de l'ostéoarthrite.

L'évaluation des modifications radiographiques pendant la période de cicatrisation est un très bon indicateur de la consolidation osseuse. Lorsqu'une fracture est considérée comme guérie, on observe une strie de la texture osseuse à travers l'espace de la fracture, qui est orientée longitudinalement. De plus, la densité osseuse dans la zone entourant la fracture revient à la normale. Ces signes radiographiques indiquent que le processus de cicatrisation est terminé et que l'os s'est solidifié de manière satisfaisante (Helmer et Lightfoot, 2002). En général, un animal jeune présente une cicatrisation rapide et de moindre risque de développer de l'arthrose en cas d'atteinte articulaire (Periat, 2008).

3. Prise en charge péri-opératoire des fractures des os longs chez le cochon d'Inde

A. Prise en charge pré-opératoire

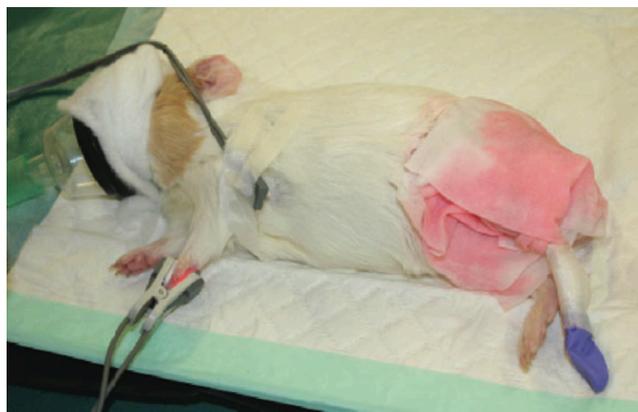
a. Accueil de l'animal

Dès son arrivée, l'animal doit être placé dans des conditions optimales permettant de limiter son stress, à savoir un lieu calme et des manipulations minimales (Miwa et Calvo Carrasco, 2019). Contrairement aux carnivores domestiques, le jeûne pré-opératoire du cochon d'Inde ne doit pas dépasser plus de 2-3 heures sinon il risque de développer une dysbiose digestive (Riggs, 2009).

b. Asepsie et antibiothérapie

Lors de toute chirurgie osseuse, il est essentiel de garantir une asepsie rigoureuse. Avant d'effectuer l'incision, il est nécessaire de tondre, nettoyer et désinfecter minutieusement la zone opératoire. En revanche, dans un souci de prévention de l'hypothermie, on veillera à réduire la zone de tonte au minimum et à garder le reste de l'animal au sec à la suite du scrub chirurgical, ainsi qu'à le placer sur un tapis chauffant (Figure 16 et 21, Capello, 2011). Le chirurgien se prépare suivant une procédure classique pour une chirurgie osseuse, comprenant un lavage minutieux des mains avec un savon désinfectant pendant 5 minutes, le port d'une blouse et de gants stériles, ainsi que d'un masque et d'une charlotte pour couvrir les cheveux. La salle où se déroule l'intervention chirurgicale doit être exclusivement dédiée à la chirurgie, nettoyée et désinfectée régulièrement. Le matériel chirurgical utilisé doit être stérile.

Figure 16 : Cochon d'Inde anesthésié sur un tapis chauffant avec le membre préparé de manière aseptique (Aguiar et al., 2014)



En plus de ces mesures d'asepsie, il est recommandé d'administrer une antibioprofylaxie par voie intraveineuse 20 minutes avant l'incision puis toutes les 90 minutes pendant toute la durée de l'intervention chirurgicale (Piermattei et al., 2006). Concernant le choix de la molécule, une

attention particulière doit être portée à la sensibilité de la flore digestive du cochon d'Inde aux antibiotiques à spectre étroit Gram+, qui ne doivent pas être administrés par voie orale. Les lincosamides, macrolides et lactamines telles que les pénicillines, en plus d'entraîner des dysbioses lorsqu'elles sont administrées par voie orale, sont peu efficaces car elles diffusent mal dans l'os et présentent une faible activité contre *Staphylococcus*. Elles sont toutefois bien tolérées par voie parentérale (Helmer et Lightfoot, 2002). La ciprofloxacine présente une longue demi-vie et une excellente pénétration osseuse associée à une activité à large spectre contre les bactéries gram-positives et négatives. Elle peut être administrée par voie orale comme par voie parentérale pour la même efficacité (Helmer et Lightfoot, 2002).

En cas d'ostéomyélite, la recommandation est d'administrer un antibiotique à large spectre en attente des résultats de l'antibiogramme. L'enrofloxacin est bien tolérée par voie orale et efficace en l'absence de bactéries anaérobies (Miwa et Calvo Carrasco, 2019).

c. Analgésie et anesthésie

L'analgésie est un élément capital dans la prise en charge des fractures chez le cochon d'Inde car celui-ci tolère très mal la douleur, ce qui le rend sujet à développer une anorexie voire un arrêt de transit parfois fatal (Longley *et al.*, 2008). Ces derniers peuvent être prévenus par l'ajout en prémédication de prokinétiques tels que la ranitidine ou le métoprolol (Miwa et Calvo Carrasco, 2019).

En première intention, la douleur est évaluée et un protocole analgésique est mis en place et réadapté en fonction de la réponse à la première injection. On dispose de buprénorphine (100 µg/kg, par voie sous cutanée toutes les 6 à 12 h), qui ne semble pas présenter d'effets indésirables sur la motilité gastro-intestinale. Dans les affections plus douloureuses, l'administration de méthadone (1-2 mg/kg, par voie sous cutanée toutes les 4h) s'avère pertinente car elle offre les avantages d'un µ-agoniste pur tout en ayant moins d'effets secondaires que la morphine (sommolence, dépression cardio-respiratoire, stase digestive). L'ajout d'un anti-inflammatoire tel que le méloxicam (0,2 mg/kg lors de la première prise puis 0,1 mg/kg, par voie orale toutes les 12 à 24 h) chez les animaux disposant d'une perfusion rénale adéquate peut être intéressante afin de compléter l'aspect multimodal de l'analgésie (Hawkins, 2006 ; Miwa et Calvo Carrasco, 2019 ; Wenger, 2012).

Des techniques d'anesthésie loco-régionale peuvent également être réalisées afin de diminuer la dose d'opioïde systémique nécessaire et ainsi limiter les effets secondaires associés (Campoy *et al.*, 2012 ; Wenger, 2012). Concernant les fractures situées sur le membre pelvien, les blocs des nerfs fémoral et sciatique (Figures 17 et 18), à l'aide de bupivacaïne associée ou non à de la morphine, montrent de bons résultats et ne sont associés qu'à des déficits neurologiques transitoires (Aguiar *et al.*, 2014 ; Campoy *et al.*, 2012 ; Mahler et Adogwa, 2008). Les blocs nerveux périphériques peuvent également être associés à une anesthésie épidurale, comme chez les carnivores domestiques, dont les effets secondaires (déficience motrice des membres postérieurs, ataxie, perte du réflexe de positionnement) quand ils sont présents ne le sont que transitoirement (Campoy *et al.*, 2012 ; Eisele *et al.*, 1994 ; Mahler et Adogwa, 2008).

Figure 17 : Bloc du nerf sciatique placé à mi-chemin entre la tubérosité ischiatique et le grand trochanter (Aguiar et al., 2014)



Figure 18 : Bloc du nerf fémoral réalisé en décubitus latéral, avec l'aiguille insérée entre le muscle sartorius (crânialement) et l'artère fémorale (caudalement) (Aguiar et al., 2014)



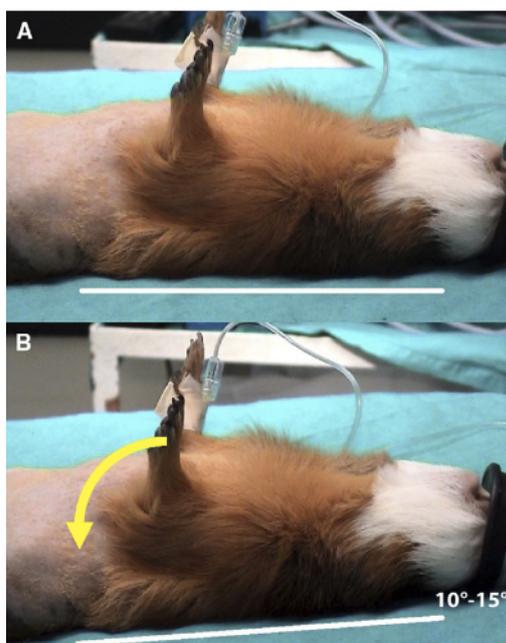
Pour l'induction ou la réalisation d'une simple sédation, le midazolam (0,2-0,5 mg/kg, par voie intramusculaire) associé au butorphanol (0,2-0,5 pmg/kg, par voie intramusculaire) est bien toléré. L'induction peut également être réalisée directement au gaz anesthésique, par exemple avec de l'isofurane ou du sévofurane au masque (Figure 19), ou en cage. Le sévofurane étant moins malodorant que l'isofurane, il provoque moins d'apnées et serait à l'origine d'une induction plus douce. L'intubation du cochon d'Inde est un acte difficile du fait de la quantité de tissus mous entourant le larynx et la largeur de la langue par rapport à la petite taille de l'ostium palatin (Riggs, 2009). Bien que des techniques de guidage endoscopique existent (Johnson, 2010), par soucis de rapidité, ou par simple manque d'expérience de l'opérateur, l'anesthésie est souvent poursuivie au masque uniquement.

Figure 19 : Induction au masque d'un cochon d'Inde : un capteur Doppler est placé sur le membre thoracique droit pour monitorer la fréquence cardiaque (Riggs, 2009)



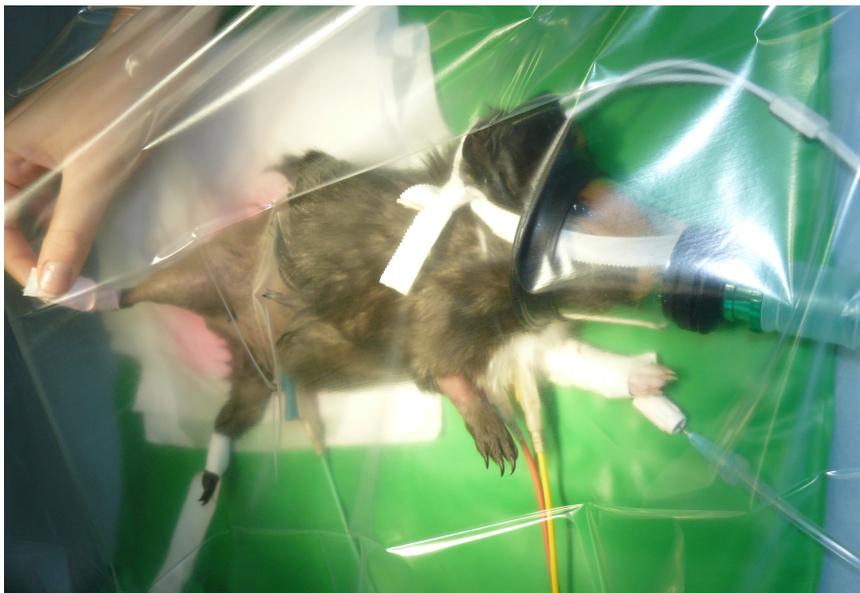
Les cochons d'Inde ayant une cavité thoracique de petite taille par rapport à leur abdomen, ainsi qu'un faible volume respiratoire, il est recommandé lorsque cela est possible de les placer dans une position limitant la pression des organes abdominaux sur le thorax. Ainsi, lorsqu'un positionnement en décubitus dorsal est nécessaire, l'animal sera placé dans une position dite de de Trendelenburg inversée (Figure 20), c'est-à-dire légèrement incliné vers l'arrière (Capello, 2011).

Figure 20 : Cochon d'Inde placé en position de Trendelenburg inversée (Capello, 2011)



Afin de disposer d'un meilleur visuel sur l'animal pour surveiller l'anesthésie, l'utilisation de champs chirurgicaux transparents (Figure 21) est recommandée (Capello, 2011). Tout au long de l'anesthésie, la fréquence respiratoire, la capnographie, l'oxymétrie pulsée, la fréquence et le rythme cardiaque sont monitorés. Pour ce dernier, si le branchement d'un ECG (Figure 21) n'est pas possible, un capteur Doppler (Figure 19) ou un stéthoscope pédiatrique peut être utilisé. La température corporelle est également rigoureusement surveillée car le grand rapport surface/volume des cochons d'Inde les prédispose à l'hypothermie et la lutte contre cette dernière constitue un élément crucial du succès de l'anesthésie. Les molécules d'urgence (glycopyrrolate, adrénaline, atropine, doxapram) sont préparées à l'avance et tenues à portée de main en vue d'une éventuelle réanimation (Riggs, 2009).

Figure 21 : Cochon d'Inde anesthésié sur tapis chauffant dont le rythme cardiaque est monitoré par ECG et placé sous champs transparents (crédits photographiques : EnvA)



Chez le cochon d'Inde, le risque de décès per-anesthésique est évalué à 3,8%. Il est relativement élevé par rapport aux autres espèces, ce qui s'explique par la prédisposition de cet animal à développer des affections per-opératoires (respiratoire, digestive, désordre volémique) et par le peu de veines accessibles. La pose d'un cathéter intraveineux ou osseux n'est donc pas toujours systématique, ce qui limite le succès des mesures de réanimation (Brodgelt *et al.*, 2008).

B. Suivi post-opératoire

a. Soins post-opératoires

Les 24 heures suivant l'intervention chirurgicale sont les plus critiques. L'aspect crucial à surveiller est la reprise de l'appétit et la production de selles. La fluidothérapie est poursuivie tant que le cochon d'Inde ne mange pas par lui-même. Si la reprise alimentaire est tardive, il peut être nécessaire de fournir un soutien nutritionnel à l'aide d'un gavage avec un aliment spécialement conçu pour les herbivores (CriticalCare® ou Recovery®).

La prise en charge de la douleur joue également un rôle dans le soutien de la fonction digestive et doit être maintenue jusqu'à la reprise de l'appétit. L'analgésie multimodale alliant anti-inflammatoire non stéroïdien et opioïde permet une analgésie immédiate et un contrôle de l'inflammation et du gonflement du site chirurgical, qui favorise également la reprise précoce de l'alimentation (Periat, 2008).

Au retour au domicile, une limitation de l'activité est nécessaire pour ne pas entraver la cicatrisation osseuse. Pour cela, il est recommandé de garder l'animal dans une petite cage sans obstacle ni plateforme, gardée propre et sèche, afin d'éviter de salir la plaie ou le pansement. Le temps de cageothérapie recommandé en moyenne est de 4 à 6 semaines selon le type de prise en charge (Pignon et Mayer, 2021). Le temps de convalescence relativement long ainsi que la coopération et le dévouement des propriétaires sont les éléments clés de la réussite du traitement et de la prévention des complications potentielles. Un suivi régulier de l'animal (toutes les 1 à 2 semaines) est également nécessaire pour s'assurer de son bon état général, de la propreté de la plaie et de la récupération fonctionnelle du membre (Miwa et Calvo Carrasco, 2019). Les réactions aux fils de suture sont communes, allant d'une simple inflammation locale à la formation d'abcès.

L'utilisation de fils monofilaments en calgut chromique est à bannir car elle est à l'origine d'une forte inflammation. On préfère l'utilisation de fils monofilaments dégradables par hydrolyse (Riggs, 2009).

b. Contrôles radiographiques

La cicatrisation osseuse est quant à elle surveillée par des radiographies de contrôle toutes les quatre à cinq semaines selon le moyen mnémotechnique des quatre A (Helmer et Lightfoot, 2002) :

- **A**lignement : évaluation des déformations angulaires et des torsions des segments osseux par rapport à la normale ;
- **A**pposition : évaluation de la proximité anatomique des fragments osseux ;
- **A**ppareil : évaluation du placement du fixateur, recherche de signes de desserrage ou de flexion du fixateur ;
- **A**ctivité : évaluation de la quantité de tissus osseux en formation, recherche de signes d'infection comme une lyse osseuse ou une réaction périostée.

Les pansements ou implants ne doivent être retirés qu'après avoir vérifié que la fusion osseuse a bien été réalisée et la cageothérapie doit encore être poursuivie pendant quatre semaines après leur retrait (Miwa et Calvo Carrasco, 2019).

c. Complications fréquentes

La prise en charge des fractures chez le cochon d'Inde peut être sujette à différentes complications. Une consolidation retardée peut se produire lorsque la fracture ne guérit pas dans le délai de guérison attendu, ce délai variant en fonction du type de fracture, du type de fixation utilisé et de l'âge de l'animal. Une pseudarthrose, dont le diagnostic est généralement radiographique, peut également survenir. Elle se manifeste par l'absence d'activité ostéogénique au site de la fracture, à cause d'une immobilisation inadéquate, une réduction insuffisante des fragments, une altération de la vascularisation, une infection située au niveau des tissus mous ou de l'os, ou bien encore une perte de fragments osseux. D'autres facteurs moins fréquents peuvent également interférer avec la guérison tels que la vieillesse de l'animal, l'utilisation de fortes doses de corticothérapie — ces derniers ont été associés à une inhibition de la cicatrisation osseuse chez les lapins (Waters *et al.*, 2000) —, et à des anomalies métaboliques telles que l'hyperparathyroïdie secondaire nutritionnelle. Dans les cas d'instabilité de la fracture, des dispositifs de fixation supplémentaires et un débridement peuvent être nécessaires (Helmer et Lightfoot, 2002).

L'ostéomyélite est une autre complication possible qui se caractérise par une inflammation des os et de la moelle. Les symptômes peuvent apparaître de trois à cinq jours après la chirurgie et incluent des douleurs, des rougeurs, un œdème local, de la fièvre ainsi qu'une boiterie sans appui. L'ostéomyélite est généralement d'origine bactérienne, le plus souvent causée par *Staphylococcus* dans les cas de chirurgies propres, bien que des causes fongiques, parasitaires ou virales puissent également se présenter. En effet la présence de plusieurs agents infectieux n'est pas rare. La réalisation de clichés radiographiques permet de révéler une prolifération osseuse ou une lyse autour des implants, et parfois la présence de séquestres osseux plusieurs mois après la chirurgie. Pour diagnostiquer l'ostéomyélite, des aspirations à l'aiguille fine au niveau de la zone infectée et des prélèvements à l'écouvillon au niveau de toutes les voies de drainage sont réalisés afin de procéder à des cultures aérobies et anaérobies. Le traitement de l'ostéomyélite nécessite une thérapie agressive et précoce, avec souvent le retrait des implants inutiles pouvant être le siège de l'infection. Une antibiothérapie à large spectre est généralement prescrite pendant au moins quatre semaines selon les recommandations disponibles dans la littérature (Piermattei *et al.*, 2006). De

plus, un débridement chirurgical avec retrait des tissus suspects, lavage et drainage de la zone peut être nécessaire (Helmer et Lightfoot, 2002).

Afin de compléter et d'enrichir cette analyse bibliographique par une description des différentes techniques réalisées en pratique dans plusieurs CHV d'Ile de France, mais aussi pour appréhender l'effet de ces différentes techniques sur la guérison des animaux, la partie suivante présente une étude rétrospective de 19 cas de fractures chez le cochon d'Inde, qui ont été prises en charge au CHUVA-Ac, au CHV ADVETIA et au CHV FREGIS, entre août 2003 et juillet 2021.

Deuxième partie : étude rétrospective de 19 cas de fractures de l'os long, prises en charge dans trois CHV d'Ile de France entre août 2003 et juillet 2021

1. Introduction

Le cochon d'Inde est un animal de compagnie qui s'agite beaucoup lorsqu'il est stressé. Il est donc sujet aux erreurs de manipulation et aux chutes. Ses os étant fragiles et entourés par peu de tissus mou, les fractures des os longs constituent l'un des motifs de consultation. Plusieurs auteurs ont décrit des cas cliniques avec prise en charge chirurgicale de ces fractures (Aguiar *et al.*, 2014 ; Conn, 2000 ; Macedo *et al.*, 2015 ; Periat, 2008), et différentes techniques de prise en charge, chirurgicale ou non, ont été rapportées dans la littérature scientifique, que nous avons décrites dans la première partie de cette thèse.

En complément de cette approche bibliographique mettant évidence un faible niveau de connaissance quant à la prise en charge des fractures chez le cochon d'Inde, l'objectif de cette deuxième partie est de tenter d'apporter de nouveaux éléments par une analyse rétrospective de 19 cas de cochons d'Inde ayant été pris en charge entre août 2003 et juillet 2021 pour des fractures des os longs, dans différents CHV d'Ile de France, plus précisément au CHUVA-Ac, au CHV ADVETIA et au CHV FREGIS. Un intérêt particulier sera porté au type de traitement qui a été mis en place, chirurgical ou non, ainsi qu'à l'évolution de la santé de l'animal postérieurement à sa prise en charge.

2. Matériels et méthodes

A. Sélection des cas

Pour notre étude, nous avons retenu les critères d'inclusion suivants :

- Présence d'une fracture d'au moins un os long (humérus, radius, ulna, fémur, tibia, fibula) diagnostiquée radiographiquement ;
- Prise en charge au CHUVA-Ac, au CHV ADVETIA ou au CHV FREGIS.

La plage temporelle de notre étude, entre août 2003 et juillet 2021, correspond à la période couverte par les cas de fractures chez le cochon d'Inde, que nous sommes parvenus à collecter auprès des trois CHV considérés.

B. Animaux entrant dans l'étude

Au total 24 dossiers de cochons d'Inde ayant été vus en consultation pour cause de fracture ont pu être collectés auprès des trois CHV sur la période considérée. Au CHUVA-Ac, les cas ont été collectés sur la base de données CLOVIS de l'hôpital grâce à une recherche en utilisant les mots clefs « fracture » et en limitant les résultats à l'espèce du cochon d'Inde. Aux CHV FREGIS et ADVETIA, les comptes rendus des animaux m'ont été, à ma demande, envoyés par mail par les

cliniciens y exerçant. Seuls 19 cas correspondaient à nos critères d'inclusion et ont été retenus pour notre étude, parmi lesquels 14 patients admis au CHUVA-Ac, un patient admis au CHV FREGIS et quatre patients admis au CHV ADVETIA.

Leurs dossiers ont été étudiés et les caractéristiques suivantes ont été relevées pour chaque cas (Annexe 1) :

- poids de l'animal ;
- âge de l'animal ;
- sexe de l'animal ;
- classification de la fracture ;
- circonstances d'apparition de la fracture ;
- nature chirurgicale ou non des traitements acceptés par le propriétaire et effectivement mis en place ;
- protocole anesthésique utilisé en cas de prise en charge chirurgicale ;
- complications éventuellement rencontrées ;
- date de résolution complète (retrait du montage lors d'un traitement chirurgical ou disparition de la boiterie lors d'un traitement conservateur).

Les radiographies des membres fracturés ont été collectées pour tous les cas (Annexe 2) exceptés ceux dont la consultation était trop ancienne pour que les radiographies figurent dans bases de données actuelles des CHV. Cela concerne les cas n°1, 2, 3, 16, 17, 18 et 19.

3. Résultats

A. Description des cas

Parmi les 19 cas sélectionnés, dix concernent des mâles, huit des femelles et un jeune cochon d'Inde d'un jour est de sexe inconnu. La médiane d'âge est de 7 mois et demi. Douze animaux sont âgés d'un an ou moins (cas n°4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 15, 17 et 19), cinq sont plus vieux (cas n°1, 13, 14, 16 et 18) et deux sont d'âge inconnu (cas n°2 et 3).

La majorité des fractures sont d'origine accidentelle, principalement dues à une erreur humaine (Tableau 3).

Tableau 3 : Causes des fractures des os longs chez les cas étudiés

Cause	Chute	Manipulation	Écrasement	Patte coincée	Inconnue
Nombre de cas	8	3	3	2	3
Numéro des cas	2, 6, 8, 10, 12, 14, 17, 18	1, 9, 19	4, 13, 16	11, 15	3, 5, 7

Dix-huit animaux présentent une seule fracture et un animal en présente deux (cas n°15). Six fractures touchent un membre thoracique et 14 un membre pelvien. Le même nombre de fractures portent sur le côté gauche de l'animal que le côté droit. Aucune fracture n'atteint l'humérus (Tableau 4).

Tableau 4 : Répartition des fractures des os longs chez les cas étudiés

	Fémur	Tibia et/ou fibula	Humérus	Radius et/ou ulna	Total
Gauche	3	6	0	1	10
Droit	3	2	0	5	10
Total	6	8 (dont une bilatérale)	0	6	20

Les fractures sont en majorité des fractures fermées et simples. L'aspect du trait de fracture est variable et plus fréquemment oblique (Tableau 5).

Tableau 5 : Répartition des types de fractures des os longs chez les cas étudiés

	Ouverte	Fermée	Total	Simple	Esquilleuse
Transverse	0	5	5	3	2
Oblique	2	7	9	6	3
Spiroïde	0	4	4	2	2
Inconnue	1	1	2	1	1
Total	3	17	20	12	8

Figure 22 : Radiographies d'une fracture spiroïde esquilleuse du fémur droit chez le cas n°5 (crédits : EnvA)



B. Anesthésie

Sur les 19 cas de l'étude, 10 ont été pris en charge chirurgicalement. Les comptes-rendus d'hospitalisation ne détaillent les conditions d'anesthésie que pour les cas n°8, 13 et 14 (Tableau 6).

Tableau 6 : Protocole anesthésique de trois cas opérés

Cas	8	13	14
Prémédication	Morphine 1 mg/kg IM Midazolam 1 mg/kg IM	Méthadone 1 mg/kg IM Midazolam 1 mg/kg IM	Méthadone 1 mg/kg IM Midazolam 0,5 mg/kg IM
Induction	Isoflurane au masque	Isoflurane au masque	Isoflurane au masque
Intubation	Non	Non	Non
Maintenance	Isoflurane au masque	Isoflurane au masque	Isoflurane au masque
Anesthésie loco-régionale	Non	Bloc du plexus brachial avec de la Bupivacaïne à 0,3 mg/kg	Non
Incident anesthésique	Non	Douleur, hypothermie, sécrétions de mucus dans les voies respiratoires	Douleur et hypothermie

* IM = Voie intramusculaire

Aucune pose de voie veineuse n'a été faite pour ces trois cas. La prémédication a donc été réalisée par voie intramusculaire à l'aide de morphine ou de méthadone à 1 mg/kg pour l'analgésie, et de midazolam à des doses allant de 0,5 à 1 mg/kg afin d'induire une myorelaxation. Aucun des trois animaux n'ayant été intubé, l'induction et la maintenance de l'anesthésie ont donc été faites au masque à l'isoflurane. Le cas n°13 a bénéficié d'une anesthésie loco-régionale du plexus brachial. Concernant les incidents anesthésiques rapportés, on note une douleur, une hypothermie et des sécrétions de mucus dans les voies respiratoires.

C. Matériels utilisés

Que ce soit pour les prises en charge par traitement conservateur ou par traitement chirurgical, les comptes-rendus ne détaillent que très peu les matériels utilisés. Pour deux cas de fracture du fémur (cas n° 2 et 8), la taille des broches centro-médullaires était de 1,5 mm. Celle-ci était de 0,8 mm pour un cas de fracture de l'ulna (cas n°13). Les autres informations pertinentes qui ont pu être collectées sont précisées dans la partie « Résultats ».

D. Évaluation de la prise en charge

La collecte d'information sur le suivi post-fracture des 19 cas sélectionnés se répartit comme suit :

- deux cas (n°7 et 12) ont pu être renseignés par téléphone pour les deux propriétaires qui n'avaient pas changé de numéro et que nous avons réussi à joindre ;
- sept cas (n°6, 9, 11, 13, 16, 18, 19) ont pu être renseignés grâce aux comptes-rendus de consultation disponibles ;
- trois cas (n°5, 14, 17) sont décédés précocement ou ont été euthanasiés dans les dix jours suivant la prise en charge de la fracture ;
- sept cas (n°1, 2, 3, 4, 8, 10, 15) ont été perdus de vue.

E. Caractéristiques du suivi post-traitement

Des contrôles radiologiques ont été réalisés afin d'évaluer l'évolution de la cicatrisation. Dans certains cas, des traitements médicamenteux ont été utilisés en complément du traitement des fractures.

F. Types de traitements, suivis post-traitement et complications

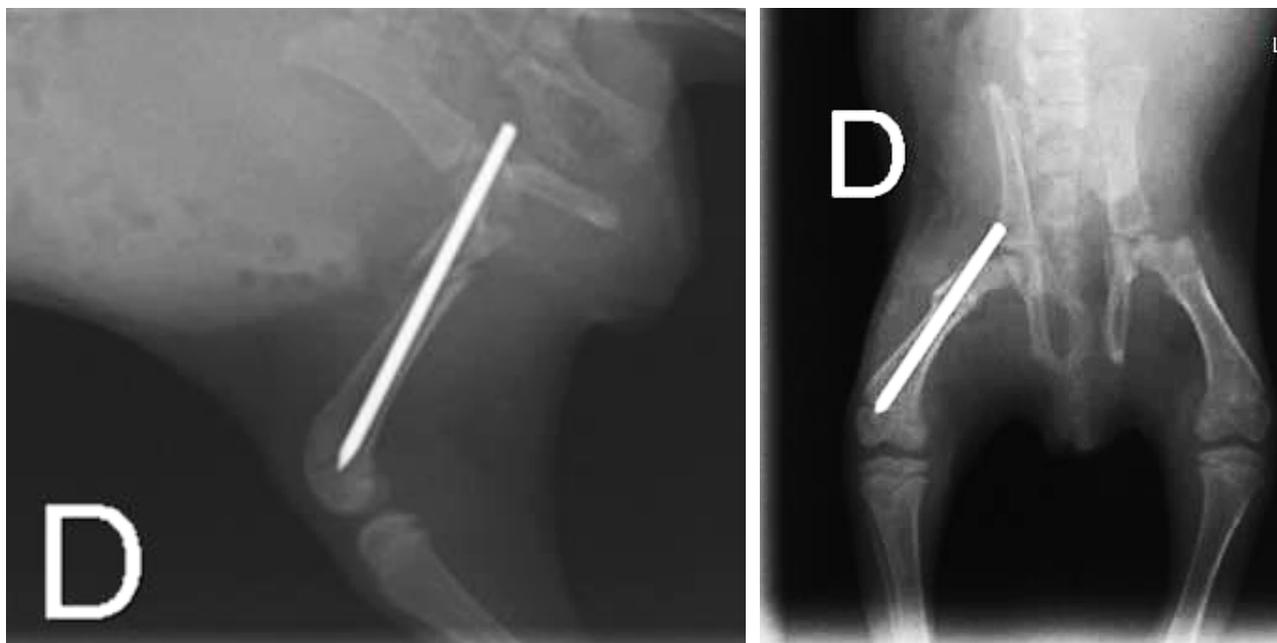
a. Types de traitements

Neuf cochons d'Inde ont bénéficié d'un traitement conservateur et dix ont été opérés. Les différents types de prise en charge sont répertoriés dans le tableau 7. Parmi les traitements conservateurs utilisés, la coaptation externe a été privilégiée par rapport à la seule cageothérapie. Pour ce qui concerne les traitements chirurgicaux, la majorité des prises en charge a consisté en des enclouages centro-médullaires (Figure 23) associés ou non à un cerclage. A l'exception de trois cas, ces derniers ont tous été réalisés sur des fractures fémorales (Tableau 9).

Tableau 7 : Répartition des traitements réalisés chez les cas étudiés

	Traitement conservateur		Traitement chirurgical		
	Cageothérapie seule	Coaptation externe	Enclouage centro-médullaire (+/- cerclage)	Tie-In	Fixateur externe
Nombre de cas	3	6	8	1	1

Figure 23 : Radiographies post-opératoires immédiates d'une prise en charge par enclouage centro-médullaire d'une fracture transverse fermée du fémur chez le cas n°5 (crédits : EnvA)



b. Suivis post-traitement et complications

Pour chaque cas étudié, les éléments relatifs au suivi post-opératoire et aux éventuelles complications sont décrits dans les tableaux 8 et 9.

Tableau 8 : Suivi post-traitement des cas pris en charge par traitement conservateur

Cas	1	3	6	7	9	10	11	12	17
Poids (kilogramme)	N.D.*	N.D.*	0,375	0,41	0,58	0,38	0,58	0,4	0,74
Os fracturé(s)	Ulna (et carpe)	Radius-Ulna	Radius-Ulna	Tibia-Fibula	Radius-Ulna	Tibia-Fibula	Tibia-Fibula	Tibia	Tibia
Décision du propriétaire suite à la proposition d'une prise en charge chirurgicale	N.D.	N.D.	N.D.	Refus	N.D.	Refus	Refus	Refus	Acceptation et mise en attente de la stabilisation de l'animal
Traitement	Cageothérapie seule	Cageothérapie seule	<i>Tape Splint</i>	Cageothérapie seule	<i>Tape Splint</i>	Pansement Robert-Jones	Pansement contentif composé de deux broches et de scotch	Pansement contentif de nature non précisée	Pansement avec attelle de nature non précisée
Compte-rendu (et date) du dernier contrôle radiographique	N.D.	N.D.	Cicatrisation en cours (28 jours)	Absence de cal, mal-apposition des bouts osseux (6 jours)	N.D.	N.D.	Cicatrisation en cours, mal-apposition des bouts osseux (22 jours)	N.D.	N.D.
Délais avant retrait du montage	S.O.**	S.O.	13 jours	S.O.	N.D.	N.D.	22 jours	N.D.	N.D.
Délais avant résolution de la boiterie	N.D.	N.D.	N.D.	3 sem.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Complication	N.D.	N.D.	Suspicion de processus infectieux	Absence de complication	Nécrose cutanée suite à des brûlures justifiant une amputation	N.D.	Déviation de l'axe du membre	Absence de complication	Arrêt de transit justifiant une euthanasie

* N.D. = Information non disponible (animal perdu de vue, amputé ou décédé précocement).

** S.O. = Sans objet

Pour faciliter la lecture du tableau, les colonnes correspondant aux cas ayant bénéficié d'un unique traitement de cageothérapie apparaissent en gris sombre. Celles correspondant aux cas ayant bénéficié d'une coaptation externe apparaissent quant à elles en gris clair.

Tableau 9 : Suivi post-traitement des cas pris en charge chirurgicalement

Cas	2	4	5	8	13	14	15	16	18	19
Poids (kilogramme)	N.D.	0,078	0,567	0,72	0,96	0,95	0,32	1,15	0,98	0,93
Os fracturé(s)	Fémur	Fémur	Fémur	Fémur	Ulna	Ulna	Tibia bilatéral	Tibia-Fibula	Fémur	Fémur
Traitement	ECM* + cerclage	ECM	ECM + 2 broches bi-corticales	ECM + cerclage	ECM + cerclage	ECM + cerclage	Fixateur externe + Tape Splint	ECM + fixateur externe	Tie-In	ECM
Matériel chirurgical utilisé	Broche de 1,5 mm	N.D.**	N.D.	Broche de 1,5 mm	Broche de 0,8 mm	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Compte rendu (et date) du dernier contrôle radiographique	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	Bonne cicatrisation (22 jours)	N.D.	N.D.	Bonne cicatrisation (26 jours)	Bonne cicatrisation (45 jours)	Bonne cicatrisation (14 jours)
Délais avant retrait du montage	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	5 mois	N.D.	N.D.	35 jours	44 jours	N.D.
Complication	N.D.	N.D.	Arrêt de transit suivi du décès	N.D.	Absence de complication	Arrêt de transit suivi du décès	N.D.	Déviations de l'axe du membre	Gonflement du membre	Arrachement de points

* ECM = Enclouage centro-médullaire

** N.D. = Information non disponible (animal perdu de vue ou décédé précocement)

- *Décision des propriétaires suite à la proposition d'une prise en charge chirurgicale*

Sur les 19 cas étudiés, on compte onze animaux dont les propriétaires ont accepté une prise en charge chirurgicale, parmi lesquels dix ont été effectivement opérés (Tableau 9) et un animal est décédé avant l'opération (cas n°17). Quatre autres propriétaires ont refusé la prise en charge et leurs cochons d'Inde ont bénéficié d'un traitement conservateur. Pour les cas n°1, 3, 6 et 9, les dossiers sont incomplets et ne permettent pas de savoir si une prise en charge chirurgicale a été proposée avant le traitement conservateur.

- *Suivis des cas ayant bénéficié d'un traitement conservateur*

Sur les neuf cas étudiés ayant bénéficié d'un traitement conservateur, le suivi post-traitement des animaux n'est décrit que pour trois d'entre eux et fait état d'une cicatrisation en cours avec un retrait du pansement entre 13 et 22 jours après la première consultation. En outre, le délai de résolution de la boiterie n'est précisé que dans un seul cas. Le peu d'information disponible ne permet malheureusement pas d'aller plus loin dans l'analyse de l'effet bénéfique de ce type de traitement.

- *Suivis des cas ayant bénéficié d'une chirurgie*

Sur les dix cas étudiés ayant été opérés, le suivi post-traitement des animaux n'est décrit que pour quatre d'entre eux et fait systématiquement état d'une bonne cicatrisation : il s'agit de trois cas sur les sept ayant bénéficié d'un enclouage centro-médullaire et de l'un des deux cas ayant bénéficié

d'un traitement par cerclage. L'évolution du cas ayant bénéficié d'un traitement par fixateur externe et *Tape Splint* n'est quant à elle pas précisée.

- *Complications postérieures à la prise en charge*

Parmi les neuf cas ayant bénéficié d'un traitement conservateur, trois ont été perdus de vue. Il n'a donc pas été possible de collecter des informations sur les complications éventuelles postérieures à la prise en charge de ces cas. De même, parmi les dix cas ayant bénéficié d'un traitement chirurgical, quatre ont également été perdus de vue.

Sur les onze animaux non perdus de vue, trois n'ont pas présenté de complication. Les huit autres ont présenté les complications suivantes :

- trois animaux ont présenté un arrêt de transit associé à une dégradation de l'état général, entraînant leur décès ou justifiant leur euthanasie (Figure 24) ;
- un animal a présenté une nécrose cutanée sur le membre fracturé suite à des brûlures avant la consultation, justifiant une amputation ;
- deux animaux ont présenté une déviation persistante de l'axe du membre ;
- un animal a présenté des signes laissant suspecter une infection, résolus spontanément ;
- un animal a présenté un gonflement du membre d'origine inconnue, résolu sous traitement corticoïde ;
- un animal a arraché ses points sans autre complication associée.

Figure 24 : Radiographie abdominale de profil droit mettant en évidence un iléus digestif à onze jours post-opératoires chez le cas n°14 (crédits : EnvA)



4. Discussion

Notre étude rétrospective a permis de collecter 19 cas de fractures d'os long chez le cochon d'Inde et d'étudier leur prise en charge en pratique par trois CHV d'Ile de France.

Parmi les cas étudiés, les animaux traumatisés sont majoritairement des jeunes de moins d'un an et la cause de leur fracture est accidentelle pour 87% des cas (*i.e* 14 cas sur les 16 dont la

cause traumatique est connue). Ces fractures étaient dues à une chute des bras du propriétaire ou d'un support sans surveillance, à une erreur de manipulation ou bien encore à un écrasement par le propriétaire. Dans notre étude, le taux de fractures dues à une erreur humaine est similaire à celui rapporté dans celle réalisée par Sasai *et al.* (2015) chez le lapin. On peut sans doute expliquer ce résultat par l'âge des animaux de notre étude. En effet un animal de jeune âge, plus vif et moins habitué à la manipulation, risque davantage de se débattre et se blesser lors d'une contention par son propriétaire, peut-être lui aussi moins avisé lorsqu'il s'occupe pour les premières fois de son animal.

Les fractures des individus étudiés se situent plus fréquemment au niveau des membres pelviens – touchant aussi bien le tibia et/ou la fibula que le fémur –, que des membres thoraciques où elles ne touchent que le radius et/ou l'ulna. Ces résultats sont cohérent avec d'autres études précédentes (Capello, 2011 ; Minarikova *et al.*, 2015), qui suggèrent que cette répartition est due aux traumatismes de faible impact auxquels le cochon d'Inde risque d'être confronté en intérieur. Ces derniers atteignent en effet plus particulièrement les segments osseux distaux.

Concernant la classification des fractures chez les cas étudiés – qui sont en majorité des fractures fermées obliques simples –, il n'existe pas à notre connaissance d'information dans la littérature scientifique sur ce sujet chez le cochon d'Inde. Il ne nous est donc pas possible de comparer nos résultats à des travaux précédents.

Dans notre étude, près de la moitié des cas – soit neuf individus –, a été prise en charge par traitement conservateur et l'autre moitié – soit dix individus –, a été opérée. Pour quatre des neuf animaux pris en charge par traitement conservateur, un traitement chirurgical avait été proposé aux propriétaires, mais celui-ci a été refusé. Les raisons de ces refus ne sont pas détaillées dans les comptes-rendus de prise en charge, mais pourraient être liées aux coûts élevés des prises en charge chirurgicales (Miwa et Calvo Carrasco, 2019). Pour l'un des neuf animaux, le traitement conservateur a été proposé comme solution temporaire en attente d'une chirurgie, qui était prévue après stabilisation de l'état général de l'animal. D'après Miwa et Calvo Carrasco (2019), c'est en effet une indication de la coaptation externe pour faire hémostase, limiter l'œdème et préserver les tissus mous en empêchant les fragments osseux de pénétrer la peau, tout en améliorant le confort de l'animal.

Concernant les fractures prises en charge par traitement conservateur, la coaptation externe à l'aide de pansements contentifs associés ou non à une attelle a été privilégiée par rapport à la seule cageothérapie (six cas sur neuf sont concernés). Ce résultat est en accord avec les travaux de Miwa et Calvo Carrasco (2019) qui déconseillent la cageothérapie seule – car elle est source de nombreuses complications –, mis à part pour quelques cas particuliers : les animaux très jeunes, les cas de fractures alignées et relativement stables pour lesquelles une prise en charge chirurgicale n'est pas possible, les fractures situées sur des os longs proximaux pour lesquels l'articulation proximale ne peut pas être immobilisée par coaptation externe. Du fait du nombre important d'animaux perdus de vue dans notre étude, il nous est impossible d'évaluer l'efficacité et la survenue de complications lors de cageothérapie seule comparées à de la cageothérapie associée à de la coaptation externe. Enfin, un élément intéressant à relever est la pose de pansement *Tape Splint* sur des animaux de 300 à 600 grammes, cette technique n'étant actuellement décrite que pour des animaux bien plus léger de moins de 60 grammes (Miwa et Calvo Carrasco, 2019).

Parmi les fractures prises en charge chirurgicalement, la quasi-totalité des techniques utilisées a consisté en des enclouages centro-médullaires associés ou non à un cerclage, un Tie-In,

des broches bicorticales ou un fixateur externe. Seul un animal a fait l'objet de la pose d'un fixateur externe en association avec un pansement *Tape Splint*. Il est intéressant de noter qu'aucune prise en charge n'a consisté en la pose de plaques osseuses. Ceci peut être expliqué par la petite taille des patients et/ou par le manque de matériel de taille adapté lors de l'intervention chirurgicale. De plus cette méthode est celle qui nécessite le temps opératoire le plus long et par conséquent une anesthésie prolongée, ce qui constitue un risque pour les cochons d'Inde, car ce sont des animaux connus pour ne pas très bien tolérer des anesthésies de longue durée (Helmer et Lightfoot, 2002 ; Miwa et Calvo Carrasco, 2019).

A l'exception de deux cas de fracture de l'ulna et d'un cas de fracture de l'ensemble tibia-fibula, les enclouages centro-médullaires ont tous été réalisés sur des fractures fémorales. Dans la littérature, l'usage d'enclouage centro-médullaire est rapporté pour la stabilisation de fractures fémorales (Periat, 2008) et tibiales (Macedo *et al.*, 2015) mais pas, à notre connaissance, pour les fractures ulnaires. D'après les recommandations de Piermattei *et al.* (2006), le diamètre de la broche doit représenter 60 à 70% du diamètre du canal médullaire tout en restant inférieur à 20 à 30% du diamètre de l'os. Ces recommandations semblent effectivement avoir été respectées pour trois cas de notre étude, pour lesquels des broches de 0,8 mm et 1,5 mm ont été utilisées pour des fractures de l'ulna ou du fémur, respectivement. Malheureusement, les comptes-rendus en notre possession ne détaillent le matériel chirurgical utilisé que pour ces trois animaux et ne permettent pas de déterminer si cette pratique était généralisée à l'ensemble des cas chirurgicaux de notre étude. La plupart des enclouages centro-médullaires mis en place ont été associés à la pose de cerclage, de fixateur externe ou de broches supplémentaires. Aguiar et collaborateurs (2014) ont eux aussi décrit un cas clinique de combinaison d'un enclouage centro-médullaire avec un cerclage. Une seule fracture fémorale a été prise en charge par Tie-In. Or d'après Miwa et Calvo Carrasco (2019), le Tie-In est considéré comme la méthode de choix pour la gestion des fractures fémorales, tibiales et humérales chez le cochon d'Inde.

Concernant la prise en charge péri-opératoire des animaux opérés, les comptes-rendus étudiés étaient ici encore très incomplets. Ces lacunes peuvent s'expliquer par le fait que les dossiers de certains animaux étant relativement anciens, les règles de rédactions étaient moins strictes qu'actuellement et certaines informations n'ont pas été relevées. Ainsi, les conditions d'anesthésie ne sont décrites que pour trois cas mais relatent un protocole relativement similaire (*i.e.* prémédication par voie intramusculaire à l'aide de morphine ou de méthadone et de midazolam puis induction et maintenance de l'anesthésie au masque à l'isoflurane). Ce protocole est conforme aux recommandations disponibles dans la littérature (Riggs, 2009). Chez les trois animaux étudiés, aucun n'a bénéficié d'une pose de voie veineuse ou d'une intubation, ce qui souligne la non systématisation de ces gestes jugés comme délicats lors d'anesthésie du cochon d'Inde, décrite par Brodbelt *et al.* (2008). Il est intéressant de noter que l'un des animaux a bénéficié d'une anesthésie loco-régionale du plexus brachial. Les cas cliniques de cochon d'Inde reportés à ce jour dans la littérature ne décrivent à notre connaissance que des anesthésies loco-régionales des membres pelviens.

Une des principales limites de notre étude est le manque d'informations concernant le suivi des animaux après traitement. Cette lacune peut sans doute s'expliquer de deux façons : (i) les conseils qui encouragent les propriétaires à réaliser un contrôle radiographique postérieurement à la prise en charge sont peu respectés par ces derniers, surtout si l'animal se remet bien, et/ou (ii) les dossiers de certains animaux de notre étude étant relativement anciens, les coordonnées des propriétaires avaient pour la plupart changé, les rendant injoignable par téléphone pour toute

demande d'information complémentaire. En effet seuls deux propriétaires ont pu être contactés sur les 19 que nous avons tenté de joindre. Que ce soit pour les animaux pris en charge par traitement conservateur ou chirurgical, le suivi post-traitement des animaux n'est décrit que pour moins de la moitié d'entre eux (respectivement trois et quatre individus). Le peu d'information disponible ne permet malheureusement pas de comparer l'effet de ces deux types de prises en charge sur la guérison de l'animal et la survenue éventuelle de complications. Parmi les complications rencontrées, certaines sont peu graves et temporaires comme un arrachement de points, des signes laissant suspecter une infection ou des signes de gonflement du membre d'origine inconnue, résolus spontanément ou après traitement corticoïde. D'autres complications telles qu'une déviation persistante du membre sont sans impact sur l'état général de l'animal mais définitives et potentiellement invalidantes pour le membre concerné, même si aucune information n'est disponible à ce sujet. Par ailleurs une complication grave est survenue à la suite de plaies de brûlures concomitantes au traumatisme et a nécessité l'amputation du membre concerné. Enfin parmi les complications les plus graves rapportées, les arrêts de transit ont constitué une issue fatale pour les cochons d'Indes concernés. Ainsi, les complications survenues chez les animaux étudiés sont principalement liées aux limites de la prise en charge réalisée (perte d'alignement des abouts osseux) et aux particularités du cochon d'Inde (prédisposition aux arrêts de transit et à l'automutilation lors de situations stressantes et douloureuses).

Du fait du nombre restreint de cas que nous sommes parvenus à collecter pour notre étude, il ne nous est pas possible de considérer nos résultats comme représentatifs de l'ensemble des cas de cochons d'Inde traités pour des fractures des os longs. En effet, l'analyse de seulement 19 cas, qui ont été appréhendés avec des techniques, des équipements et des prises en charge péri-opératoires hétérogènes, ne permet pas de tirer des conclusions statistiquement significatives. Notre travail doit donc être plutôt considéré comme un recueil de cas qui vient s'ajouter aux cas cliniques déjà existants dans la littérature scientifique (Aguiar *et al.*, 2014 ; Conn, 2000 ; Macedo *et al.*, 2015 ; Periat, 2008).

Conclusion

Le cochon d'Inde est un animal vif dont les os longs fragiles et protégés par peu de tissus mous environnant – plus particulièrement le fémur et les ensembles tibia-fibula et radius-ulna –, sont sujets aux fractures. Leur cause est le plus souvent d'origine accidentelle suite à une chute ou une erreur de manipulation par les propriétaires. Notre approche bibliographique a permis de décrire les pratiques de prise en charge de ces fractures, notamment les premiers soins qui doivent être adaptés au tempérament stressé et à la faible tolérance à la douleur du cochon d'Inde, mais aussi les techniques de prise en charge chirurgicales ou non chez cette espèce. Parmi ces méthodes, figurent des traitements conservateurs à l'aide de pansements contentifs et/ou d'immobilisation en cage jusqu'à cicatrisation, ainsi que des traitements chirurgicaux qui utilisent par exemple des enclouages centro-médullaires, des fixateurs externes, des plaques osseuses, sans oublier des combinaisons de ces trois éléments. Pour certaines de ces méthodes, des publications scientifiques décrivent spécifiquement leur usage chez le cochon d'Inde, en s'intéressant tout particulièrement à leur indication et aux complications possibles. D'autres méthodes ne sont à ce jour décrites que chez les carnivores domestiques ou chez les lapins de compagnie. Cependant leur utilisation pourrait être transposée aux cochons d'Inde. Par ailleurs, nous nous sommes également employés à rechercher dans la littérature scientifique les spécificités de la prise en charge péri-opératoire du cochon d'Inde, telle que l'anesthésie et le suivi durant la convalescence, en réponse au tempérament spécifique de cet animal, mais aussi à sa prédisposition à développer des arrêts de transit lors de situations stressantes ou douloureuses.

En complément de cette approche bibliographique mettant évidence un faible niveau de connaissance quant à la prise en charge des fractures des os longs chez le cochon d'Inde, notre deuxième partie qui a consisté en une analyse rétrospective de 19 cas de fractures de l'os long chez le cochon d'Inde, a permis de faire état de résultats similaires à ceux rapportés dans la littérature concernant la répartition des os les plus fréquemment atteints chez le cochon d'Inde (fémur et les ensembles tibia-fibula et radius-ulna). Elle a également permis de souligner le jeune âge des animaux atteints et l'origine accidentelle des fractures, causées dans leur grande majorité par une erreur des propriétaires. Ce résultat pourrait inciter à engager des actions de communication auprès des animaleries pour que les futurs propriétaires de cochon d'Inde soient sensibilisés à ce risque lors de l'achat des animaux.

Concernant les prises en charges réalisées sur les fractures étudiées, notre travail décrit la mise en place d'une cageothérapie associée ou non à des pansements contentifs pour la moitié des cas et pour l'autre, la pose d'enclouages centro-médullaires associés ou non à un cerclage, un Tie-In, des broches bicorticales ou un fixateur externe. Le nombre restreint de cas que nous sommes parvenus à collecter pour notre étude ne nous permet malheureusement pas de comparer l'effet des prises en charge conservatrices et chirurgicales sur la guérison de l'animal et la survenue éventuelle de complications. Notre travail permet néanmoins de mettre en lumière deux pratiques qui n'ont à notre connaissance pas encore été décrites dans la littérature scientifique sur le cochon d'Inde : deux fractures ulnaires ont été prises en charge par la pose d'un enclouage centro-médullaire et un des animaux a bénéficié d'une anesthésie loco-régionale du plexus brachial.

Pour aller plus loin et surmonter la principale limite de notre travail résidant dans le faible nombre de cas et le contenu lacunaire des informations collectées, il serait intéressant d'étendre la recherche de cas supplémentaires à d'autres centres hospitaliers vétérinaires mais aussi de faire appel à des propriétaires concernés via des forums de particuliers passionnés. Cette deuxième stratégie, basée sur une approche participative, permettrait d'augmenter les chances de collecter un nombre suffisant de cas pour pouvoir procéder à des analyses statistiques. L'objectif serait notamment d'obtenir plus d'informations sur les pratiques les plus couramment utilisées chez cette espèce, ainsi que sur le suivi post-traitement des patients, afin d'évaluer l'effet de ces pratiques sur la guérison de l'animal et de décrire les complications auxquelles il faut s'attendre.

Du fait de l'augmentation du nombre de rongeurs de compagnie en France, nous pouvons nous attendre à un nombre croissant de consultations de cochon d'Inde pour motif de fracture dans les années à venir. Ces nouveaux cas pourraient également être inclus à l'étude au fur et à mesure ou même constituer une étude prospective à part entière pour laquelle le choix du traitement (par exemple chirurgical versus conservateur ou bien enclouage centro-médullaire versus Tie-In) serait randomisé, sous réserve que les conditions de l'étude soient éthiquement acceptables.

Liste des références bibliographiques

- AGUIAR, J., MOGRIDGE, G., HALL, J. (2014) Femoral fracture repair and sciatic and femoral nerve blocks in a guinea pig. *Journal of Small Animal Practice* vol. 55, n° 12, p. 635-639. [<https://doi.org/10.1111/jsap.12033>]
- AMES, WILEY BLACKWELL (2016) Complications in Small Animal Surgery. [<https://doi.org/10.1002/9781119421344>]
- ARON, D.N., FOUTZ, T.L., KELLER, W.G., *et al.* (1991) Experimental and Clinical Experience with an IM Pin External Skeletal Fixator Tie-in Configuration. *Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology* vol. 4, n° 03, p. 86-94. [<https://doi.org/10.1055/s-0038-1633259>]
- BERRYMAN, J.C. (1976) Guinea-pig Vocalizations: Their Structure, Causation and Function. *Zeitschrift für Tierpsychologie* vol. 41, n° 1, p. 80-106. [<https://doi.org/10.1111/j.1439-0310.1976.tb00471.x>]
- BRODBELT, D.C., BLISSITT, K.J., HAMMOND, R.A., *et al.* (2008) The risk of death: the Confidential Enquiry into Perioperative Small Animal Fatalities. *Veterinary Anaesthesia and Analgesia* vol. 35, n° 5, p. 365-373. [<https://doi.org/10.1111/j.1467-2995.2008.00397.x>]
- CAMPOY, L., MARTIN-FLORES, M., LUDDERS, J.W., *et al.* (2012) Comparison of bupivacaine femoral and sciatic nerve block versus bupivacaine and morphine epidural for stifle surgery in dogs. *Veterinary Anaesthesia and Analgesia* vol. 39, n° 1, p. 91-98. [<https://doi.org/10.1111/j.1467-2995.2011.00673.x>]
- CAPELLO, V. (2011) Common Surgical Procedures in Pet Rodents. *Journal of Exotic Pet Medicine* vol. 20, n° 4, p. 294-307. [<https://doi.org/10.1053/j.jepm.2011.07.002>]
- CONN, M. (2000) Tibial fracture in a guinea pig. *Exotic DMV* vol. 2, n° 5, p. 5-6.
- COOPER, G., SCHILLER, A. (1975) Chapter 2: The skeletal system : Anatomy of the Guinea Pig. Cambridge, Harvard University Press Cambridge.
- DEYOUNG, D., PROBST, C. (1993) Methods of internal fracture fixation. *SLATTER, D. Textbook of small animal surgery. Philadelphia, W.B. Saunders Compagy* vol. 2, p. 1610-1631.
- EISELE, P.H., KAAEKUAHIWI, M.A., CANFIELD, D.R., *et al.* (1994) Epidural catheter placement for testing of obstetrical analgesics in female guinea pigs. *Laboratory Animal Science* vol. 44, n° 5, p. 486-490.
- ENDERSBY, J. (2007) A guinea pig's history of biology the plants and animals who taught us the facts of life. London, W. Heinemann.
- ESHAR, D., BRISCOE, J.A. (2009) External coaptation using a tape splint for treatment of distal pelvic limb fractures in small birds. *Laboratory Animal* vol. 38, n° 8, p. 262-263. [<https://doi.org/10.1038/labam0809-262>]

- GREWE, S.R., STEPHENS, B.O., PERLINO, C., *et al.* (1987) Influence of Internal Fixation on Wound Infections: *The Journal of Trauma: Injury, Infection, and Critical Care* vol. 27, n° 9, p. 1051-1054. [<https://doi.org/10.1097/00005373-198709000-00016>]
- HAWKINS, M.G. (2010) Secondary Nutritional Hyperparathyroidism with Fibrous Osteodystrophy in 3 Guinea Pigs. *Proceedings of 31st Annual AAV Conference and Expo*. San Diego, p. 1.
- HAWKINS, M.G. (2006) The Use of Analgesics in Birds, Reptiles, and Small Exotic Mammals. *Journal of Exotic Pet Medicine* vol. 15, n° 3, p. 177-192. [<https://doi.org/10.1053/j.jepm.2006.06.004>]
- HELMER, P.J., LIGHTFOOT, T.L. (2002) Small exotic mammal orthopedics. *Veterinary Clinics of North America: Exotic Animal Practice* vol. 5, n° 1, p. 169-182. [[https://doi.org/10.1016/S1094-9194\(03\)00052-5](https://doi.org/10.1016/S1094-9194(03)00052-5)]
- JOHANSSON, Å., LINDGREN, J.U., NORD, C.E., *et al.* (1999) Local plate infections in a rabbit model. *Injury* vol. 30, n° 9, p. 587-590. [[https://doi.org/10.1016/S0020-1383\(99\)00153-9](https://doi.org/10.1016/S0020-1383(99)00153-9)]
- JOHNSON, D.H. (2010) Endoscopic Intubation of Exotic Companion Mammals. *Veterinary Clinics of North America: Exotic Animal Practice* vol. 13, n° 2, p. 273-289. [<https://doi.org/10.1016/j.cvex.2010.01.010>]
- JOYNER, P.H., ROCHAT, M.C., HOOVER, J.P. (2004) Use of a hybrid external skeletal fixator for repair of a periarticular tibial fracture in a Patagonian cavy. *Journal of the American Veterinary Medical Association* vol. 224, n° 8, p. 1298-1301. [<https://doi.org/10.2460/javma.2004.224.1298>]
- LÅFTMAN, P., SIGURDSSON, F., STROMBERG, L. (1980) Recovery of Diaphyseal Bone Strength After Rigid Internal Plate Fixation: *An Experimental Study in the Rabbit. Acta Orthopaedica Scandinavica* vol. 51, n° 1-6, p. 215-222. [<https://doi.org/10.3109/17453678008990789>]
- LONGLEY, L.A., FIDDES, M., O'BRIEN, M. (2008) Anaesthesia of exotic pets. Edinburgh, Saunders/Elsevier.
- LORD, E., COLLINS, C., DEFRANCE, S., *et al.* (2020) Ancient DNA of Guinea Pigs (*Cavia* spp.) Indicates a Probable New Center of Domestication and Pathways of Global Distribution. *Scientific Reports* vol. 10, n° 1, p. 8901. [<https://doi.org/10.1038/s41598-020-65784-6>]
- LORINSON, D., GRESSL, H., IMMLER, R. (1996) Fracture treatment in rabbits, guinea pigs and chinchillas using an external fixator. *Wiener Tierärztliche Monatsschrift* vol. 83, n° 8, p. 232-237.
- MACEDO, A.S., GOULART, M.A., ALIEVI, M.M., *et al.* (2015) Tibial osteosynthesis in a guinea pig (*Cavia porcellus*). *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia* vol. 67, n° 1, p. 89-93. [<https://doi.org/10.1590/1678-7498>]
- MAHLER, S.P., ADOGWA, A.O. (2008) Anatomical and experimental studies of brachial plexus, sciatic, and femoral nerve-location using peripheral nerve stimulation in the dog. *Veterinary Anaesthesia and Analgesia* vol. 35, n° 1, p. 80-89. [<https://doi.org/10.1111/j.1467-2995.2007.00356.x>]
- MAYER, M. (2013) Rodents. In Carpenter, M.C. (Éd.), *Exotic Animal Formulary*, 4th ed. St. Louis, Mo, Elsevier, p. 459-493.

- MINARIKOVA, A., HAUPTMAN, K., JEKLOVA, E., *et al.* (2015) Diseases in pet guinea pigs: a retrospective study in 1000 animals. *Veterinary Record* vol. 177, n° 8, p. 200-200. [<https://doi.org/10.1136/vr.103053>]
- MIWA, Y., CALVO CARRASCO, D. (2019) Exotic Mammal Orthopedics. *Veterinary Clinics of North America: Exotic Animal Practice* vol. 22, n° 2, p. 175-210. [<https://doi.org/10.1016/j.cvex.2019.02.001>]
- PERIAT, J. (2008) Femoral fracture repair in two guinea pigs. *Exotic DVM* vol. 10, n° 1, p. 3.
- PIERMATTEI, D.L., FLO, G.L., DECAMP, C.E. (2006) Brinker, Piermattei, and Flo's handbook of small animal orthopedics and fracture repair, 4th Edition. St. Louis, Saunders/Elsevier.
- PIGNON C., MAYER J. (2021) Guinea Pigs. In Quesenberry, K.E. (Éd.), *Ferrets, rabbits, and rodents: clinical medicine and surgery*, 4th Edition. St. Louis, Elsevier, p. 270-297.
- RIGGS, S.M. (2009) Guinea pigs. In *Manual of Exotic Pet Practice*. St. Louis, Elsevier, p. 456-473. [<https://doi.org/10.1016/B978-141600119-5.50020-2>]
- SASAI, H., FUJITA, D., TAGAMI, Y., *et al.* (2015) Characteristics of bone fractures and usefulness of micro-computed tomography for fracture detection in rabbits: 210 cases (2007–2013). *Journal of the American Veterinary Medical Association* vol. 246, n° 12, p. 1339-1344. [<https://doi.org/10.2460/javma.246.12.1339>]
- SCHWARZ, T., STÖRK, C.K., MEGAHY, I.W., *et al.* (2001) Osteodystrophia fibrosa in two guinea pigs. *Journal of the American Veterinary Medical Association* vol. 219, n° 1, p. 63-66.
- TERJESEN, T. (1984) Bone healing after metal plate fixation and external fixation of the osteotomized rabbit tibia. *Acta Orthopaedica Scandinavica* vol. 55, n° 1, p. 69-77. [<https://doi.org/10.3109/17453678408992316>]
- TERJESEN, T., SVENNINGSEN, S. (1988) The effects of function and fixation stiffness on experimental bone healing. *Acta Orthopaedica Scandinavica* vol. 59, n° 6, p. 712-715. [<https://doi.org/10.3109/17453678809149432>]
- TIMM, K.I., JAHN, S.E., SEDGWICK, C.J. (1987) The palatal ostium of the guinea pig. *Laboratory Animal Science* vol. 37, n° 6, p. 801-802.
- WAGNER, J.E. (1976) Introduction and Taxonomy. *The Biology of the Guinea Pig*. New York, Academic Press, p. 1-4. [<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-730050-4.50006-5>]
- WALKER, E.P. (1975) Mammals of the world, 3rd Edition. London, Johns Hopkins university press.
- WATERS, R.V., GAMRADT, S.C., ASNIS, P., *et al.* (2000) Systemic corticosteroids inhibit bone healing in a rabbit ulnar osteotomy model. *Acta Orthopaedica Scandinavica* vol. 71, n° 3, p. 316-321. [<https://doi.org/10.1080/000164700317411951>]
- WENGER, S. (2012) Anesthesia and Analgesia in Rabbits and Rodents. *Journal of Exotic Pet Medicine* vol. 21, n° 1, p. 7-16. [<https://doi.org/10.1053/j.jepm.2011.11.010>]

ZEHNDER A., KAPATKIN A.S. (2012) Orthopedics in Small Mammals. *In* Quesenberry, K.E., Carpenter, J.W. (Éd.), *Ferrets, rabbits, and rodents: clinical medicine and surgery*, 3rd Edition. St. Louis, Elsevier/Saunders, p. 472-484.

Annexe 1 : Base de données de l'étude rétrospective

Cas	1	2	3	4	5	6	7
Poids (kg)	N.D.	N.D.	N.D.	0,078	0,567	0,375	0,41
Age (mois)	18	N.D.	N.D.	1 jour	8	12	5
Sexe	F	F	M	N.D.	F	F	F
Localisation de la fracture	Ulna et carpe D	Fémur G	Radius-Ulna D	Fémur D	Fémur D	Radius-Ulna G	Tibia-Fibula G
Description de la fracture	N.D., multiaquilleuse	Spiriole simple	Oblique simple	Transverse simple	Spiriole esquilleuse	Transverse esquilleuse	Oblique simple
Fracture ouverte ou fermée	Fermée	Fermée	Fermée	Fermée	Fermée	Fermée	Fermée
Circonstance d'apparition	Manipulation	Chute	N.D.	Ecrasement	N.D.	Chute	N.D.
Date d'apparition des symptômes	15/08/2003	25/10/2003	18/02/2008	05/01/2010	11/01/2012	08/03/2012	23/11/2012
Date de consultation	02/10/2003	30/10/2003	28/02/2008	05/01/2010	11/01/2012	08/03/2012	30/11/2012
Décision suite à la proposition d'une intervention chirurgicale	N.D.	Acceptation	N.D.	Acceptation	Acceptation	N.D.	Refus
Traitement	Cageothérapie seule	ECM + cerclage	Cageothérapie seule	ECM	ECM + 2 broches bi-corticales	Tape Splint	Cageothérapie seule
Date d'intervention chirurgicale	S.O.	03/11/2003	S.O.	07/01/2010	12/01/2012	S.O.	S.O.
Matériel chirurgical utilisé	S.O.	Broche de 1,5 mm	S.O.	N.D.	N.D.	S.O.	S.O.
Prémédication de l'anesthésie	S.O.	N.D.	S.O.	N.D.	N.D.	S.O.	S.O.
Induction de l'anesthésie	S.O.	N.D.	S.O.	N.D.	N.D.	S.O.	S.O.
Intubation	S.O.	N.D.	S.O.	N.D.	N.D.	S.O.	S.O.
Maintenance de l'anesthésie	S.O.	N.D.	S.O.	N.D.	N.D.	S.O.	S.O.
Anesthésie loco-régionale	S.O.	N.D.	S.O.	N.D.	N.D.	S.O.	S.O.
Incident anesthésique	S.O.	N.D.	S.O.	N.D.	N.D.	S.O.	S.O.
Date du dernier contrôle radiographique	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	05/04/2012	06/12/2012
Compte rendu du dernier contrôle radiographique	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	Cicatrisation en cours	Absence de cal, mal-apposition des abuts osseux
Délais avant résolution de la boiterie (jours)	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	21
Complication	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	Arrêt du transit suivi du décès	Suspicion de processus infectieux	Non
Date de retrait du montage	S.O.	N.D.	S.O.	N.D.	N.D.	19/03/2012	S.O.
Durée du montage (jours)	S.O.	N.D.	S.O.	N.D.	N.D.	21/03/2012	S.O.
Propriétaire joignable	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Oui

Cas	8	9	10	11	12	13	14
Poids (kg)	0,72	0,58	0,38	0,58	0,4	0,96	0,95
Age (mois)	6	3	2	4	3	24	48
Sexe	F	M	F	M	M	M	M
Localisation de la fracture	Fémur D	Radius-Ulna D	Tibia-Fibula G	Tibia-Fibula G	Tibia G	Ulna D	Ulna D
Description de la fracture	Oblique simple	Transverse esquilleuse	Oblique simple	Oblique esquilleuse	Oblique simple	Transverse simple	Transverse simple
Fracture ouverte ou fermée	Fermée	Fermée	Fermée	Fermée	Fermée	Fermée	Fermée
Circonscription d'apparition	Chute	Manipulation	Chute	Patte coincée	Chute	Ecrasement	Chute
Date d'apparition des symptômes	25/01/2014	20/03/2014	27/09/2014	27/09/2015	13/03/2016	20/02/2017	02/04/2021
Date de consultation	26/01/2014	20/03/2014	28/09/2014	27/09/2015	13/03/2016	23/02/2017	07/04/2021
Décision suite à la proposition d'une intervention chirurgicale	Acceptation	N.D.	Refus	Refus	Refus	Acceptation	Acceptation
Traitement	ECM + cerclage	Tape Splint	Robert-Jones	Pansement contentif composé de deux broches et de scotch	Pansement contentif de nature non prédécisée	ECM + cerclage	ECM + cerclage
Date d'intervention chirurgicale	28/01/2014	S.O.	S.O.	S.O.	S.O.	24/02/2017	12/04/2021
Matériel chirurgical utilisé	Broche de 1,5	S.O.	S.O.	S.O.	S.O.	Broche de 0,8 mm	N.D.
Prémédication de l'anesthésie	MORPHINE 1 mg/kg IM MIDAZOLAM 1 mg/kg IM	S.O.	S.O.	S.O.	S.O.	METHADONE 1 mg/kg IM MIDAZOLAM 1 mg/kg IM	METHADONE 1 mg/kg IM MIDAZOLAM 0,5 mg/kg IM
Induction de l'anesthésie	ISOFLURANE au masque	S.O.	S.O.	S.O.	S.O.	ISOFLURANE au masque	ISOFLURANE au masque
Intubation	Non	S.O.	S.O.	S.O.	S.O.	Non	Non
Maintenance de l'anesthésie	ISOFLURANE au masque	S.O.	S.O.	S.O.	S.O.	ISOFLURANE au masque	ISOFLURANE au masque
Anesthésie loco-régionale	Non	S.O.	S.O.	S.O.	S.O.	Bloc du plexus brachial avec Bupivacaine 0,3 mg/kg	Non
Incident anesthésique	Non	S.O.	S.O.	S.O.	S.O.	Douleur, hypothermie, sécrétions de mucus dans les voies respiratoires	Douleur et hypothermie
Date du dernier contrôle radiographique	N.D.	N.D.	N.D.	19/10/2015	N.D.	15/03/2017	N.D.
Compte rendu du dernier contrôle radiographique	N.D.	N.D.	N.D.	Cicatrisation en cours, mal-apposition des abords osseux	N.D.	Bonne cicatrisation	N.D.
Délais avant résolution de la boiterie (jours)	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Complication	N.D.	Nécrose cutanée suite à des brûlures avant la consultation justifiant une amputation	N.D.	Déviation de l'axe du membre	Non	Non	Arrêt de transit suivi du décès
Date de survie de la complication	N.D.	26/03/2014	N.D.	19/10/2015	S.O.	S.O.	22/04/2021
Date de retrait du montage	N.D.	N.D.	N.D.	19/10/2015	N.D.	01/08/2017	N.D.
Durée du montage (jours)	N.D.	S.O.	S.O.	S.O.	S.O.	150	N.D.
Propriétaire joignable	Non	Non	Non	Non	Oui	Non	Non

Cas	15	16	17	18	19
Poids (kg)	0,32	1,15	0,74	0,98	0,93
Age (mois)	5	19	7	26	12
Sexe	M	M	M	F	M
Localisation de la fracture	Tibia bilatéral	Tibia-Fibula G	Tibia D	Fémur G	Fémur G
Description de la fracture	Oblique multiesquilleuse	Oblique simple	Spirioïde simple	N.D. simple	Spirioïde multiesquilleuse
Fracture ouverte ou fermée	Ouverte	Fermée	Fermée	Ouverte	Fermée
Circonstance d'apparition	Patte coincée	Ecrasement	Chute	Chute	Manipulation
Date d'apparition des symptômes	09/10/2013	01/05/2020	31/07/2021	06/02/2020	01/11/2019
Date de consultation	17/10/2013	01/05/2020	31/07/2021	06/02/2020	04/11/2019
Décision suite à la proposition d'une intervention chirurgicale	Acceptation	Acceptation	Acceptation et en attente de stabilisation de l'animal	Acceptation	Acceptation
Traitement	Fixateur externe + Tappe splint	ECM + fixateur externe	Pansement avec attelle de nature non prédécisée	ECM + Tie-in	ECM
Date d'intervention chirurgicale	17/10/2013	02/05/2020	S.O.	08/02/2020	06/11/2019
Matériel chirurgical utilisé	N.D.	N.D.	S.O.	N.D.	N.D.
Prémédication de l'anesthésie	N.D.	N.D.	S.O.	N.D.	N.D.
Induction de l'anesthésie	N.D.	N.D.	S.O.	N.D.	N.D.
Intubation	N.D.	N.D.	S.O.	N.D.	N.D.
Maintenance de l'anesthésie	N.D.	N.D.	S.O.	N.D.	N.D.
Anesthésie loco-régionale	N.D.	N.D.	S.O.	N.D.	N.D.
Incident anesthésique	N.D.	N.D.	S.O.	N.D.	N.D.
Date du dernier contrôle radiographique	N.D.	28/05/2020	N.D.	23/03/2020	20/11/2019
Compte rendu du dernier contrôle radiographique	N.D.	Bonne cicatrisation	N.D.	Bonne cicatrisation	Bonne cicatrisation
Délais avant résolution de la boiterie (jours)	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Complication	N.D.	Déviations de l'axe du membre	Arrêt de transit justifiant une euthanasie	Gonflement du membre	Arrachement des poils
Date de survenue de la complication	N.D.	19/05/2020	02/08/2021	05/03/2020	19/11/2019
Date de retrait du montage	N.D.	05/06/2020	N.D.	24/03/2020	N.D.
Durée du montage (jours)	N.D.	35	S.O.	44	N.D.
Propriétaire joignable	Non	Non	Non	Non	Non

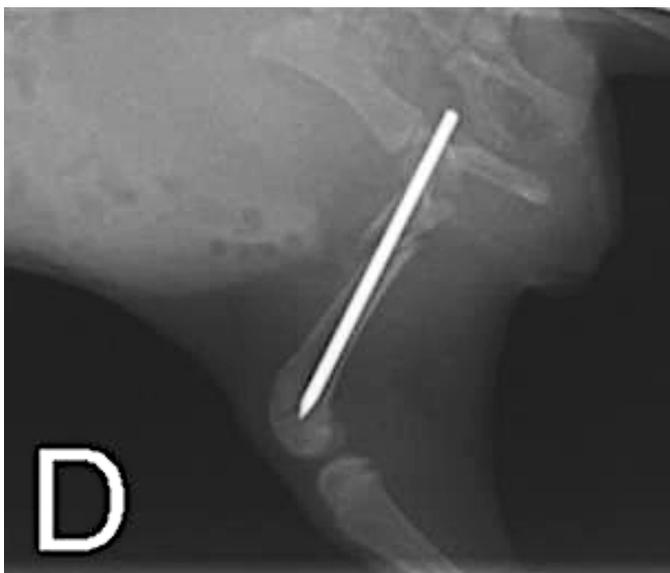
Annexe 2 : Radiographies des cas de l'étude rétrospective

Cas 4

Radiographie pré-opératoire :



Radiographies post-opératoires immédiates :

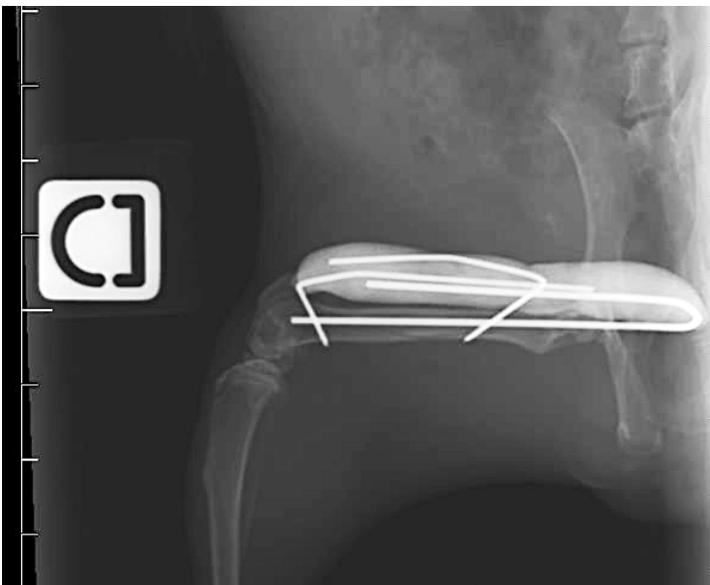


Cas 5

Radiographies pré-opératoires :



Radiographies post-opératoires immédiates :



Cas 6

Radiographies d'admission :



Radiographie de contrôle à 28 jours :



Cas 7

Radiographies d'admission :



Radiographies de contrôle à six jours :



Cas 8

Radiographies pré-opératoires :

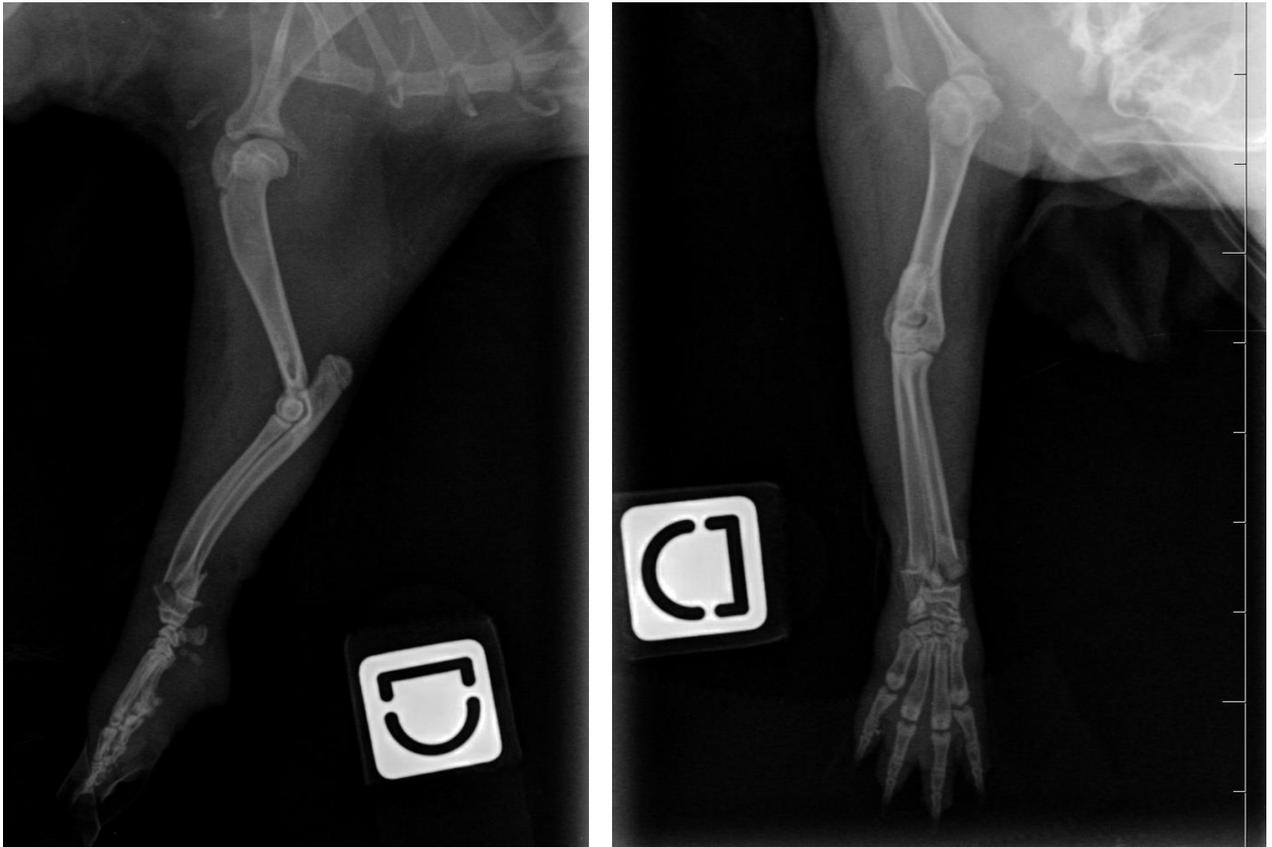


Radiographies post-opératoires immédiates :



Cas 9

Radiographies d'admission :



Cas 10

Radiographie d'admission :

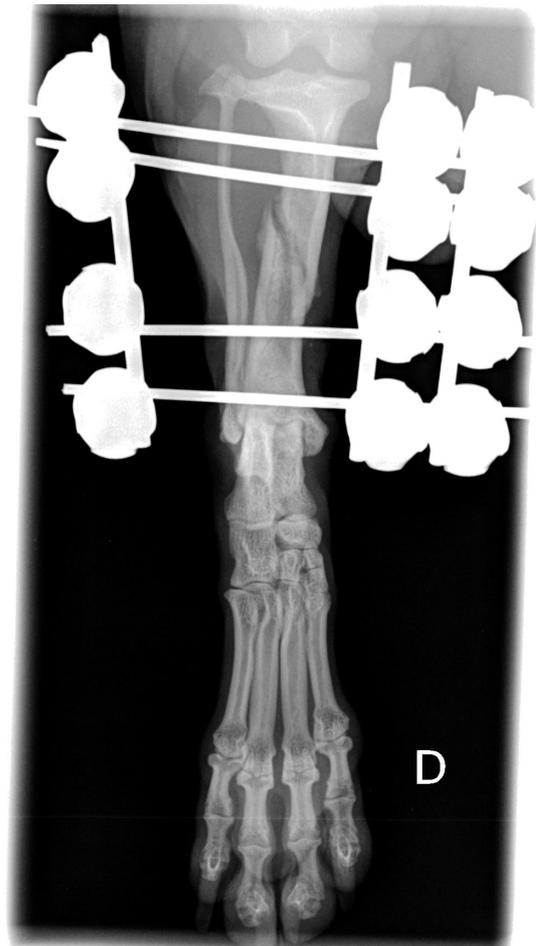
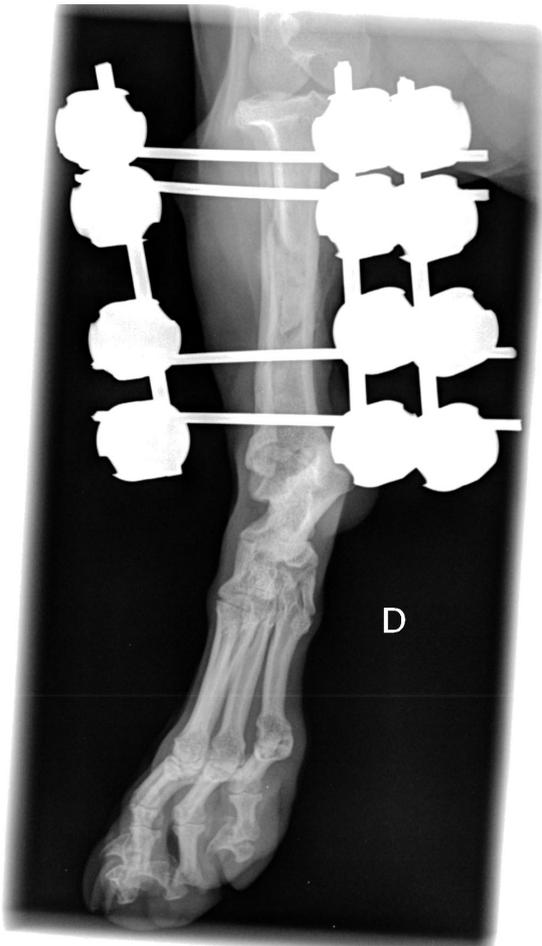


Cas 11

Radiographies d'admission :



Radiographies de contrôle à 22 jours :



Radiographie de contrôle à 22 jours après retrait du montage :



Cas 12

Radiographies d'admission :



Cas 13

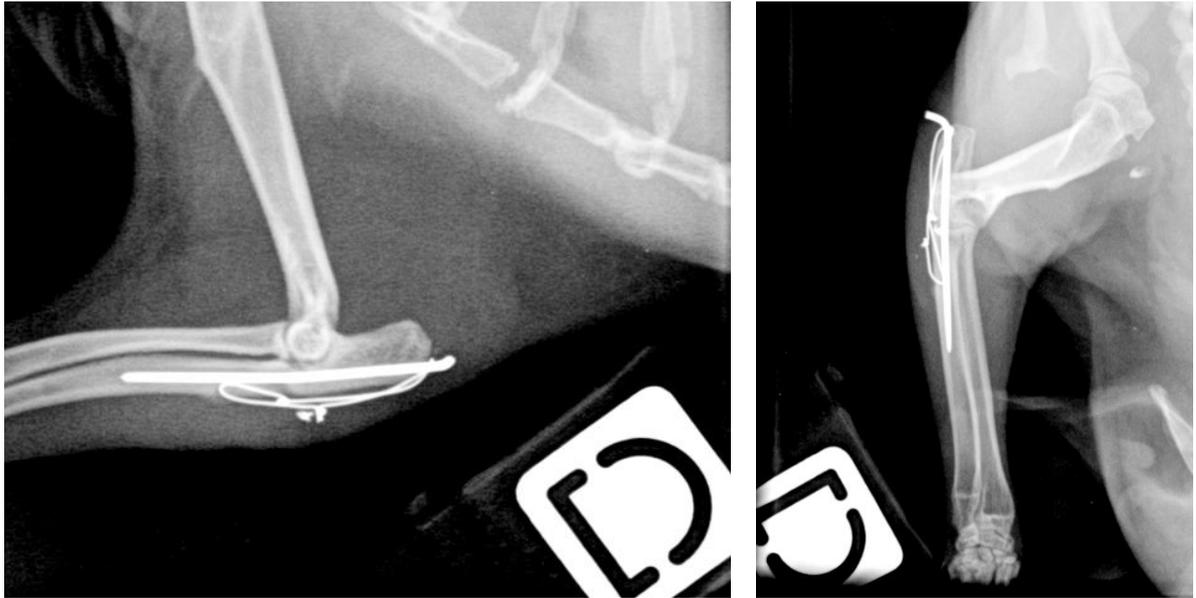
Radiographies pré-opératoires :



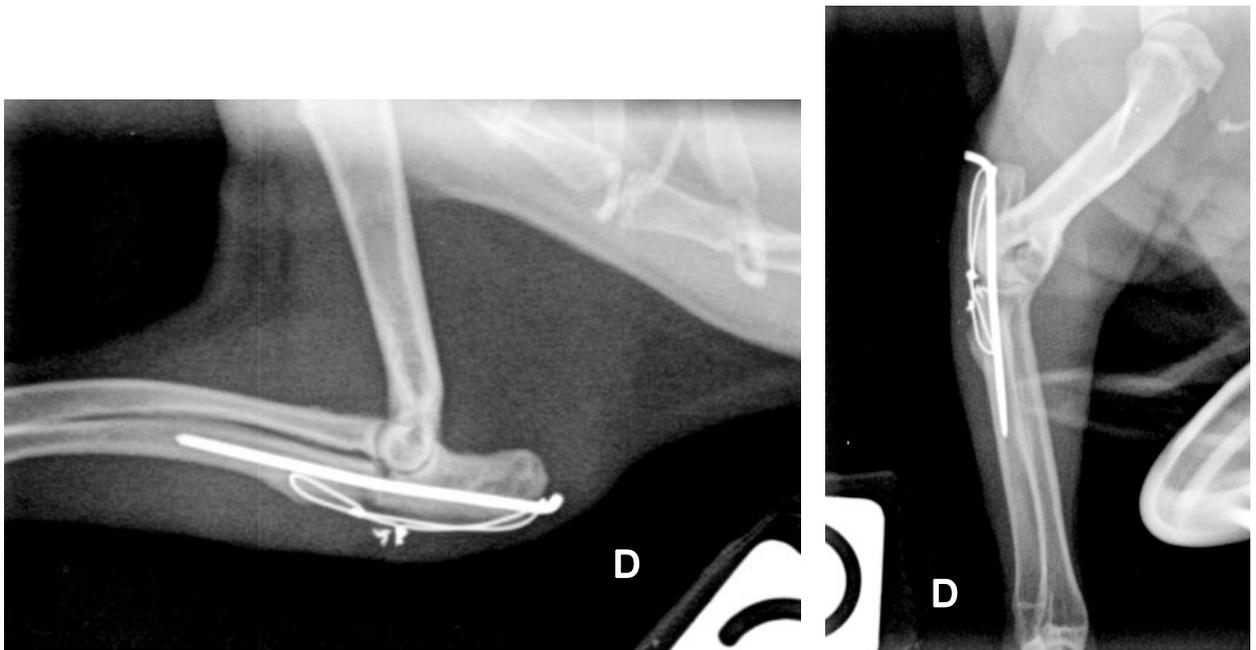
Radiographies post-opératoires immédiates :



Radiographie de contrôle à 19 jours post-opératoires :



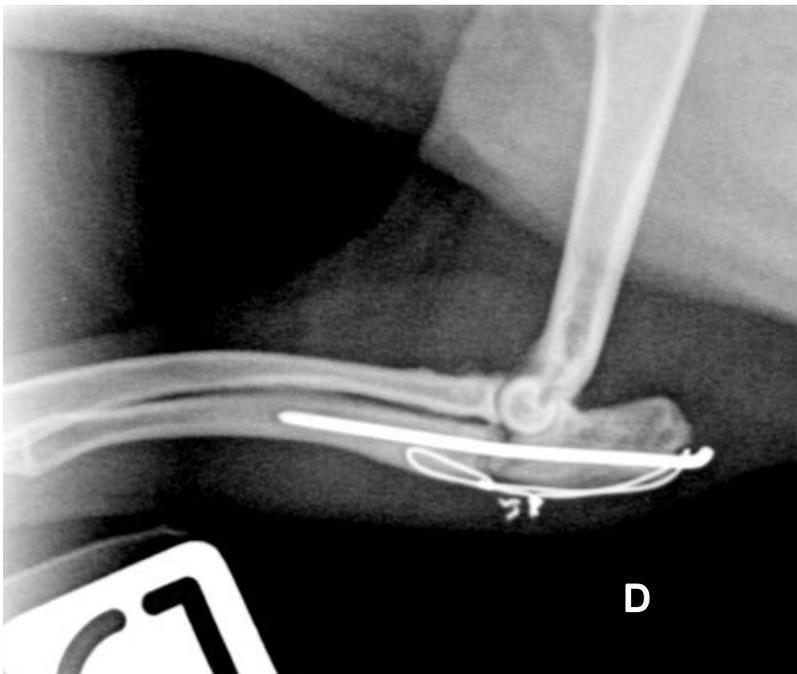
Radiographie de contrôle à 42 jours post-opératoires :



Radiographie de contrôle à 70 jours post-opératoires :



Radiographie de contrôle à 137 jours post-opératoires :



Radiographie de contrôle à 57 jours après retrait du montage :



Cas 14

Radiographies pré-opératoires :



Radiographies post-opératoires immédiates :



Cas 15

Radiographies d'admission :



PRISE EN CHARGE DES FRACTURES DES OS LONGS CHEZ LE COCHON D'INDE

AUTEUR : Apolline FREY

RÉSUMÉ :

Le cochon d'Inde est un animal de compagnie qui s'agite beaucoup lorsqu'il est stressé. Il est donc sujet aux erreurs de manipulation et aux chutes, qui sont parfois causes de fracture. La prise en charge de ce type de traumatisme constitue un défi à part entière en médecine vétérinaire tant pour l'accueil et l'analgésie de l'animal traumatisé que d'un point de vue orthopédique, chirurgical et anesthésique.

Après avoir rappelé les particularités comportementales et anatomiques du cochon d'Inde, une première partie bibliographique décrit les fractures des os longs d'un point de vue général et dans le cas particulier de cet animal. A partir d'articles scientifiques, une synthèse bibliographique a été effectuée, décrivant l'ensemble des techniques de prise en charge des fractures des os longs du cochon d'Inde tout en insistant sur les spécificités de la prise en charge péri-opératoire.

Enfin, une étude rétrospective a été réalisée prenant en compte 19 cas de cochons d'Inde pris en charge pour des fractures des os longs dans trois CHV d'Ile de France, entre août 2003 et juillet 2021. Cette étude constitue un recueil de cas de fractures chez le cochon d'Inde, dont la moitié a été prise en charge par traitement conservateur et l'autre par traitement chirurgical. Du fait d'un manque d'information sur le suivi des patients, cette étude n'a pas permis de comparer l'efficacité respective de ces deux approches thérapeutiques. Elle a néanmoins permis de mettre en évidence deux nouvelles pratiques par rapport aux autres études de cas de fractures chez le cochon d'Inde, disponibles dans la littérature scientifique : la pose d'un enclouage centro-médullaire sur des fractures ulnaires et l'anesthésie loco-régionale du plexus brachial.

MOTS CLÉS :

ANESTHÉSIE, COCHON D'INDE, CONTENTION, DOULEUR, ENCLOUAGE CENTROMEDULLAIRE, FÉMUR, FIBULA, FIXATEUR EXTERNE, FRACTURE, MEMBRE, NAC, OS LONG, PANSEMENT, RONGEUR, TIBIA, TIE IN, TRAITEMENT CHIRURGICAL

JURY :

Président : Pr Mathieu MANASSERO

Directeur de thèse : Dr Charly PIGNON

Examineur : Dr Pascal ARNÉ

LONG BONES FRACTURES MANAGEMENT IN GUINEA PIGS

AUTHOR: Apolline FREY

SUMMARY:

Guinea pigs are pets who can show significant agitation when stressed. This species is prone to mishandling and falls, which can occasionally result in fractures. The management of these accidents present a challenge in veterinary medicine, in particular for the stabilization and the analgesia of these traumatized animals, but also for the orthopedic, surgical, and anesthetic aspects.

Following a review of the behavioral and anatomical particularities of guinea pigs, the initial literature section provides a comprehensive overview of long bone fractures, both in a general context and with a particular focus on this species. Then, a literature review was performed to describe the techniques employed in the management of long bone fractures in guinea pigs, with an emphasis on the specificities of perioperative care.

Lastly, a retrospective study analyzed 19 cases of guinea pigs who underwent treatment for long bone fractures in three veterinary hospitals in the Île-de-France region between August 2003 and July 2021. This study described a compilation of guinea pig fracture cases, half of which were managed conservatively, while the other half underwent surgical treatment. Due to limited patient follow-up information, this study did not allow a comparative assessment of the respective efficacies of these two therapeutic approaches. Nevertheless, it did highlight two new practices in comparison to other guinea pig fracture case studies available in the scientific literature: the use of centro-medullary pin for ulnar fractures and loco-regional anesthesia of the brachial plexus.

KEYWORDS:

ANESTHESIA, BANDAGE, CENTROMEDULLARY PIN, COAPTATION, GUINEA PIG, EXOTIC PET, EXTERNAL FIXATOR, FEMUR, FIBULA, FRACTURE, LIMB, LONG BONE, PAIN, RODENT, SURGICAL TREATMENT, TIBIA, TIE-IN

JURY:

Chairperson: Pr Mathieu MANASSERO

Thesis Director: Dr Charly PIGNON

Reviewer: Dr Pascal ARNÉ