



**HAL**  
open science

# Étude rétrospective des lésions associées aux traumatismes physiques chez les carnivores sauvages (Loup, Lynx, Renard) et domestiques (Chien et Chat) en France

Pauline Bouillot

► **To cite this version:**

Pauline Bouillot. Étude rétrospective des lésions associées aux traumatismes physiques chez les carnivores sauvages (Loup, Lynx, Renard) et domestiques (Chien et Chat) en France. Médecine vétérinaire et santé animale. 2022. dumas-04106224

**HAL Id: dumas-04106224**

**<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-04106224v1>**

Submitted on 25 May 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.

# ETUDE RETROSPECTIVE DES LESIONS ASSOCIEES AUX TRAUMATISMES PHYSIQUES CHEZ LES CARNIVORES SAUVAGES (LOUP, LYNX, RENARD) ET DOMESTIQUES (CHIEN ET CHAT) EN FRANCE

---

THESE D'EXERCICE

pour obtenir le titre de  
DOCTEUR VETERINAIRE

DIPLOME D'ETAT

*présentée et soutenue publiquement  
devant l'Université Paul-Sabatier de Toulouse*

*par*

**BOUILLOT Pauline, Lucile,  
Marthe**

**Directeur de thèse : M. Guillaume LE LOC'H**

---

## JURY

PRESIDENTE :  
**Mme Mathilde PAUL**

Professeure à l'Ecole Nationale Vétérinaire de TOULOUSE

ASSESEURS :  
**M. Guillaume LE LOC'H**  
**M. Nicolas GAIDE**

Maître de Conférences à l'Ecole Nationale Vétérinaire de TOULOUSE  
Maître de Conférences à l'Ecole Nationale Vétérinaire de TOULOUSE

MEMBRE INVITEE :  
**Dr. Anouk DECORS**

Chargée de recherche, Office Français de la Biodiversité



**Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation  
ECOLE NATIONALE VETERINAIRE DE TOULOUSE**

**Liste des directeurs/assesseurs de thèse de doctorat vétérinaire**

**Directeur : Professeur Pierre SANS**

**PROFESSEURS CLASSE EXCEPTIONNELLE**

- M. **BERTAGNOLI Stéphane**, *Pathologie infectieuse*
- M. **BOUSQUET-MELOU Alain**, *Pharmacologie, thérapeutique*
- M. **BRUGERE Hubert**, *Hygiène et industrie des aliments d'origine animale*
- Mme **CHASTANT-MAILLARD Sylvie**, *Pathologie de la reproduction*
- M. **CONCORDET Didier**, *Mathématiques, statistiques, modélisation*
- M. **DELVERDIER Maxence**, *Anatomie pathologique*
- M. **ENJALBERT Francis**, *Alimentation*
- Mme **GAYRARD-TROY Véronique**, *Physiologie de la reproduction, endocrinologie*
- Mme **HAGEN-PICARD Nicole**, *Pathologie de la reproduction*
- M. **MEYER Gilles**, *Pathologie des ruminants*
- M. **SCHELCHER François**, *Pathologie médicale du bétail et des animaux de basse-cour*
- Mme **TRUMEL Catherine**, *Biologie médicale animale et comparée*

**PROFESSEURS 1<sup>ère</sup> CLASSE**

- M. **BAILLY Jean-Denis**, *Hygiène et industrie des aliments*
- Mme **BOURGES-ABELLA Nathalie**, *Histologie, anatomie pathologique*
- Mme **CADIERGUES Marie-Christine**, *Dermatologie vétérinaire*
- M. **DUCOS Alain**, *Zootecnie*
- M. **FOUCRAS Gilles**, *Pathologie des ruminants*
- M. **GUERIN Jean-Luc**, *Aviculture et pathologie aviaire*
- M. **JACQUIET Philippe**, *Parasitologie et maladies parasitaires*
- Mme **LACROUX Caroline**, *Anatomie pathologique, animaux d'élevage*
- Mme **LETRON-RAYMOND Isabelle**, *Anatomie pathologique*
- M. **LEFEBVRE Hervé**, *Physiologie et thérapeutique*
- M. **MAILLARD Renaud**, *Pathologie des ruminants*

**PROFESSEURS 2<sup>ème</sup> CLASSE**

- Mme **BOULLIER Séverine**, *Immunologie générale et médicale*
- M. **CORBIERE Fabien**, *Pathologie des ruminants*
- Mme **DIQUELOU Armelle**, *Pathologie médicale des équidés et des carnivores*
- M. **GUERRE Philippe**, *Pharmacie et toxicologie*
- Mme **MEYNADIER Annabelle**, *Alimentation animale*
- M. **MOGICATO Giovanni**, *Anatomie, imagerie médicale*
- Mme **PAUL Mathilde**, *Epidémiologie, gestion de la santé des élevages avicoles*
- M. **RABOISSON Didier**, *Médecine de population et économie de la santé animale*

## **MAITRES DE CONFERENCES HORS CLASSE**

- M. **BERGONIER Dominique**, *Pathologie de la reproduction*
- Mme **BIBBAL Delphine**, *Hygiène et industrie des denrées alimentaires d'origine animale*
- Mme **CAMUS Christelle**, *Biologie cellulaire et moléculaire*
- M. **JAEG Jean-Philippe**, *Pharmacie et toxicologie*
- M. **LYAZRHI Faouzi**, *Statistiques biologiques et mathématiques*
- M. **MATHON Didier**, *Pathologie chirurgicale*
- Mme **PALIERNE Sophie**, *Chirurgie des animaux de compagnie*
- Mme **PRIYMENKO Nathalie**, *Alimentation*
- M. **VOLMER Romain**, *Microbiologie et infectiologie*

## **MAITRES DE CONFERENCES CLASSE NORMALE**

- M. **ASIMUS Erik**, *Pathologie chirurgicale*
- Mme **BRET Lydie**, *Physique et chimie biologiques et médicales*
- Mme **BOUHSIRA Emilie**, *Parasitologie, maladies parasitaires*
- M. **CARTIAUX Benjamin**, *Anatomie, imagerie médicale*
- M. **CONCHOU Fabrice**, *Imagerie médicale*
- Mme **DANIELS Hélène**, *Immunologie, bactériologie, pathologie infectieuse*
- Mme **DAVID Laure**, *Hygiène et industrie des aliments*
- M. **DIDIMO IMAZAKI Pedro**, *Hygiène et industrie des aliments*
- M. **DOUET Jean-Yves**, *Ophthalmologie vétérinaire et comparée*
- Mme **FERRAN Aude**, *Physiologie*
- Mme **GRANAT Fanny**, *Biologie médicale animale*
- Mme **JOURDAN Géraldine**, *Anesthésie, analgésie*
- M. **JOUSSERAND Nicolas**, *Médecine interne des animaux de compagnie*
- Mme **LALLEMAND Elodie**, *Chirurgie des équidés*
- Mme **LAVOUE Rachel**, *Médecine Interne*
- M. **LE LOC'H Guillaume**, *Médecine zoologique et santé de la faune sauvage*
- M. **LIENARD Emmanuel**, *Parasitologie et maladies parasitaires*
- Mme **MEYNAUD-COLLARD Patricia**, *Pathologie chirurgicale*
- Mme **MILA Hanna**, *Elevage des carnivores domestiques*
- M. **NOUVEL Laurent**, *Pathologie de la reproduction*
- M. **VERGNE Timothée**, *Santé publique vétérinaire, maladies animales règlementées*
- Mme **WASET-SZKUTA Agnès**, *Production et pathologie porcine*

## **INGENIEURS DE RECHERCHE**

- M. **AUMANN Marcel**, *Urgences, soins intensifs*
- M. **AUVRAY Frédéric**, *Santé digestive, pathogénie et commensalisme des entérobactéries*
- M. **CASSARD Hervé**, *Pathologie des ruminants*
- M. **CROVILLE Guillaume**, *Virologie et génomique cliniques*
- Mme **DEBREUQUE Maud**, *Médecine interne des animaux de compagnie*
- Mme **DIDIER Caroline**, *Anesthésie, analgésie*
- Mme **DUPOUY GUIRAUTE Véronique**, *Innovations thérapeutiques et résistances*
- Mme **GAILLARD Elodie**, *Urgences, soins intensifs*
- Mme **GEFFRE Anne**, *Biologie médicale animale et comparée*
- Mme **GRISEZ Christelle**, *Parasitologie et maladies parasitaires*
- Mme **JEUNESSE Elisabeth**, *Bonnes pratiques de laboratoire*
- Mme **PRESSANTI Charline**, *Dermatologie vétérinaire*
- M. **RAMON PORTUGAL Félipe**, *Innovations thérapeutiques et résistances*
- M. **REYNOLDS Brice**, *Médecine interne des animaux de compagnie*
- Mme **ROUCH BUCK Pétra**, *Médecine préventive*
- M. **DELPONT Mattias**, *Clinique Aviaire*
- Mme **POUJADE Agnès**, *Anatomie pathologique Vétérinaire*
- Mme **LAYSSOL-LAMOUR Catherine**, *Imagerie Médicale*

# **REMERCIEMENTS**

## **AUX MEMBRES DU JURY**

### **A Madame la Professeure Mathilde PAUL**

Professeur à l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse,  
Epidémiologie, gestion de la santé des élevages avicoles

Qui m'a fait l'honneur d'accepter la présidence de ce jury de thèse,  
*Hommages respectueux.*

### **A Monsieur le Docteur Guillaume LE LOC'H**

Maître de conférences à l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse,  
Médecine zoologique et santé de la faune sauvage

Pour m'avoir proposé ce sujet de thèse et pour sa confiance  
Pour sa bienveillance, sa disponibilité et son aide à tous égards,  
*Qu'il trouve ici l'expression de ma profonde gratitude.*

### **A Monsieur le Docteur Nicolas GAIDE**

Maître de conférences à l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse  
Histologie, Anatomie Pathologique

Qui a accepté d'être l'assesseur de mon jury de thèse,  
*Sincères remerciements.*

### **A Madame Anouk DECORS**

Chargée de recherche  
Direction de la recherche et de l'appui scientifique au sein de l'Office Français de la  
Biodiversité

Pour son encadrement, sa disponibilité et ses précieux conseils,  
*Avec mes remerciements sincères.*

A **Monsieur Nicolas TOULET** (Chargé de recherche au sein de l'OFB), à **Monsieur Clément CALENGE** (Ingénieur biométricien dans l'unité données et appui méthodologique à l'OFB) et au **Docteur Lorette HIVERT** (Assistante Hospitalière au Centre de soins de la faune sauvage de l'ENVT) pour leurs conseils et aide précieuse dans la réalisation de cette thèse.



## Table des matières

Table des figures .....	12
Table des tableaux .....	14
Table des annexes.....	15
Table des abréviations .....	15
Introduction .....	17
<b>PARTIE 1 : ETAT DE L'ART SUR LES PRINCIPALES CAUSES DE TRAUMATISMES ET LES LESIONS ASSOCIEES CHEZ LE LOUP, LE LYNX, LE RENARD, ET CHEZ LE CHIEN ET CHAT DOMESTIQUES.....</b>	<b>19</b>
I. Présentation des espèces étudiées Loup gris, Lynx boréal et Renard roux, et causes de traumatismes et lésions associées .....	21
I.1. Présentation des espèces sauvages étudiées et de leur état de conservation.....	21
I.1.1. Loup gris.....	21
I.1.2. Lynx boréal.....	22
I.1.3. Renard roux .....	23
I.2. Causes de traumatismes chez le Loup, le Lynx et le Renard.....	23
I.2.1. Causes de traumatismes d'origine anthropique .....	23
I.2.1.1. Collisions routières et ferroviaires.....	24
I.2.1.2. Tirs illégaux .....	25
I.2.2. Causes de traumatismes d'origine naturelle .....	26
I.2.2.1. Chutes ou dérochages .....	26
I.2.2.2. Prédations et conflits intra et interspécifiques .....	26
I.3. Lésions associées aux traumatismes chez le Loup, le Lynx et le Renard.....	27
I.3.1. Impact du traumatisme et, plus spécifiquement des fractures, sur le pronostic vital .....	27
I.3.2. Lésions observées selon la cause du traumatisme .....	28
I.3.2.1. Cas des collisions.....	28
I.3.2.2. Cas des destructions illégales .....	28
i) Lésions dues aux pièges .....	28
ii) Lésions dues aux tirs.....	29
iii) Apport de la radiographie .....	29
I.3.2.3. Cas des prédations et des conflits intra et interspécifiques .....	30
II. Causes de traumatismes et lésions associées chez les espèces Chien et Chat domestiques .....	31
II.1. Causes de traumatismes chez le Chien et le Chat .....	31



II.1.1.	Traumatismes contondants .....	32
II.1.1.1.	Collisions routières.....	32
II.1.1.2.	Chutes de grande hauteur .....	33
i)	Définition et taux de mortalité.....	33
ii)	Point sur le mécanisme du chat parachutiste .....	33
II.1.2.	Traumatismes pénétrants : morsures et autres blessures .....	34
II.1.3.	Blessures non accidentelles .....	34
II.2.	Lésions associées aux traumatismes chez le Chien et le Chat .....	35
II.2.1.	Lésions propres aux traumatismes contondants .....	35
II.2.1.1.	Cas des collisions routières .....	35
i)	Lésions communes aux espèces Chien et Chat .....	35
ii)	Lésions observées chez le Chien domestique.....	36
iii)	Lésions observées chez le Chat domestique .....	37
II.2.1.2.	Cas des chutes de grande hauteur.....	37
i)	Triades lésionnelles chez le Chat domestique .....	37
ii)	Une seule étude chez le Chien domestique .....	38
iii)	Lien entre la hauteur de la chute et la sévérité des blessures.....	39
II.2.2.	Cas des morsures .....	39
II.2.3.	Cas des maltraitements animaux .....	40
III.	Analyse de la bibliographie .....	42
PARTIE 2 : ETUDES RETROSPECTIVES DES LESIONS TRAUMATIQUES CHEZ LES CARNIVORES SAUVAGES (LOUP, LYNX ET RENARD) ET CHEZ LES CARNIVORES DOMESTIQUES (CHIEN ET CHAT) .....		51
I.	Matériels et méthodes.....	52
I.1.	Présentation du jeu de données .....	52
I.1.1.	Données issues du réseau SAGIR et du réseau Loup-Lynx .....	52
I.1.1.1.	Présentation du réseau SAGIR .....	52
I.1.1.2.	Synergie entre les réseaux SAGIR et Loup-Lynx .....	52
I.1.2.	Données issues du Centre Hospitalier Universitaire de l'ENVT .....	52
I.2.	Extraction des données .....	53
I.2.1.	A partir de la base de données Epifaune.....	53
I.2.1.1.	Définitions et explications préalables.....	53
i)	L'évènement SAGIR .....	53
ii)	Les plans d'analyses .....	53
iii)	Le triplet MAM.....	53

I.2.1.2.	Procédures d'extraction des données de la base Epifaune .....	54
I.2.2.	A partir de la base de données Clovis.....	55
I.2.2.1.	Critères d'inclusion des cas .....	55
I.2.2.2.	Critères d'exclusion des cas .....	55
I.2.2.3.	Création des fichiers Excel à partir des données Clovis.....	55
I.3.	Catégorisation des données .....	56
I.3.1.	Catégorisation des individus.....	56
I.3.1.1.	Réalisation de courbes de densité de poids .....	56
I.3.1.2.	Catégorisation des chiens selon leur conformation .....	58
I.3.2.	Catégorisation des lésions .....	58
I.3.2.1.	Lésions issues d'Epifaune .....	59
I.3.2.2.	Lésions issues de Clovis .....	60
I.3.3.	Catégorisation des matrices .....	61
I.4.	Méthode d'analyses des données .....	62
I.4.1.	Analyse en Composantes Principales .....	62
I.4.2.	Test du khi-deux .....	63
III.	Résultats.....	64
III.1.	Analyse descriptive des données.....	64
III.1.1.	Base de données Epifaune .....	64
III.1.1.1.	Loup gris .....	64
III.1.1.2.	Lynx boréal .....	64
III.1.1.3.	Renard roux.....	64
III.1.1.4.	Couples matrice-lésion.....	65
III.1.2.	Base de données Clovis .....	67
III.1.2.1.	Chat domestique.....	67
III.1.2.2.	Chien domestique.....	67
III.1.2.3.	Couples matrice-lésion.....	68
III.2.	Analyse en composantes principales.....	70
III.2.1.	Analyse des données issues de Epifaune .....	70
III.2.1.1.	Analyse de toutes les espèces sauvages confondues.....	70
i)	Analyse exploratoire de la structure des couples matrice-lésion.....	70
ii)	Ajout des variables supplémentaires .....	73
iii)	Analyse avec exclusion des couples matrice-lésion rares.....	77
III.2.1.2.	Analyse par espèce.....	79

i)	Loup gris.....	79
ii)	Lynx boréal.....	83
iii)	Renard roux.....	86
III.2.2.	Analyse des données issues de Clovis .....	89
III.2.2.1.	Chat domestique.....	90
i)	Associations entre les couples matrice-lésion .....	90
ii)	Ajout des variables supplémentaires .....	91
III.2.2.2.	Chien domestique.....	93
i)	Associations entre les couples matrice-lésion .....	93
ii)	Ajout des variables supplémentaires .....	95
III.2.3.	Synthèse des analyses .....	97
III.2.3.1.	Synthèse de l'analyse exploratoire de la structure des couples matrice-lésion	97
i)	Association des lésions localisées dans une même région du corps.....	97
ii)	Association des lésions localisées dans des régions différentes du corps .....	97
III.2.3.2.	Synthèse des associations lésionnelles selon l'espèce et la cause du traumatisme .....	98
IV.	Discussion.....	102
IV.1.	Différences dans la catégorisation des individus .....	102
IV.2.	Régions du corps traumatisées chez les espèces sauvages.....	103
IV.2.1.	Interprétation des associations lésionnelles chez les espèces sauvages....	103
IV.2.2.	Lésions associées et comparaison des résultats avec la bibliographie.....	103
IV.3.	Lésions associées chez les espèces domestiques et comparaison avec la bibliographie .....	104
IV.4.	Patterns lésionnels selon le traumatisme.....	105
IV.4.1.	Causes de traumatismes communes aux espèces sauvages et domestiques	105
IV.4.1.1.	Collisions routières .....	105
IV.4.1.2.	Morsures .....	105
IV.4.1.3.	Chutes de grande hauteur et dérochages.....	106
IV.4.2.	Causes de traumatismes propres aux espèces sauvages.....	107
IV.4.2.1.	Tirs légaux et illégaux .....	107
IV.4.2.2.	Traumatismes de nature indéterminée .....	107
IV.5.	Différences entre les deux jeux de données et limites .....	108
IV.5.1.	Différences dans la collecte des données.....	108

IV.5.2. Différences dans le regroupement des lésions .....	108
Conclusion.....	111
BIBLIOGRAPHIE .....	113
ANNEXES.....	123

## Table des figures

Figure 1 : Répartition du Loup gris en 2020 en France (Réseau Loup-Lynx OFB 2022) .....	21
Figure 2 : Répartition du Lynx boréal en 2020 en France (Réseau Loup-Lynx OFB 2022) ...	22
Figure 3 : Causes de traumatismes chez les chiens examinés à l'hôpital vétérinaire de l'Université de Pennsylvanie (UPVH) et à l'hôpital d'enseignement pour petits animaux de l'Université de Géorgie (UGSATH) (Kolata 1980).....	32
Figure 4 : Causes de traumatismes chez les chats examinés à l'hôpital vétérinaire de l'Université de Pennsylvanie (UPVH) et à l'hôpital d'enseignement pour petits animaux de l'Université de Géorgie (UGSATH) (Kolata 1980).....	32
Figure 5 : Illustration de la position de la « feuille morte » lors de la phase de vol plané (Duhautois, Pucheu, Juillet 2010) .....	34
Figure 6 : Courbe de densité de poids des loups femelles .....	56
Figure 7 : Courbe de densité de poids des loups mâles.....	56
Figure 8 : Courbe de densité de poids des renards .....	57
Figure 9 : Courbe de densité de poids des lynx.....	57
Figure 10 : Distribution des causes de traumatismes selon l'espèce.....	65
Figure 11 : Graphique des valeurs propres (toutes espèces sauvages confondues) .....	70
Figure 12 : Nuage de points représentant les loups, lynx et renards (axes 1 et 2) .....	70
Figure 13 : Graphiques de corrélation des variables sur les axes 1 et 2 (a), et sur les axes 1 et 3 (b) .....	71
Figure 14 : Graphique de corrélation des matrices uniquement.....	72
Figure 15 : Graphique des variables (colorées selon le $\cos^2$ ) et des individus colorés selon l'espèce (axes 1 et 2) .....	73
Figure 16 : Pourcentage de chaque couple matrice-lésion selon l'espèce .....	74
Figure 17 : Graphique des variables (colorées selon le $\cos^2$ ) et des individus colorés selon la cause du traumatisme (axes 1 et 2).....	75
Figure 18 : Coloration des individus selon la cause du traumatisme (axes 1 et 3) .....	75
Figure 19: Pourcentage de chaque couple matrice-lésion selon la cause du traumatisme .....	76
Figure 20 : Graphique des valeurs propres ( $2^{\text{ème}}$ ACP).....	77
Figure 21 : Nuage de points représentant les loups, lynx et renards ( $2^{\text{ème}}$ ACP).....	77
Figure 22 : Graphique de corrélation des variables sur les axes 1 et 2 ( $2^{\text{ème}}$ ACP) .....	78
Figure 23 : Graphique des valeurs propres (loups) .....	79
Figure 24 : Nuage de points représentant les loups.....	79
Figure 25 : Graphiques de corrélation des variables sur les axes 1 et 2 (a), et sur les axes 1 et 3 (b) .....	80
Figure 26 : Graphique de corrélation des matrices uniquement.....	80
Figure 27 : Coloration des loups selon la classe de poids (axes 1 et 2) .....	81
Figure 28 : Graphique des variables (colorées selon le $\cos^2$ ) et des loups colorés selon la cause du traumatisme (axes 1 et 2) .....	82
Figure 29 : Nombre de couples matrice-lésion pour les cas de morsures .....	83
Figure 30 : Graphique des valeurs propres (lynx).....	83
Figure 31 : Nuage de points représentant les lynx .....	84
Figure 32 : Graphique de corrélation des variables sur les axes 1 et 2 .....	84

Figure 33 : Graphique des variables (colorées selon le $\cos^2$ ) et des lynx colorés selon la classe de poids (axes 1 et 2).....	85
Figure 34 : Graphique des variables (colorées selon le $\cos^2$ ) et des lynx colorés selon la cause du traumatisme (axes 1 et 2) .....	86
Figure 35 : Graphique des valeurs propres (renards) .....	87
Figure 36 : Nuage de points représentant les renards.....	87
Figure 37 : Graphique de corrélation des variables sur les axes 1 et 2 .....	88
Figure 38 : Coloration des renards selon la cause du traumatisme (axes 1 et 2) .....	88
Figure 39 : Nombre de couples matrice-lésion pour les cas de tirs et de traumatismes de nature indéterminée chez les renards .....	89
Figure 40 : Graphique des valeurs propres (chats).....	90
Figure 41 : Nuage de points représentant les chats .....	90
Figure 42 : Graphique de corrélation des variables sur les axes 1 et 2 .....	91
Figure 43 : Graphique des variables (colorées selon le $\cos^2$ ) et des chats colorés selon la classe de poids (axes 1 et 2).....	92
Figure 44 : Graphique des variables (colorées selon le $\cos^2$ ) et des chats colorés selon la cause du traumatisme (axes 1 et 2) .....	92
Figure 45 : Graphique des valeurs propres (chiens).....	93
Figure 46 : Nuage de points représentant les chiens .....	94
Figure 47 : Graphique de corrélation des variables sur les axes 1 et 2 .....	94
Figure 48 : Coloration des chiens selon la classe de poids .....	95
Figure 49 : Coloration des chiens selon le groupe de conformation.....	95
Figure 50 : Graphique des variables (colorées selon le $\cos^2$ ) et des chiens colorés selon la cause du traumatisme (axes 1 et 2).....	96
Figure 51 : Graphique illustrant les associations entre les couples matrice-lésion et les espèces sauvages .....	98
Figure 52 : Graphique illustrant les associations entre les couples matrice-lésion et les causes de traumatismes.....	98

## Table des tableaux

Tableau 1 : Synthèse des lésions observées chez le Loup, le Lynx et le Renard, selon la cause du traumatisme .....	44
Tableau 2 : Synthèse des lésions observées chez le Chien et le Chat, suite à un AVP ou à une chute de grande hauteur.....	46
Tableau 3: Synthèse des classes de poids et des classes d'âge pour chaque espèce .....	57
Tableau 4 : Regroupement des races selon les critères morphologiques choisis .....	58
Tableau 5 : Exemple d'un Plan autopsie pour un cadavre (extrait du fichier Excel).....	59
Tableau 6 : Catégories de lésions suite au regroupement chez les espèces sauvages et abréviations utilisées lors de l'analyse .....	60
Tableau 7 : Catégories de lésions suite au regroupement chez les espèces domestiques et abréviations utilisées lors de l'analyse .....	61
Tableau 8 : Détail des matrices regroupées dans chaque région et abréviations utilisées lors de l'analyse .....	62
Tableau 9 : Effectifs des couples matrice-lésion chez les espèces sauvages .....	66
Tableau 10 : Effectifs des groupes de conformation des chiens .....	67
Tableau 11 : Effectifs des classes de poids chez les chiens .....	67
Tableau 12 : Effectifs des couples matrice-lésion chez les chiens et chats domestiques.....	68
Tableau 13 : Associations de lésions au sein d'une même matrice .....	72
Tableau 14 : Associations mises en évidence entre deux régions du corps différentes .....	78
Tableau 15 : Synthèse des associations lésionnelles chez les loups gris selon la cause du traumatisme .....	99
Tableau 16 : Synthèse des associations lésionnelles chez les lynx boréaux selon la cause du traumatisme .....	100
Tableau 17 : Synthèse des associations lésionnelles chez les renards roux selon la cause du traumatisme .....	100
Tableau 18 : Synthèse des associations lésionnelles chez les chats domestiques selon la cause du traumatisme .....	101
Tableau 19 : Synthèse des associations lésionnelles chez les chiens domestiques selon la cause du traumatisme .....	101

## **Table des annexes**

Annexe 1 : Chronophotographie montrant la réaction de redressement d'un chat au cours de sa chute (Duhautois, Pucheu, Juillet 2010) .....	125
Annexe 2 : Captures d'écran d'un extrait du tableau Excel présentant les évènements dont la cause de la mort est d'origine traumatique.....	126
Annexe 3 : Courbes de densité de poids des loups mâles et des loups femelles (a), des loups avec un poids inférieur à 25 kg (b) et des loups avec un poids supérieur à 20 kg (c).....	128
Annexe 4 : Capture d'écran du tableau Excel final pour l'analyse factorielle des cas de loups .....	129
Annexe 5 : Détail des lésions présentes dans les catégories Atteinte ostéo-articulaire (a) et Rupture ou fissure de tissus mous (b) chez les espèces sauvages .....	130
Annexe 6 : Détail des lésions présentes dans la catégorie Atteinte ostéo-articulaire chez les espèces domestiques.....	131
Annexe 7 : Graphiques générés par l'ACP des cas de loups sans les cas de morsures et de dérochages.....	132

## **Table des abréviations**

ACP : Analyse en Composantes Principales

AVP : Accident de la Voie Publique

CHUVAC : Centre Hospitalier Universitaire Vétérinaire des Animaux de Compagnie

ENVT : Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse

ITD : Interlocuteur Technique Départemental

LVD : Laboratoire Vétérinaire Départemental

MAM : Matrice Analyte Méthode

OFB : Office Français de la Biodiversité

UICN : Union Internationale pour la Conservation de la Nature

VPR : Valeur Possible de Résultat





## Introduction

Un traumatisme physique est un ensemble de manifestations locales ou générales provoquées par une action violente sur un organisme. Toutes les espèces animales, qu'elles soient sauvages ou domestiques, peuvent subir des traumatismes dans leur environnement, pouvant être à l'origine de la mort de l'animal.

A l'échelle nationale, des dispositifs de surveillance épidémiologique au sein de la faune sauvage permettent d'apporter des données sur les causes de mortalité, nécessaires à la compréhension de l'évolution des populations sauvages. Pour les grands carnivores, la part des traumatismes est relativement importante (Lena 2020). Déterminer la nature des traumatismes présente donc un enjeu particulier pour pouvoir, dans un second temps, les atténuer ou lutter contre certaines pratiques afin d'améliorer la conservation des espèces concernées.

Bien que le diagnostic de traumatisme soit souvent facile, en déterminer sa nature exacte peut se révéler difficile, particulièrement sur la faune sauvage. En revanche, chez les espèces domestiques, la cause exacte du traumatisme est très souvent connue du fait d'une observation de l'évènement traumatique par les propriétaires. L'objectif de cette étude est de déterminer des patterns lésionnels en fonction de la nature du traumatisme, chez des carnivores domestiques (Chien et Chat) et sauvages (Loup, Lynx et Renard), afin de mettre en évidence des associations entre les lésions, les causes de traumatismes et les espèces.

Dans un premier temps, une synthèse bibliographique des causes de traumatismes et des lésions associées chez les carnivores sauvages et chez les carnivores domestiques a été réalisée afin de construire un référentiel des lésions observées selon la nature du traumatisme.

Dans un deuxième temps, une étude rétrospective qui s'appuie sur deux bases de données différentes a été réalisée. Les données d'examen nécropsiques de cadavres de loups gris, lynx boréaux et renards roux, collectés sur le territoire français par le réseau SAGIR entre 2014 et 2022, ont été analysées, ainsi que les dossiers médicaux des chiens et chats domestiques reçus à l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse, suite à un traumatisme entre 2011 et 2022. L'intérêt de cette étude en parallèle est l'utilisation des animaux domestiques comme proxy des animaux sauvages, notamment dans le cas des traumatismes non létaux.

Enfin, bien que le Loup gris et le Lynx boréal soient protégés en France, des menaces persistent sur ces deux espèces. La mise en évidence d'associations entre les lésions et les causes de traumatismes pourrait permettre de mieux distinguer une cause de mort illégale d'une cause de mort naturelle. Ces aides au diagnostic seraient particulièrement utiles au moment de la levée de cadavre et d'autopsie réalisée dans un cadre médico-légal. Elles permettront également d'affiner la part des causes traumatiques observées par le réseau SAGIR et d'aider à la décision de mise en place de mesures d'atténuation.



**PARTIE 1 : ETAT DE L'ART SUR LES PRINCIPALES CAUSES DE TRAUMATISMES ET LES LESIONS ASSOCIEES CHEZ LE LOUP, LE LYNX, LE RENARD, ET CHEZ LE CHIEN ET CHAT DOMESTIQUES**



# I. Présentation des espèces étudiées Loup gris, Lynx boréal et Renard roux, et causes de traumatismes et lésions associées

## I.1. Présentation des espèces sauvages étudiées et de leur état de conservation

### I.1.1. Loup gris

Les loups sont les plus grands membres de la famille des *Canidae* (Mech 1974). L'espèce principale est le Loup gris *Canis lupus*, répartie principalement en Eurasie Centrale, en Amérique du Nord et en Sibérie. Elle regroupe de nombreuses sous-espèces, dont le Loup gris italo-alpin (*Canis lupus italicus*) présent en France (Molnar 2011). La classification des espèces suivantes reste encore discutée à ce jour : le Loup rouge *Canis rufus*, le Loup d'Abyssinie *Canis simensis*, le Loup d'Himalaya *Canis himalayensis* et le Loup des Indes *Canis indica*.

Le Loup gris a été éradiqué en France à la fin du 19<sup>ème</sup> et au début du 20<sup>ème</sup> siècle (Meuret et al. 2021). A partir des années 1990, il a ensuite recolonisé une grande partie des Alpes, grâce à des individus originaires de l'Italie (Randi 2011). Depuis, leur répartition continue à s'étendre vers le nord et vers les Pyrénées orientales (Figure 1).

Le Loup gris est une espèce protégée au niveau européen et français (Molnar 2011). Cette protection peut cependant faire l'objet de dérogations, par exemple lors de dommages importants et récurrents aux élevages (Directive européenne 1992). Le Loup gris est classé comme « Vulnérable » sur la liste rouge des mammifères de France métropolitaine de l'Union internationale pour la conservation de la nature (UICN France et al. 2017), avec une tendance d'évolution des populations en augmentation. La population française était estimée à environ 580 individus en 2020 (Meuret et al. 2021).

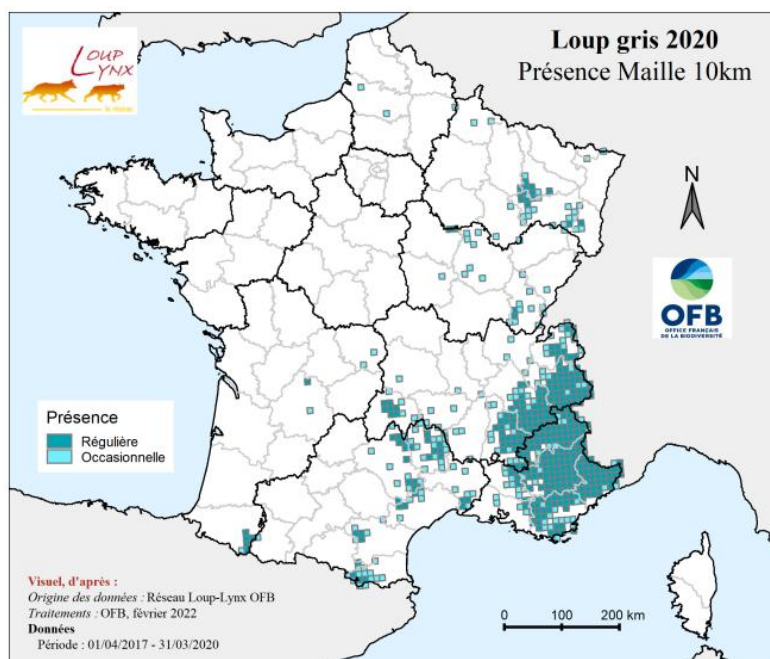


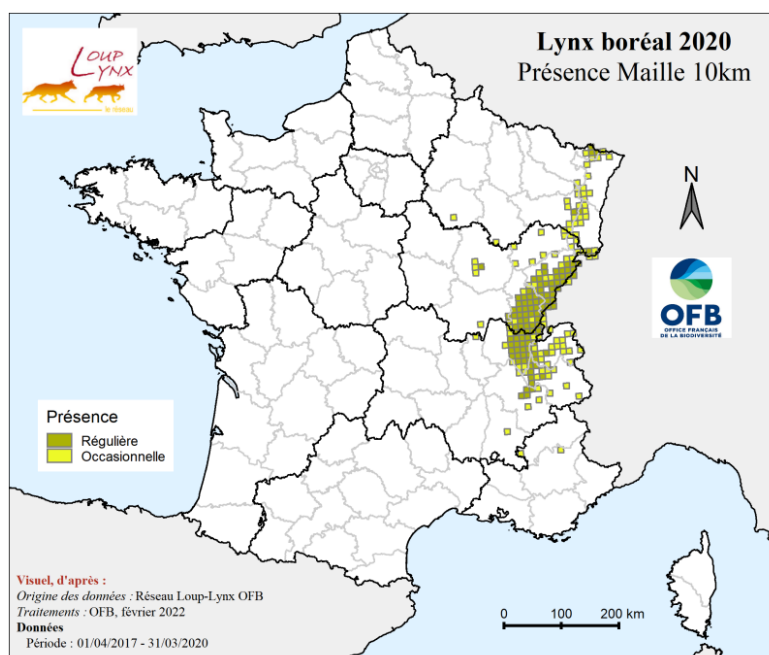
Figure 1 : Répartition du Loup gris en 2020 en France (Réseau Loup-Lynx OFB 2022)

## I.1.2. Lynx boréal

Le genre *Lynx* est subdivisé en quatre espèces distinctes : le Lynx boréal (*Lynx lynx*), le Lynx du Canada (*Lynx canadensis*), le Lynx ibérique (*Lynx pardinus*) et le Lynx roux (*Lynx rufus*) (Breitenmoser et al. 2000). Le Lynx boréal, ou Lynx d’Eurasie, est le plus grand mammifère de la famille des *Felidae* présent en France et l’une des trois espèces de grands prédateurs présentes en France métropolitaine (avec le Loup gris *Canis lupus* et l’Ours brun *Ursus arctos*).

Entre le 17<sup>ème</sup> et le 19<sup>ème</sup> siècle, il a progressivement disparu du territoire français, en raison de la déforestation, de la raréfaction de ses proies et des différentes menaces, anthropiques ou non, qu’il subit (Vandel, Stahl 2005). Des plans de réintroductions en Suisse (1972-1975) puis dans le massif des Vosges (1983-1993) ont permis une recolonisation progressive du Jura puis des Alpes (Stahl, Vandel 1999). Aujourd’hui, son aire de présence varie selon les massifs. Il est majoritairement présent dans le massif jurassien, où la population semble en légère augmentation (Figure 2). Ses populations progressent difficilement dans les Alpes et régressent considérablement dans les Vosges (Réseau Loup-Lynx 2022).

Du fait de ses faibles effectifs (environ 150 individus en 2020), le Lynx boréal est classé « En danger » sur la liste rouge des mammifères de France métropolitaine de l’UICN (UICN France et al. 2017). Au niveau national, le Lynx est une espèce protégée depuis 1981. Au même titre que le Loup gris, il est protégé en Europe par la Directive Habitats-Faune-Flore de 1992 (Chapron et al. 2014).



**Figure 2 : Répartition du Lynx boréal en 2020 en France (Réseau Loup-Lynx OFB 2022)**

### I.1.3. Renard roux

Comme le Loup, le Renard appartient à la famille des *Canidae*. L'espèce la plus répandue dans le monde et la plus connue est le Renard roux (*Vulpes vulpes*) (Larivière, Pasitschniak-Arts 1996). En raison de l'hyperurbanisation et de sa capacité d'adaptation, il est de plus en plus fréquent dans les villes (Díaz-Ruiz et al. 2016).

En France, le Renard roux est une espèce gibier et peut à ce titre être chassé durant la période d'ouverture de la chasse. De plus, il fait partie dans 91 départements de la liste des « espèces susceptibles d'occasionner des dégâts » et peut ainsi être régulé toute l'année par tir, piégeage ou déterrage (Ministère de la transition écologique et solidaire 2019).

A l'inverse du Loup gris et du Lynx boréal, le Renard roux est classé comme « Préoccupation mineure » sur la liste rouge des mammifères de France métropolitaine de l'UICN (UICN France et al. 2017), avec une population tendant à être stable.

## I.2. Causes de traumatismes chez le Loup, le Lynx et le Renard

Les causes de traumatismes chez la faune sauvage sont variées. Elles peuvent être d'origine naturelle (prédation, combats intra ou interspécifiques, catastrophes naturelles, etc.) ou induites par l'espèce humaine (collisions routières, chasse ou tirs légaux, activités humaines illégales, etc.) (Beiglböck, Walzer 2019).

### I.2.1. Causes de traumatismes d'origine anthropique

Chez le Lynx boréal, les causes de mortalité liées à l'action directe ou indirecte de l'espèce humaine ont été et sont encore majoritaires en Europe. Elles représentaient 70 % des pertes dans l'ensemble du Jura entre 1974 et 2002 (Breitenmoser-Wuersten et al. 2007), et 93 % des pertes en Croatie entre 1978 et 2013 (Sindičić et al. 2016). Les causes de traumatismes d'origine anthropique comprennent principalement les collisions routières et ferroviaires, les tirs illégaux et la chasse (Heaver, Waters 2019; Ferreras et al. 1992). Les adultes et subadultes étaient les plus concernés par les collisions et les destructions illégales (tir et piégeage) en France entre 1974 et 1998 (Stahl, Vandel 1999). La chasse et les tirs illégaux étaient plus fréquents chez les adultes dans une étude scandinave réalisée entre 1994 et 2002 (Andrén et al. 2006).

Chez le Loup gris, la mortalité d'origine anthropique est la menace la plus importante en Europe (Salvatori, Linnell 2005). Dans une étude menée en Croatie entre 1986 et 2001, 87 % des loups étaient morts suite à un abattage illégal (principalement des tirs illégaux) ou à une collision avec un véhicule à moteur (Huber et al. 2002). La chasse, les tirs illégaux et les accidents routiers étaient les causes de mortalité les plus fréquentes dans le sud de la Pologne de 1996 à 2003 (Nowak, Mysłajek, Jędrzejewska 2008).

Les Renards roux sont fréquemment blessés ou tués lors de collisions avec des véhicules. Au Royaume-Uni, une étude menée entre 1977 et 1989 a montré que les renards étaient vulnérables aux routes, malgré leur capacité d'adaptation à leur environnement (Baker



et al. 2007). Les méthodes de régulation liées à son statut d'espèce « nuisible » sont aussi une cause importante de mortalité au niveau mondial (Díaz-Ruiz et al. 2016).

Lors d'études sur la faune sauvage, la détection des animaux morts dépend de nombreux critères (taille de l'animal, zone, conditions environnementales, période de l'année, etc.), ce qui rend leur analyse difficile (Beiglböck, Walzer 2019). Le suivi d'individus marqués permet de s'affranchir de certains biais. En effet, les études avec utilisation de colliers émetteurs permettent une meilleure localisation et une détection plus rapide des animaux morts, peu importe la cause (Mörner et al. 2005). L'étude des animaux radiomarqués serait donc plus représentative de la situation réelle (Schmidt-Posthaus et al. 2002).

A l'inverse, lors d'études sans collier émetteur, la découverte des cadavres sera dans ce cas fortuite. Les animaux morts et facilement localisés seront ceux présents dans des zones accessibles à l'espèce humaine. Par exemple, les animaux trouvés au bord de la route sont plus susceptibles d'être signalés, ce qui peut entraîner une surreprésentation des collisions routières, par rapport aux autres causes de traumatismes (Stahl, Vandel 1999). Au contraire, dans une étude menée en Roumanie en 2018-2019, le nombre de grands mammifères tués par collisions routières a été supposé plus élevé que celui rapporté officiellement, d'une part car le simple comptage sous-estime le nombre réel de victimes ; d'autre part, car les cadavres peuvent être déplacés par des charognards et être ainsi introuvables (Fedorca et al. 2021).

Plusieurs études scandinaves utilisant des colliers émetteurs ont montré une fréquence élevée de mortalité par braconnage, similaire aux études sans colliers (Andrén et al. 2006). Ainsi, l'absence de colliers GPS n'induit pas forcément une surreprésentation de la mortalité d'origine anthropique.

#### I.2.1.1. Collisions routières et ferroviaires

Les infrastructures de transport et la circulation affectent négativement la faune sauvage, de manière indirecte et directe. Les effets négatifs indirects sont par exemple la dégradation et la fragmentation du paysage, les routes clôturées limitant la migration de la faune, les pollutions chimique, sonore et visuelle, etc. (Özcan, Özkazanç 2017; Forman, Alexander 1998).

L'un des principaux effets directs sur la faune est l'augmentation de la mortalité animale par collisions. En effet, les accidents routiers (et parfois ferroviaires) sont une cause très fréquente de mortalité chez le Loup et le Lynx. Une étude suédoise a montré que le traumatisme lié aux collisions routières ou ferroviaires était la cause de mortalité la plus fréquente chez des loups gris (Mörner et al. 2005). Les collisions ferroviaires représentaient une cause de mortalité moindre par rapport aux collisions routières, respectivement 1,7 % contre 7,8 % des lynx boréaux morts trouvés en Croatie entre 1978 et 2013 (Sindičić et al. 2016).

De nombreuses espèces de carnivores utilisent les routes comme corridors pour se déplacer, ce qui les expose à un risque plus élevé de collisions routières. C'est notamment le cas des loups et des lynx qui se déplacent fréquemment sur les bords des routes pour avoir un accès plus rapide et direct aux proies (Argyros, Roth 2016). Les accidents se produisent sur les routes non clôturées, directement accessibles aux animaux sauvages. Toutefois, les routes

clôturées restent facilement praticables pour les lynx et les loups, qui ont la capacité de creuser ou de sauter pour y accéder (Beiglböck, Walzer 2019). Dans le nord-ouest de l'Espagne, les collisions avec les loups se produisent le plus souvent le long des routes clôturées, où le trafic est important et les vitesses élevées (Javier Colino-Rabanal, Lizana, Peris 2011).

Les renards roux sont aussi affectés négativement par les routes (Özcan, Özkazanç 2017; Fahrig, Rytwinski 2009). Dans une étude menée en Espagne entre 2006 et 2012, les carnivores étaient impliqués dans seulement 5 % des collisions de véhicules avec la faune sauvage, mais le Renard roux représentait 70 % des carnivores (Saenz-de-Santa-Maria, Telleria 2015).

Les collisions routières peuvent ainsi être particulièrement préjudiciables pour les espèces menacées. En effet, les grands prédateurs sont des espèces plus vulnérables aux routes car, d'une part, elles sont très mobiles et se déplacent sur de grandes distances, ce qui augmente le risque de croiser une route ; et d'autre part, leur faible taux de reproduction et densité naturelle, ne leur permettent pas de rétablir rapidement leurs populations lors de diminution rapide de celles-ci (Rytwinski, Fahrig 2015). En France par exemple, compte tenu de son faible effectif et de son aire de présence morcelée, les populations de lynx sont très vulnérables. Bien que la fragmentation de ses habitats forestiers limite la dispersion, des échanges d'individus entre les différents noyaux de populations ont quand même lieu et présentent un risque de collision routière augmenté (Breitenmoser et al. 2007).

#### I.2.1.2. Tirs illégaux

En Europe, les tirs illégaux sont une cause de mortalité importante chez les grands prédateurs (Sindičić et al. 2016; Andrén et al. 2006). Les loups et les lynx prédatent à la fois des animaux sauvages et domestiques, ce qui entraîne des conflits directs avec les chasseurs et les éleveurs (Breitenmoser et al. 2007). Considérées par ces derniers comme une menace, ces espèces sont donc susceptibles d'être tuées intentionnellement (Hill et al. 2019).

Les tirs illégaux représentent une menace pour les différentes populations de lynx boréaux en Europe: ils étaient responsables de 46 % de la mortalité des lynx adultes dans les régions scandinaves entre 1994 et 2002 (Andrén et al. 2006) et de 55 % des pertes connues dans l'ensemble du Jura entre 1974 et 2002 (Breitenmoser-Wuersten et al. 2007). Les effectifs des populations ont donc été considérablement réduits par les destructions illégales, auxquelles s'ajoute l'impact de la chasse. En effet, en Europe, la chasse des petits ongulés entraîne une diminution de l'abondance des proies naturelles, poussant les lynx à s'attaquer au bétail et aux animaux domestiques pour se nourrir (Behnke, Walzer 2019). De même pour le Loup gris, la prédation sur les ongulés domestiques et sauvages soulève des conflits avec les éleveurs et les chasseurs et peut conduire dans certains cas à une augmentation des tirs illégaux dans le sud de l'Europe (Lovari et al. 2007).

Malgré des plans de protection dans la plupart des pays européens, le Loup gris et le Lynx boréal demeurent des cibles de tirs illégaux ou accidentels (Randi 2011). En Croatie, l'abattage intentionnel par arme à feu représentait 65 % de la mortalité sur l'ensemble de la période et 50 % depuis la mise en place du plan de protection (Huber et al. 2002). Leur

conservation en Europe dépend donc largement de l'espèce humaine et nécessite une coexistence durable avec les activités humaines (Breitenmoser et al. 2000; Chapron et al. 2014).

Point sur la situation particulière du Loup gris en France : Dans les aires de présence du Loup gris sur le territoire français (Figure 1), de nombreux élevages, principalement ovins, sont présents et la déprédation est de ce fait inévitable. Des mesures de protection et d'indemnisation contre les attaques de loups ont donc été mises en place par l'Etat. Bien que le Loup gris soit une espèce protégée, des tirs dérogatoires d'un nombre limité de loups sont autorisés par la directive européenne seulement lors de pression prédatrice excessive sur le bétail (Grente et al. 2020).

## I.2.2. Causes de traumatismes d'origine naturelle

### I.2.2.1. Chutes ou dérochages

Il n'existe pas d'études s'intéressant aux dérochages chez le Loup gris, le Lynx boréal ou le Renard roux. Les cas de chutes ne sont probablement jamais observés directement et donc difficiles à estimer. Des chutes d'arbres sont cependant supposées chez les espèces pouvant être occasionnellement arboricoles, tel que le Lynx roux (Argyros, Roth 2016). Le Lynx boréal est, quant à lui, plutôt qualifié de « grimpeur », car il grimpe occasionnellement dans les arbres (De Marchi 2003).

### I.2.2.2. Prédations et conflits intra et interspécifiques

La prédation est un processus naturel fréquent, majoritairement à l'origine de la mort de la proie (Beiglböck, Walzer 2019). La prédation par les lynx boréaux est une cause de mortalité supplémentaire rapportée chez les renards roux en Suède (Helldin, Liberg, Glöersen 2006). Le Loup et le Lynx étant de grands prédateurs, des traumatismes peuvent survenir pendant l'acte de prédation. Par exemple, des cas de blessures ont été rapportés chez des loups gris au Canada suite à la chasse d'ongulés (Wobeser 1992). En effet, les proies des grands carnivores ayant une taille similaire voire plus grande que leurs prédateurs, les risques de blessures lors de la chasse sont plus fréquents (Brown et al. 2017).

Chez le Loup gris, des conflits intraspécifiques ont été rapportés entre des meutes différentes (d'après Mech cité par Wobeser 1992). Les traumatismes liés à la chasse seraient cependant prépondérants par rapport à ceux liés aux agressions intra et interspécifiques, car l'activité de chasse est plus fréquente que les interactions entre prédateurs (Brown et al. 2017). De même, les conflits intra et interspécifiques jouent un moindre rôle dans la mortalité des lynx boréaux dans les différentes zones d'études scandinaves (Andrén et al. 2006).

### I.3. Lésions associées aux traumatismes chez le Loup, le Lynx et le Renard

#### I.3.1. Impact du traumatisme et, plus spécifiquement des fractures, sur le pronostic vital

Une blessure traumatique est définie comme « une lésion tissulaire qui survient plus ou moins soudainement et comprend tout dommage physique au corps causé par la violence ou un accident » (Muir 2006). Elle induit une réponse initiale inflammatoire aiguë, qui se généralisera ensuite en une réponse inflammatoire systémique, à l'origine de défaillances multi viscérales (Simpson, Syring, Otto 2009).

Selon la gravité du traumatisme, le pronostic vital de l'animal peut être engagé. Les lésions tissulaires sont souvent associées à des hémorragies, létales ou non selon le volume de sang perdu. En effet, une perte de sang dépassant 40 à 50 % du volume sanguin total d'un animal entraîne une tachycardie sévère, une tachypnée et une diminution marquée de la pression artérielle, à l'origine d'un choc pouvant entraîner la mort (Muir 2006). En cas de lésions tissulaires sans hémorragie, une augmentation de la pression artérielle et une tachycardie sont observées et correspondent à la réponse systémique classique, qui permet de détourner le sang des organes viscéraux vers le muscle squelettique et de donner une chance à l'animal de fuir (Foëx 1999). Cette réaction explique d'ailleurs que certains cadavres d'animaux sauvages victimes d'une collision ne se trouvent pas forcément sur ou à proximité d'une route (Nielsen 1977).

Peu d'études quantifient la présence de fractures cicatrisées dans les populations sauvages. De telles études permettraient de déterminer leur fréquence et la capacité des animaux à survivre en fonction du type de fracture. Les fractures osseuses étaient la lésion traumatique la plus fréquemment observée chez 241 loups autopsiés entre 1971 et 1990 au Canada, et touchaient principalement les côtes (Wobeser 1992). L'impact de ce type de blessure sur la survie ou le succès reproducteur des animaux est inconnu. Un stress physiologique et métabolique a été démontré chez les animaux sauvages subissant une fracture du squelette (Argyros, Roth 2016). Il est probable que les fractures affectant les membres puissent altérer la capacité locomotrice d'un animal, et donc impacter ses activités de chasse. Par ailleurs, dans une étude réalisée entre 1960 et 1983 en Espagne, les blessures physiques telles qu'un membre amputé n'ont pas empêché certains lynx ibériques (*Lynx pardinus*) de chasser ou de produire une progéniture (García-Perea 2000). Des autopsies de loups gris collectés en Alaska en 1976 ont mis en évidence des fractures cicatrisées du crâne (Nielsen 1977). Dans certains cas, les loups peuvent ainsi survivre à des fractures du crâne, sans atteinte du cerveau. Cette capacité de récupération répond au mode de vie du loup, qui nécessite des déplacements quotidiens et une « adaptation à un stress physique sévère » (Nielsen 1977).

### I.3.2. Lésions observées selon la cause du traumatisme

#### I.3.2.1. Cas des collisions

Les fractures osseuses sont les principales lésions citées chez les carnivores sauvages victimes d'une collision. Deux études ont rapporté des fractures du fémur chez des loups gris : une fracture diaphysaire associée à une fracture du cartilage de croissance (Salter Harris de type 1) pour le premier cas (Musto et al. 2020), et une fracture distale pour le deuxième cas (Nazhvani, Jahromi 2013). Un des loups présentaient de plus des contusions pulmonaires (Musto et al. 2020). Des fractures du crâne ont été observées chez une louve percutée par un véhicule, ayant entraîné la mort de l'animal plusieurs heures après (Nielsen 1977). Des fractures cicatrisées du fémur et de la fibula ont été mises en évidence chez des lynx roux, très probablement victimes d'une collision routière (Argyros, Roth 2016). A l'approche d'un véhicule, les carnivores de petite taille tels que les renards tendent à s'enfuir et exposent ainsi leurs flancs arrières en premier. Ce comportement pourrait expliquer une fréquence plus élevée de fractures au niveau des membres postérieurs (Argyros, Roth 2016).

D'autre part, une absence de lésions externes ne garantit pas l'absence de lésions internes, le choc de la collision pouvant entraîner des ruptures de viscères et des hémorragies (Nielsen 1977). L'autopsie de quatre lynx tués dans des accidents de la circulation a rapporté des lésions traumatiques diverses : fractures osseuses, ruptures d'organes, hémorragies, etc. (Oleaga et al. 2019). Un cas de rupture utérine a aussi été observé chez un lynx, associé à une hémorragie rétropéritonéale et des fractures pubiennes et ischiatiques (Davies et al. 2016).

Une collision peut causer des blessures au niveau du point d'impact, ainsi que dans des zones plus éloignées, dues à la projection des ondes de choc dans le corps de l'animal. Des études ont montré que la sévérité des lésions est liée entre autres à la taille de l'animal. En effet, un animal avec une masse musculaire ou grasseuse importante absorbera plus facilement les chocs, tandis que les espèces plus petites seront plus susceptibles d'être écrasées par le même type de collision (Beiglböck, Walzer 2019; Taylor 1971). Les animaux de grande taille auraient donc la capacité de survivre à des collisions ou de parcourir une certaine distance avant de mourir de leurs lésions.

#### I.3.2.2. Cas des destructions illégales

Différentes méthodes telles que les pièges et les tirs peuvent être utilisées.

##### i) Lésions dues aux pièges

Les animaux piégés par des collets vont essayer de se débattre, ce qui entraîne un resserrement progressif du fil. Des lésions typiques telles que des entailles, lacérations, pertes de poils et hémorragies sous-cutanées peuvent alors être observées à l'autopsie, ainsi que des collets toujours présents sur l'animal (Wobeser 1992; Nielsen 1977). Une fracture du radius et de l'ulna a été rapportée chez un lynx du Canada (*Lynx canadensis*) suite à une capture dans un collet à patte (Poole et al. 1998).

Les pièges à ressort ou à mâchoire se referment principalement autour des membres. La sévérité des blessures dépend du dispositif utilisé. Elles peuvent être superficielles ou au contraire, à l'origine de fractures osseuses des extrémités ou d'autres zones du corps prises dans le piège (Argyros, Roth 2016).

Une étude sur l'effet des captures par des pièges à pied sur la survie de loups gris aux Etats-Unis entre 1992 et 2014 a montré que la moitié des loups ne présentait aucune blessure du pied. Pour les autres, les blessures aux membres se trouvaient principalement sous le carpe ou sous le tarse et étaient rarement à l'origine de la mort de l'animal (O'Brien et al. 2022). Dans une autre étude américaine, les amputations de doigts étaient souvent associées à des blessures par piégeage (Nielsen 1977). Les amputations peuvent aussi être des conséquences indirectes des pièges à pied. En effet, l'animal peut s'automutiler et manger son propre membre pour essayer de se libérer (García-Perea 2000).

## ii) Lésions dues aux tirs

Lors des tirs illégaux, différentes armes à feu peuvent être utilisées. En fonction de leurs caractéristiques (précision, distance de tir, vitesse de la balle, énergie transférée aux tissus, etc.), les balles peuvent être retrouvées dans le cadavre de l'animal (entières, fragmentées ou désagrégées selon le type de projectile) ou éjectées du corps. Les lésions tissulaires engendrées dépendent du type d'arme et du projectile utilisés. Des lacérations tissulaires peuvent être observées au niveau de l'impact direct de la balle, ainsi qu'indirectement sur les tissus environnants par transfert d'énergie lors de la fragmentation du projectile. La plaie d'entrée d'un coup de feu est assez typique, de forme arrondie, avec un anneau d'abrasion et des bords nets. Les plaies de sortie (si la balle est expulsée du corps) sont souvent plus larges avec des bords irréguliers. En raison de la non-compressibilité des fluides, les organes remplis de liquide peuvent se rompre suite à l'impact de la balle (Behnke, Walzer 2019; Beiglböck, Walzer 2019).

Les fractures osseuses sont moins fréquentes et dépendent de la localisation du tir. Des fractures de phalanges proximales ont été rapportées chez un loup gris, dont la radiographie a révélé de nombreux fragments de balles (Wobeser 1992).

## iii) Apport de la radiographie

Les cas de délit restent encore difficiles à détecter et à confirmer. Lors d'une enquête médico-légale pour un délit présumé, l'objectif est de pouvoir faire la distinction entre une destruction illégale et toute cause accidentelle ou naturelle de mort, à l'aide de différents outils.

La radiographie est un outil d'examen complémentaire pertinent dans la recherche de la cause de la mort et est à réaliser avant l'autopsie. Elle permet d'apporter des éléments de réponse sur l'hypothèse de la cause de la mort. En effet, les résidus métalliques de projectiles, en acier ou en plomb, auront une opacité élevée sur les radiographies, ce qui permet leur détection. Or, lors de piégeage illégal, l'animal capturé vivant peut être achevé par balle. Il est donc intéressant de toujours radiographier les animaux trouvés morts dans des pièges et des collets afin d'objectiver un tir illégal. Cependant, trouver des plombs dans les tissus ne

signifie pas toujours la mort de l'animal par tir. En effet, les blessures par balle n'interfèrent pas toujours avec les fonctions vitales, et elles peuvent être anciennes suite à un tir non mortel. Des signes de cicatrisation tels que la présence de tissus fibreux, pourront être visibles dans ce cas. Enfin, la recherche de plombs peut parfois s'avérer infructueuse. Par exemple, la faible résistance du corps du lynx n'est généralement pas suffisante pour arrêter la balle (Behnke, Walzer 2019; Beiglböck, Walzer 2019).

D'autre part, la radiographie permet de détecter les fractures et autres atteintes ostéo-articulaires. Cependant, le caractère ante ou post mortem de la lésion ne pourra être déterminé avec certitude. Seule une autopsie approfondie aidera donc à connaître la cause de la mort.

### I.3.2.3. Cas des prédatons et des conflits intra et interspécifiques

Les fractures du crâne, des dents, des côtes et des os longs sont des lésions fréquemment observées chez les loup gris, lors de la chasse d'ongulés ou lors d'agressions entre des meutes différentes (Wobeser 1992; Nielsen 1977). Les fractures du bassin ont été rapportées lors de la chasse d'ongulés chez certains loups (Nielsen 1977).

Une étude sur des squelettes de deux prédateurs aujourd'hui éteints, dont le Loup sinistre *Canis dirus*, a montré des différences dans la localisation des fractures cicatrisées et autres atteintes musculo-squelettiques selon le mode de chasse. Les prédateurs de poursuite, tels que les loups, auraient des fractures plus importantes au niveau des quatre membres (répartition uniforme entre les membres thoraciques et pelviens), des vertèbres cervicales et de la tête. Les blessures à la tête peuvent s'expliquer par les potentiels coups de sabot reçus par le loup lorsqu'il mord l'arrière train d'un ongulé, et les autres blessures sont localisées dans des « zones de faiblesse structurelle » (Brown et al. 2017). Cette étude compare le Loup sinistre au Tigre à dents de sabre *Smilodon fatalis*, qui est un prédateur d'embuscade. Son comportement de chasse est en partie similaire à celui du lynx: le lynx piste sa proie, se camoufle puis l'attaque au moment opportun et il ne poursuit sa proie que sur de courtes distances (Murray et al. 1995). L'étude a rapporté chez ce type de prédateur des lésions traumatiques plus fréquentes au niveau de la colonne vertébrale (jonction thoraco-lombaire principalement) et de la ceinture scapulaire. Une analogie avec l'espèce Lynx doit cependant être nuancée au vu de leurs différences comportementales et corporelles.

Des blessures perforantes par morsures sont aussi rapportées et peuvent être mortelles (Brown et al. 2017; Wobeser 1992). En effet, les bactéries provenant de la bouche ou de la peau de l'animal mordeur peuvent être inoculées dans les tissus sous-cutanés et être à l'origine d'une septicémie (Holt, Griffin 2000). Une autopsie d'un loup a montré des morsures perforantes au niveau de la tête et du cou, à l'origine de lacérations musculaires et d'un écrasement du larynx, associés à des hémorragies sous-cutanée et intramusculaire (Wobeser 1992).

## II. Causes de traumatismes et lésions associées chez les espèces Chien et Chat domestiques

### II.1. Causes de traumatismes chez le Chien et le Chat

Pour les espèces Chien et Chat, la littérature classe les causes de traumatismes différemment par rapport aux carnivores sauvages et ne fait pas de distinction entre les causes d'origine anthropique et les causes d'origine naturelle.

Dans une étude épidémiologique menée au Canada en 2008, les traumatismes représentaient 11 % des causes d'admission des chiens (*Canis lupus familiaris*) dans un hôpital universitaire (Hayes et al. 2010). Une étude réalisée aux Etats-Unis entre 1984 et 2004 sur plus de 74000 chiens a montré, quant à elle, que les traumatismes étaient la deuxième cause de décès chez les jeunes chiens (après une maladie infectieuse) et chez les chiens adultes (après une néoplasie) (Fleming, Creevy, Promislow 2011). Dans une étude antérieure à grande échelle, 13 % des chiens et chats (*Felis silvestris catus*) admis dans deux hôpitaux vétérinaires américains présentaient un traumatisme (Kolata 1980).

Les blessures physiques ou le décès d'un animal, dans les cas les plus graves, peuvent être causés par un traumatisme contondant ou pénétrant. Les traumatismes contondants correspondent aux accidents de la voie publique, aux chutes ou blessures par écrasement (Simpson, Syring, Otto 2009). Les traumatismes pénétrants peuvent avoir lieu lors de morsures, de blessures par balles ou avec un objet tranchant (Hall et al. 2014).

Les traumatismes contondants sont plus fréquents que les traumatismes pénétrants, chez les chiens et chats domestiques. Ils représentaient respectivement 55 % (contre 34 % de traumatismes pénétrants) et 62 % (contre 23 %) des cas évalués dans deux études américaines (Hall et al. 2014; Kolata, Johnston 1975). Les chiens victimes d'un traumatisme contondant ont des taux de survie assez élevés, comparés aux chiens ayant subi un traumatisme pénétrant (Kolata, Johnston 1975; Simpson, Syring, Otto 2009). Une seule étude a montré qu'un traumatisme contondant est plus susceptible d'entraîner la mort de l'animal, par rapport à un traumatisme pénétrant (Hall et al. 2014).

Les collisions routières, les interactions avec d'autres animaux et les traumatismes d'origine inconnue représentaient environ 75 % des cas de traumatismes chez les chiens et les chats dans une étude américaine (Kolata 1980). Pour les autres catégories de traumatisme (Figure 3 et Figure 4), les différences observées entre les chiens et les chats peuvent s'expliquer par leur comportement et leur environnement et seront détaillées dans les paragraphes suivants.



	UPVH (970 DOGS)		UGSATH (129 DOGS)	
	<i>Number</i>	<i>Per Cent</i>	<i>Number</i>	<i>Per Cent</i>
Motor vehicle accident	516	53.2	69	53.5
Unknown cause	118	12.2	22	17.0
Animal interaction	108	11.1	18	13.9
Sharp object	109	11.2	7	5.3
Fall from height	61	6.3	5	3.8
Crush	25	2.6	1	0.8
Weapon	21	2.2	7	5.3
Burn	12	1.4	0	0

**Figure 3 : Causes de traumatismes chez les chiens examinés à l'hôpital vétérinaire de l'Université de Pennsylvanie (UPVH) et à l'hôpital d'enseignement pour petits animaux de l'Université de Géorgie (UGSATH) (Kolata 1980)**

	UPVH (156 CATS)		UGSATH (35 CATS)	
	<i>Number</i>	<i>Per Cent</i>	<i>Number</i>	<i>Per Cent</i>
Unknown cause	57	36.5	9	25.7
Motor vehicle accident	28	17.9	10	28.6
Animal interaction	25	16.0	8	22.8
Fall from height	21	13.5	1	2.8
Crush	17	10.9	1	2.8
Sharp object	5	3.2	4	11.4
Burn	3	1.9	0	0
Weapon	0	0	2	5.7

**Figure 4 : Causes de traumatismes chez les chats examinés à l'hôpital vétérinaire de l'Université de Pennsylvanie (UPVH) et à l'hôpital d'enseignement pour petits animaux de l'Université de Géorgie (UGSATH) (Kolata 1980)**

## II.1.1. Traumatismes contondants

### II.1.1.1. Collisions routières

Les collisions routières, ou accidents de la voie publique (AVP), sont une cause très fréquente de traumatismes contondants chez les chiens et chats domestiques. Chez les chiens, ils représentaient 91 % des traumatismes contondants dans une étude rétrospective américaine réalisée entre 1997 et 2003 (Simpson, Syring, Otto 2009) et 30 % des cas, tous traumatismes confondus, dans une autre étude américaine en 2011 (Hall et al. 2014). Chez les chats, les accidents de la route étaient la quatrième cause de décès en Grande-Bretagne (Wilson, Gruffydd-Jones, Murray 2017) et représentaient entre 16 % et 29 % des chats présentés en urgence aux hôpitaux universitaires aux Etats-Unis (Rochlitz 2004).

### II.1.1.2. Chutes de grande hauteur

#### i) Définition et taux de mortalité

Les chutes de grande hauteur peuvent être définies par différents termes tels que le « Syndrome du chat parachutiste » ou « Syndrome de grande hauteur », soit « High Rise Syndrome » en anglais. Pour de nombreuses études, ce terme regroupe les chats tombant ou sautant d'au moins deux étages (Vnuk et al. 2004; Papazoglou et al. 2001). Une autre étude inclut aussi les chats tombés d'un étage, car ils présentaient des blessures importantes (Bonner, Reiter, Lewis 2012).

Ce syndrome concerne principalement les chats, bien qu'il ait aussi été décrit chez les chiens (Gordon, Thacher, Kapatkin 1993). Il représentait 8,5 % des chats admis à l'hôpital universitaire vétérinaire de Zagreb entre 1998 et 2001 (Vnuk et al. 2004). L'incidence est plus élevée en environnement urbain, en raison de leur habitat qui sera plus souvent en appartement, avec possibilité de chute du balcon ou d'une fenêtre (Kolata 1980).

Le taux de mortalité des chats chutant d'une grande hauteur est faible. En effet, plusieurs études montrent un taux de survie supérieur à 90 % (Bonner, Reiter, Lewis 2012; Whitney, Mehlhaff 1987). Les chats ont la capacité de survivre à une hauteur de chute supérieure à six étages (Duhautois, Pucheu, Juillet 2010). Certains chats ont, par ailleurs, survécu à une chute du 32<sup>ème</sup> étage (Whitney, Mehlhaff 1987). Une sous-estimation du taux de mortalité peut cependant être possible, puisque les chats décédés suite à une chute seront rarement amenés chez leur vétérinaire. Le choc et la détresse respiratoire secondaire au traumatisme thoracique sont responsables des rares cas de décès (Whitney, Mehlhaff 1987). Chez les chiens, la chute d'un niveau inférieur au 6<sup>ème</sup> étage n'est mortelle que dans 1,3 % des cas (Gordon, Thacher, Kapatkin 1993). Aucun cas de chien chutant de plus de six étages n'a été rapporté. Comme pour le chat, il est supposé que les propriétaires n'amènent pas leur chien décédé chez le vétérinaire.

#### ii) Point sur le mécanisme du chat parachutiste

La capacité du Chat domestique à survivre à une chute de plus de six étages lui est unique et s'explique par différents facteurs (Pratschke, Kirby 2002).

Tout d'abord, le chat a une capacité réflexe de redressement, qui lui permet, quelle que soit sa position de départ, d'avoir une position d'atterrissage avec les membres présentés en premier. La phase de redressement (Annexe 1) a lieu pendant la durée d'une chute de faible hauteur, entre deux à quatre étages (Duhautois, Pucheu, Juillet 2010). Par conséquent, elle n'aura pas le temps d'avoir lieu pour une chute du premier étage.

De plus, la faible masse corporelle du chat lui permet d'avoir une vitesse terminale (*vitesse maximale qu'un objet atteint en chute libre*) plus faible et donc de l'atteindre plus rapidement lors d'une chute (Warner, Demling 1986). Pour une chute de 18 m, la vitesse terminale d'un chat de 4 kg serait inférieure à 60 km/h, contre 125 km/h pour un chien (Duhautois, Pucheu, Juillet 2010). Or, lorsque la vitesse terminale est atteinte, l'accélération est nulle et ne stimule donc plus le système vestibulaire. L'extension réflexe des membres est

alors réduite, ce qui permet au chat de détendre ses membres dans une position plus horizontale (Whitney, Mehlhaff 1987), dite position de la « feuille morte », lors de la phase de vol plané (Figure 5).



**Figure 5 : Illustration de la position de la « feuille morte » lors de la phase de vol plané (Duhautois, Pucheu, Juillet 2010)**

Lors de la phase de réception, la force de l'impact est répartie en premier sur les membres, qui sont fléchis et ramenés sous le corps. Puis ont lieu les contacts entre le thorax et le sol, puis entre l'abdomen et le sol. La tête touche le sol en dernier, ce qui minimise les traumatismes crâniens potentiellement mortels (Bonner, Reiter, Lewis 2012). Le menton sera cependant la première zone faciale impactée, ce qui explique la présence de lésions orofaciales (détaillées dans le paragraphe II.2.1.2.i).

### II.1.2. Traumatismes pénétrants : morsures et autres blessures

Les morsures sont l'un des motifs de consultation les plus fréquents chez le Chien et chez le Chat domestiques. Dans une étude américaine de 1974, les morsures étaient responsables de 10 % et de 15 % des traumatismes, respectivement chez des chiens et des chats admis aux urgences vétérinaires (Kolata, Kraut, Johnston 1974). Le pronostic dépendra de la gravité de la morsure, de sa prise en charge et de sa localisation. Dans une étude réalisée en Israël en 1997-1998, les cas de mortalité étaient liés aux morsures thoraciques ou abdominales (Shamir et al. 2002).

Les blessures accidentelles par des objets tranchants sont une deuxième cause de traumatismes pénétrants, qui a été peu étudiée. Une étude américaine précédemment citée rapporte que ces blessures sont beaucoup plus fréquentes chez les chiens en environnement urbain (Kolata 1980). En effet, ces derniers ont un accès à l'extérieur quotidien lors des promenades dans les environnements urbains, ce qui augmente le risque de se blesser avec du verre ou du métal.

### II.1.3. Blessures non accidentelles

Les blessures non accidentelles des animaux de compagnie sont moins souvent rapportées et étudiées. Elles correspondent aux traumatismes résultant de violences physiques délibérées (Tong 2014). Une étude s'intéressant à la violence animale d'origine humaine dans la ville de Détroit a mis en évidence différents types d'abus, à l'origine de traumatismes

pénétrants ou contondants : des tirs, des coups de pied, des coups avec une arme contondante ou pénétrante, etc. (Richard, Reese 2019).

## II.2. Lésions associées aux traumatismes chez le Chien et le Chat

Quelle que soit la cause du traumatisme, les animaux domestiques présentent très souvent une atteinte de plusieurs parties du corps. Le degré de sévérité d'une blessure dépend de plusieurs facteurs, tels que sa localisation, la capacité du tissu à absorber le choc, le volume de tissu atteint, la nature du processus pathologique et ses conséquences fonctionnelles ou structurelles (Kolata 1980).

### II.2.1. Lésions propres aux traumatismes contondants

Les lésions thoraciques sont une cause majeure de morbidité et de mortalité chez les chiens et chats ayant subi un traumatisme contondant. Une étude réalisée en Suisse entre 2001 et 2003 a montré que 58 % des chiens et chats présentaient des signes radiographiques de traumatismes thoraciques, tels que des contusions pulmonaires, des pneumothorax et/ou pneumomédiastins, et des traumatismes de la paroi thoracique (Sigrist, Doherr, Spreng 2004).

Chez les chiens, les hémoabdomens et uroabdomens sont fréquemment rapportés suite à un traumatisme abdominal contondant (Rollings et al. 2001). Les fractures du bassin sont la cause principale des lésions des voies urinaires chez les chiens. A l'inverse, chez les chats, les uropéritoinies sont souvent liés à une rupture vésicale, suite à un traumatisme abdominal contondant (Aumann, Worth, Drobotz 1998).

#### II.2.1.1. Cas des collisions routières

Les collisions routières entraînent une grande variété de blessures, très souvent multiples (Streeter et al. 2009; Simpson, Syring, Otto 2009; Rochlitz 2004).

##### i) Lésions communes aux espèces Chien et Chat

Une étude sur les fractures félines et canines réalisée en Angleterre en 1977-1978 a montré que les accidents de la route étaient la principale cause de fracture (77 % pour les chiens, et 90 % pour les chats) (Phillips 1979). Toutes causes confondues, les os les plus couramment touchés chez le chat étaient, dans l'ordre décroissant, le fémur, le bassin et la mandibule. Chez le chien, les fréquences étaient assez similaires pour le radius et l'ulna, le bassin, le fémur et le tibia. De plus, les AVP sont la cause la plus fréquente des fractures et luxations de la colonne vertébrale chez les chiens et les chats, la région la plus fréquemment touchée étant T3-L3 (Bruce, Brisson, Gyselinck 2008; Simpson, Syring, Otto 2009).

Des lésions traumatiques de la rate telles que des hématomes ou des ruptures de la capsule sont rapportées chez certains chiens et chats mais sont rares (Trukhachev et al. 2016).

## ii) Lésions observées chez le Chien domestique

Le thorax et l'abdomen sont les régions les plus fréquemment touchées lors d'AVP. Une grande partie des décès chez les chiens était liée à des blessures intrathoraciques et intra-abdominales dans une étude rétrospective américaine (Kolata, Johnston 1975). Les lésions thoraciques les plus courantes sont les contusions pulmonaires, les pneumothorax et/ou pneumomédiastins et les fractures de côtes (Simpson, Syring, Otto 2009; Spackman et al. 1984). Les lésions abdominales principales sont les hémopéritoines ou les hémobdomens (Streeter et al. 2009). Le foie est un organe abdominal fréquemment lésé (Kolata, Johnston 1975). D'autres lésions plus rares ont été rapportées : des hémothorax, des hernies diaphragmatiques, des hernies abdominales et des ruptures des voies urinaires (Simpson, Syring, Otto 2009).

La tête est une autre zone souvent touchée lors de collisions avec un véhicule. Des traumatismes crâniens, parfois associés à des fractures du crâne sont rapportés (Simpson, Syring, Otto 2009). Un taux de survie plus faible a été associé aux chiens présentant des lésions cérébrales traumatiques et une fracture du crâne. En effet, plus de la moitié des chiens euthanasiés dans une étude présentaient des lésions du système nerveux central (Kolata, Johnston 1975).

Les fractures du squelette axial et appendiculaire sont plus ou moins citées selon les études. Une étude américaine a montré que les fractures du squelette dans la partie caudale du corps étaient les lésions les plus fréquentes, avec le bassin comme site le plus touché (Kolata, Johnston 1975). Dans une autre étude américaine réalisée en 2001, les fractures des os longs sont les plus citées, suivies des fractures du bassin et des fractures vertébrales (Streeter et al. 2009). Les fractures appendiculaires étaient les lésions les plus fréquentes dans une population de chiens au Brésil dont la cause principale de traumatismes était les accidents de voiture. Elles touchaient principalement le fémur, le bassin et le tibia, suivis du radius et de l'ulna, de l'humérus et des extrémités des membres (Libardoni et al. 2015).

Contrairement à une étude précédemment citée (Simpson, Syring, Otto 2009), les traumatismes de la cavité thoracique étaient fortement associés à une fracture orthopédique dans une autre étude (Spackman et al. 1984). De même, une étude américaine réalisée entre 1988 et 1994 a montré que 50 % des blessures thoraciques étaient concomitantes avec des fractures scapulaires chez les chiens (Cook et al. 1997).

Une étude rétrospective réalisée en Israël de 2012 à 2014 a mis en évidence des prévalences de lésions différentes selon les âges et les gabarits des chiens (Klainbart et al. 2018). Les fractures des membres étaient plus fréquentes chez les plus jeunes et chez les grands chiens. Les plus jeunes présentaient de plus une prévalence élevée de contusions pulmonaires. Les petits chiens et les chiens âgés avaient souvent des fractures du bassin et des luxations sacro-iliaques. Cette distribution des fractures pourrait être expliquée par le point d'impact du véhicule, qui se trouvera au niveau des membres pour les grands chiens, alors que les plus petits chiens seront probablement plus souvent piégés sous les roues de la voiture.

### iii) Lésions observées chez le Chat domestique

Les lésions sont localisées principalement au niveau de la tête et du cou, du bassin, des extrémités et du thorax (Rochlitz 2004; Kolata 1980).

Une étude sur les fractures mandibulaires chez le chat a montré que dans plus de 50 % des cas, l'accident routier était la cause du traumatisme (Umphlet, Johnson 1988). Les collisions routières sont aussi la cause la plus fréquente de fractures multiples du crâne (Knight, Meeson 2018). Dans une étude rétrospective à très grande échelle, la fracture de l'os temporal était significativement associée à ce traumatisme (Mestrinho et al. 2022). Un seul cas de fracture de la bulle tympanique est rapporté chez un chat suite à un AVP. Il présentait de plus des fractures mandibulaires, maxillaires et palatines (Sanroman-Llorens et al. 2020).

Les membres pelviens étaient plus souvent touchés que les membres thoraciques dans une étude réalisée en Angleterre en 2000-2001 (Rochlitz 2004). Plus de la moitié des chats présentaient des fractures localisées principalement au niveau du bassin et du fémur. Les fractures du bassin fréquemment observées sont les fractures pubiennes et iliaques, et les luxations sacro-iliaques (Meeson, Corr 2011). En raison de la grande force à l'origine de ces fractures, elles sont souvent associées à des blessures non osseuses, 59 à 72 % des cas dans deux études rétrospectives évaluant les fractures du bassin (Lanz 2002). La rupture de la vessie, par compression et éclatement d'une vessie pleine ou suite à la pénétration de fragments osseux, est la blessure organique concomitante la plus fréquente (Lanz 2002). Quelques cas de fractures humérales au niveau des condyles ont été rapportés (Macias, Gibbons, McKee 2006).

Les traumatismes thoraciques tels que les contusions pulmonaires, les pneumothorax et les traumatismes de la paroi thoracique sont aussi prépondérants lors d'AVP. Ils étaient présents chez 80 % des chats ayant subi une collision (Sigrist, Doherr, Spreng 2004).

Les ruptures utérines suite à un traumatisme sont rares, mais peuvent être retrouvées chez les femelles gravides, ayant un utérus de taille augmentée. Elles sont souvent associées à d'autres lésions. Par exemple, deux chattes ayant subi un AVP présentaient respectivement, en plus d'une déchirure de l'utérus, une fracture fémorale ouverte (Davies et al. 2016) et une rupture diaphragmatique (Lucas et al. 2003).

#### II.2.1.2. Cas des chutes de grande hauteur

##### i) Triades lésionnelles chez le Chat domestique

Les lésions associées au « Syndrome de grande hauteur » ont initialement été décrites par une triade comprenant l'épistaxis, la fracture du palais dur et le pneumothorax (Bonner, Reiter, Lewis 2012). Cette triade n'étant ni exhaustive, ni la plus fréquente, une nouvelle triade comprenant les lésions faciales, thoraciques et appendiculaires a été décidée, au vu des résultats de la littérature ultérieure (Whitney, Mehlhaff 1987; Pratschke, Kirby 2002; Gordon, Thacher, Kapatkin 1993). L'état de choc a ensuite été ajouté comme trouble clinique supplémentaire (Duhautois, Pucheu, Juillet 2010).

Au sein de la triade, les lésions les plus citées sont les pneumothorax, les contusions pulmonaires, le traumatisme facial, l'épistaxis, les fractures mandibulaires et maxillaires et les fractures des membres (Whitney, Mehlhaff 1987; Vnuk et al. 2004; Papazoglou et al. 2001).

Une étude spécifique aux lésions orofaciales chez des chats a rapporté, en plus, des abrasions et lésions des tissus mous de la face et de la cavité buccale, des fractures du palais dur, des fractures dentaires et des luxations de l'articulation temporo-mandibulaire (Bonner, Reiter, Lewis 2012). Les chutes étaient en effet la cause la plus fréquente des lésions de l'articulation temporo-mandibulaire dans une étude réalisée en Turquie entre 2001 et 2008 (Çetinkaya 2012).

Lors de traumatismes thoraciques, des fractures des côtes et/ou du sternum ont été rapportées (Bonner, Reiter, Lewis 2012). Les ruptures diaphragmatiques sont, quant à elles, rares (Vnuk et al. 2004; Duhautois, Pucheu, Juillet 2010).

Les atteintes orthopédiques correspondent aux fractures des membres, du bassin et des vertèbres, et à la luxation de la colonne vertébrale. Dans une étude menée en Croatie entre 1998 et 2001, presque la moitié des chats présentaient des fractures des membres (Vnuk et al. 2004). Les os les plus touchés étaient le tibia, suivi du fémur, et 79 % des fractures fémorales étaient distales. Les fractures des membres pelviens étaient plus fréquentes que celles des membres thoraciques dans plusieurs études (Duhautois, Pucheu, Juillet 2010; Whitney, Mehlhaff 1987; Papazoglou et al. 2001).

Les lésions abdominales secondaires à une chute de grande hauteur sont le plus souvent caractérisées par une hémorragie intra-abdominale. Des traumatismes abdominaux tels que des ruptures vésicales, des uroabdomens, des ruptures pancréatiques et des lésions traumatiques de la rate sont rapportés, bien que plus rares (Vnuk et al. 2004; Bonner, Reiter, Lewis 2012; Papazoglou et al. 2001; Liehmann et al. 2012; Trukhachev et al. 2016).

Des cas de blessures par empalement secondaires à des chutes ont été rapportés pour la première fois en 2002 et ont montré des plaies thoraciques pénétrantes associées à un traumatisme pulmonaire sévère, ainsi qu'une hémorragie abdominale suite à une rupture splénique (cas d'un empalement abdominal) (Pratschke, Kirby 2002).

## ii) Une seule étude chez le Chien domestique

Les chiens présentent la même triade de blessures faciales, thoraciques et de fractures des membres que les chats. Cependant, lorsqu'un chien tombe de trois étages ou moins, les traumatismes faciaux et crâniens ont tendance à être moins sévères, et les fractures plus fréquentes (Gordon, Thacher, Kapatkin 1993). Par exemple, aucune fente palatine n'a été rapportée chez les chiens. Cette différence s'expliquerait par la grande taille et la puissance musculaire des membres du chien, qui lui permettent d'absorber une plus grande quantité d'énergie lors de l'impact et ainsi de limiter l'incidence des lésions de la tête. Cependant, les chiens présenteront donc une proportion plus élevée de traumatismes abdominaux par rapport aux chats (Duhautois, Pucheu, Juillet 2010).

Des blessures à la colonne vertébrale ont été associées à des chutes d'une hauteur supérieure à quatre à six étages chez les chiens (Gordon, Thacher, Kapatkin 1993). Enfin, la fréquence des blessures thoraciques lors de chutes de grande hauteur était similaire à la fréquence observée lors d'accidents de la route dans une étude réalisée en Suisse entre 2001 et 2003 (Sigrist, Doherr, Spreng 2004).

### iii) Lien entre la hauteur de la chute et la sévérité des blessures

Les patterns lésionnels suite aux chutes de grande hauteur dépendent principalement de la hauteur de la chute et de la surface impactée (Warner, Demling 1986). Plusieurs études ont montré que l'association entre la hauteur de chute et la gravité des blessures suit un schéma curviligne (Whitney, Mehlhaff 1987; Papazoglou et al. 2001), tandis qu'une autre étude a montré que la gravité des blessures « augmente linéairement pour atteindre un palier à partir du 6<sup>ème</sup> étage environ » (Duhautois, Pucheu, Juillet 2010).

Lors d'une chute du 1<sup>er</sup> étage, l'absence d'une phase de redressement complète chez un chat entraîne une prépondérance des lésions rachidiennes, pelviennes et orofaciales (Duhautois, Pucheu, Juillet 2010). Dans une autre étude, les traumatismes de la colonne vertébrale semblent plus fréquents lors de chutes inférieures à cinq étages (Papazoglou et al. 2001).

A partir du 5<sup>ème</sup> étage, la position d'atterrissage du chat sur ses quatre membres est possible, mais il ne pourra étendre ses membres que si l'accélération est complètement nulle. Les lésions seront donc plutôt appendiculaires et orofaciales. Pour des chutes supérieures au 6<sup>ème</sup> étage, le chat présentera ses membres dans une position plus horizontale, son corps impactera donc le sol en premier, ce qui augmente l'incidence des traumatismes thoraciques et abdominaux (Duhautois, Pucheu, Juillet 2010; Vnuk et al. 2004).

Une autre étude a montré que les blessures associées aux chutes de grande hauteur dans les milieux urbains sont plus souvent localisées au niveau du corps chez les chiens et les chats, alors qu'elles sont limitées aux membres et au bassin lors de chutes en milieux suburbains (Kolata 1980). Cette différence peut s'expliquer par une hauteur de chute plus élevée en milieu urbain et est similaire aux observations des études ci-dessus.

### II.2.2. Cas des morsures

Les morsures de chien peuvent entraîner des blessures mineures à très sévères, et se distinguent des autres traumatismes par des caractéristiques propres. Malgré des lésions cutanées d'apparence souvent superficielle, des dommages plus profonds ont souvent lieu (Shamir et al. 2002).

Lors de morsures, les dommages tissulaires sont dus principalement aux forces de tension et de compression, ainsi qu'aux forces mécaniques de cisaillement (Holt, Griffin 2000). D'une part, la force de tension a lieu lorsque la peau est frappée par les dents à un angle inférieur à 90 degrés. La peau étant lâche, des déchirements et des avulsions des tissus sous-cutanés et des muscles sont possibles et peuvent être à l'origine de hernies (Shamir et al. 2002; Holt, Griffin 2000). D'autre part, la force de compression générée entre les mâchoires



d'un animal entraîne des blessures par écrasement ou par perforation, à un angle de 90° (Trott 1988). Les blessures par écrasement sont souvent secondaires à des morsures de chiens, car ils possèdent des dents plus larges et plates. La force de compression est responsable des traumatismes des tissus mous les plus sévères et peut aussi entraîner des fractures osseuses à la tête, aux membres ou au thorax (Shamir et al. 2002; Holt, Griffin 2000).

Selon la localisation de la morsure, une atteinte organique interne peut avoir lieu, accompagnée d'effets systémiques. Les morsures à la tête et au cou peuvent causer des fractures du crâne, de la mandibule et des vertèbres cervicales. Un seul cas de fracture de la bulle tympanique est rapporté chez un chien, ayant très probablement été mordu par un animal sauvage. La rareté des fractures de la bulle tympanique peut être expliquée par la structure de l'oreille moyenne, qui est fortement protégée par le crâne dorsalement et la mandibule crâniolatéralement (Rubin, Kim, Bacon 2013). Mais, dans ce cas, le chien avait subi un traumatisme facial important avec présence de fractures concomitantes, mandibulaires et zygomatiques. Une perforation ou un écrasement du larynx ou de la trachée peuvent être associés à des traumatismes de la tête et du cou. Si la morsure pénètre dans la boîte crânienne, la moelle épinière ou endommage des nerfs, des paralysies ou tétraparésies pourront être observées (Holt, Griffin 2000).

Des perforations de la paroi thoracique ou de la paroi abdominale peuvent être, respectivement, à l'origine de pneumothorax ouvert et d'épanchement pleural, ou à l'origine de pneumopéritoine et d'épanchement péritonéal. Des hémorragies peuvent avoir lieu suite à des ruptures de vaisseaux sanguins (Holt, Griffin 2000).

Une autre caractéristique des morsures est la contamination des plaies, due en grande majorité à des bactéries buccales du chien mordeur (Shamir et al. 2002) et pouvant avoir des conséquences néfastes pour l'animal mordu.

### II.2.3. Cas des maltraitances animales

Les blessures non accidentelles des chiens et des chats sont à l'origine de lésions de nature diverse : des ecchymoses, des fractures, des brûlures, des coups de couteau, des blessures par armes à feu, etc. Les ecchymoses ont été rapportées plus fréquemment sur le thorax, l'abdomen, la tête et le cou (Munro, Thrusfield 2001).

Une étude s'intéressant aux fractures d'origine non accidentelle a mis en évidence des caractéristiques pouvant corroborer une hypothèse de maltraitance animale. Ces caractéristiques sont la présence de fractures multiples, la localisation des fractures sur plusieurs régions du corps (membre thoracique, membre pelvien et/ou squelette axial), les fractures transversales et les fractures à différents stades de guérison (avec des signes radiographiques de cicatrisation) (Tong 2014). Chez les chiens victimes de maltraitance dans cette étude, les fractures étaient plus fréquemment localisées sur les membres thoraciques, principalement au niveau du radius et de l'ulna. Dans une étude antérieure, les fractures étaient surtout localisées au niveau du crâne, des côtes et du fémur chez le chien, et au niveau du crâne et du fémur chez le chat (Munro, Thrusfield 2001). Et les blessures répétitives étaient souvent évocatrices de maltraitance.

Des lésions des tissus mous et des organes internes sont aussi rapportées, telles que des ruptures du foie, de la rate, des reins et de la vessie chez des chiens, et des ruptures de la paroi abdominale chez des chats, tous ayant subi des coups (Munro, Thrusfield 2001).

Les blessures non accidentelles peuvent parfois être confondues avec celles causées par des accidents routiers. Une étude a comparé des animaux ayant subi un AVP avec des animaux victimes de maltraitance (Intarapanich et al. 2016). Les blessures significativement associées à l'AVP correspondent aux fractures pelviennes, aux pneumothorax et aux contusions pulmonaires. Les fractures non accidentelles étaient, quant à elles, localisées au niveau du crâne, des dents, des vertèbres et des côtes et certaines étaient anciennes. Lors d'un AVP, les fractures des côtes sont regroupées d'un même côté du corps, avec une prépondérance des fractures des côtes crâniennes. A l'inverse, les fractures de côtes non accidentelles sont bilatérales, sans différence entre les côtes crâniales et caudales. Cette étude apporte donc une aide pour mieux distinguer des cas de maltraitance animale.

### III. Analyse de la bibliographie

La synthèse bibliographique réalisée précédemment a permis de montrer qu'il existe peu d'études s'intéressant aux traumatismes chez les carnivores sauvages, en comparaison avec le grand nombre d'études réalisées sur les carnivores domestiques. Les rares études se concentrent principalement sur les causes de mortalité et l'impact de l'espèce humaine sur l'évolution des populations sauvages, et très peu sur les lésions associées aux traumatismes. Cette différence s'explique, entre autres, par le manque de données relatives à la faune sauvage et à la difficulté d'accès aux cadavres d'animaux traumatisés. En effet, la découverte des cadavres d'animaux sauvages est la plupart du temps fortuite. La cause exacte du traumatisme n'est donc pas forcément connue, bien que le lieu de découverte puisse orienter le diagnostic. A l'inverse, les causes de traumatismes des animaux domestiques seront le plus souvent connues grâce aux propriétaires.

D'autre part, les animaux de la faune sauvage sont la plupart du temps trouvés morts et des autopsies ne peuvent pas toujours être réalisées (selon l'état de conservation du cadavre par exemple). A l'inverse, lors d'un traumatisme, les animaux domestiques sont très souvent rapidement pris en charge par les infrastructures vétérinaires. Les examens cliniques et analyses complémentaires réalisés permettent ainsi de préciser les lésions.

Le nombre d'études varie aussi selon l'espèce et son statut. En effet, le Loup gris et le Lynx boréal étant des espèces protégées en France, leurs causes de traumatismes ont été plus étudiées que celles du Renard roux. Des différences sont aussi notables entre le Chat et le Chien. Par exemple, les collisions routières sont plus étudiées chez les chiens, tandis que les chutes de grande hauteur le sont plus chez les chats. Cela s'explique, entre autres, par la prévalence propre de ces traumatismes pour chaque espèce : les causes de traumatismes les plus fréquentes sont souvent les plus étudiées afin de pouvoir mieux appréhender les lésions traumatiques associées.

Les causes de traumatismes et les lésions ont été synthétisées pour les espèces sauvages dans le Tableau 1 et pour les espèces domestiques dans le Tableau 2. La quantité d'informations n'est pas équivalente selon les différentes causes de traumatismes. Les lésions associées aux morsures et à une maltraitance animale pour les espèces domestiques n'ont pas été résumées dans le tableau car la faible quantité de données ne nécessitait pas de synthèse. Par ailleurs, la destruction illégale des espèces sauvages engendre par exemple des lésions caractéristiques (présence de plombs lors de tirs, lacérations cutanées ou fractures des extrémités lors de piégeages), tandis qu'aucune étude ne s'est intéressée aux lésions associées aux dérochages. De même, la description des lésions observées lors des collisions n'est pas exhaustive pour les carnivores sauvages, bien que des fractures des membres pelviens soient observées chez les trois espèces (Tableau 1). Dans ces cas, le lieu de découverte de l'animal pourra apporter des éléments de réponse sur la cause de la mort : un animal retrouvé au bord de la route sera plus susceptible d'avoir été victime d'une collision routière, tandis qu'un animal retrouvé au pied d'une falaise pourra avoir déroché.

La synthèse bibliographique réalisée sur les carnivores domestiques a aussi pour objectif de combler ces vides et de comparer les lésions observées selon l'espèce. Des

fractures des membres pelviens sont aussi rapportées chez les carnivores domestiques victimes d'un AVP. Les chiens présentent, de plus, une prévalence importante des lésions thoraciques et abdominales, alors qu'elles ont été très peu rapportées chez le Loup gris et le Lynx boréal. La triade lésionnelle (tête, thorax et membres) décrite chez les chats et les chiens suite à une chute de grande hauteur pourrait être inférée aux loups et aux lynx, en tenant compte de la hauteur de la chute présumée et des différences de poids entre ces espèces.

Cette première partie a donc permis de synthétiser les principales causes de traumatismes et les lésions associées chez les carnivores sauvages et domestiques. Dans une deuxième partie, une analyse des données d'examen nécropsiques des cadavres de loups gris, de lynx boréaux et de renards roux collectés par le réseau SAGIR en France entre 2014 et 2022, et une analyse des dossiers médicaux des chiens et chats domestiques reçus à l'École Nationale Vétérinaire de Toulouse entre 2011 et 2022 sont réalisées. L'objectif de cette étude rétrospective est de déterminer des associations entre les lésions, les causes de traumatismes et les espèces, de pouvoir confronter les résultats obtenus avec la littérature, et de compléter et nuancer les informations manquantes pour les carnivores sauvages.

Enfin, cette étude a une visée médico-légale. En effet, la mise en évidence d'associations entre les lésions et les causes de traumatismes pourrait participer à la distinction entre une cause de mort illégale et une cause de mort naturelle. Ces aides au diagnostic seraient très intéressantes lors d'enquête médico-légale.

**Tableau 1 : Synthèse des lésions observées chez le Loup, le Lynx et le Renard, selon la cause du traumatisme**

Pour chaque tableau, le « X » signifie que la lésion a été rapportée au moins une fois dans l'étude.

			Lésions généralisées			Tête			Thorax			Membre thoracique			Membre pelvien			
			Peau	Rupture organe	Hémorragie	Fracture crâne	Fracture dentaire	Fracture vertèbres cervicales	Fracture côtes	Contusion pulmonaire	Pneumo-thorax	Fracture humérus	Fracture radius ulna	Fracture / amputation extrémités	Fracture bassin	Fracture fémur	Fracture tibia fibula	Fracture / amputation extrémités
Collision routière et ferroviaire	Loup	Nielsen 1977		X	X	X												
		Nazhvani, Jahromi 2013													X			
		Musto et al. 2020							X						X			
	Lynx	Argyros, Roth 2016													X	X		
		Oleaga et al. 2019		X	X		X				Localisation des fractures osseuses non précisées + luxation de l'articulation du genou							
		Davies et al. 2016		X	X									X				
Renard	Argyros, Roth 2016													X				
Tir	Toutes espèces	Behnke, Walzer 2019; Beiglböck, Walzer 2019	X	X														
	Loup	Wobeser 1992															X	

<b>Piégeage</b>	Toutes espèces	Argyros, Roth 2016											X				X	
		García-Perea 2000									Amputation du membre				Amputation du membre			
	Loup	Nielsen 1977	X										X				X	
		Wobeser 1992	X		X												X	
		O'Brien et al. 2022											X		X			
Lynx	Poole et al. 1998										X							
<b>Conflit intra ou interspécifique</b>	Loup	Wobeser 1992	X		X	X			X			X	X			X	X	
		Nielsen 1977	X				X											
<b>Prédation</b>	Loup	Wobeser 1992			X	X			X			X	X			X	X	
		Brown et al. 2017	X			X			X			X				X		
		Nielsen 1977	X			X	X		X			X	X		X	X	X	X



Accident de la Voie Publique	Chat	Spackman et al. 1984							X	X	X	X	X	X									X	X	X	
		Simpson, Syring, Otto 2009	X	X					X	X	X	X	X	X		X							X	X		X
		Streeter et al. 2009									X	X			X	X							X	X	X	
		Libardoni et al. 2015									X	X	X										X	X	X	X
		Cook et al. 1997						X				X														
		Klainbart et al. 2018			X	X				X	X	X	X	X		X								X	X	X
	Chat	Phillips 1979				X																	X	X		
		Rochlitz 2004	X			X					X			X									X			X
		Umphlet, Johnson 1988				X																				
		Knight, Meeson 2018, Mestrinho et al. 2022				X																				
		Sanroman-Llorens et al. 2020				X	X																			
		Lanz 2002																		X						
		Davies et al. 2016, Lucas et al. 2003																					X			



		Etat de choc	Tête				Thorax				Membre thoracique			Fracture ou luxation de la colonne vertébrale	Abdomen						Membre pelvien					
			Traumatisme facial (épistaxis)	Fracture palais dur	Fracture dentaire	Fracture / luxation mâchoire	Hernie diaphragmatique	Fracture côtes	Contusion pulmonaire	Pneumothorax	Fracture humérus	Fracture radius ulna	Fracture / amputation extrémités		Hémoabdomen / hémopéritoine	Uroabdomen / Uropéritoine	Rupture vésicale	Rupture pancréatique	Atteinte de la rate	Rupture paroi abdominale	Fracture / luxation bassin	Fracture fémur	Fracture tibia fibula	Fracture / amputation extrémités		
Chute de grande hauteur	Chat	Bonner, Reiter, Lewis 2012	X	X	X	X		X		X				X		X										
		Whitney, Mehlhaff 1987	X	X	X	X		X		X		X					X								X	
		Vnuk et al. 2004	X	X	X	X		X		X	X	X	X	X			X			X	X	X	X	X		
		Papazoglou et al. 2001	X	X	X					X	X		X				X							X		
		Duhautois, Pucheu et Juillet (2010)	X	X	X		X			X	X		X			X		X				X	X	X		
		Liehmman et al. 2012														X			X							
		Trukhachev et al. 2016																	X							
	Pratschke et Kirby 2002									X					X			X	X							
Chien	Gordon, Thacher, Kapatkin 1993		X						X	X			X		X				X						X	





**PARTIE 2 : ETUDES RETROSPECTIVES DES LESIONS  
TRAUMATIQUES CHEZ LES CARNIVORES SAUVAGES (LOUP,  
LYNX ET RENARD) ET CHEZ LES CARNIVORES DOMESTIQUES  
(CHIEN ET CHAT)**

# I. Matériels et méthodes

## I.1. Présentation du jeu de données

### I.1.1. Données issues du réseau SAGIR et du réseau Loup-Lynx

#### I.1.1.1. Présentation du réseau SAGIR

Le réseau SAGIR est un dispositif national de surveillance épidémiologique des oiseaux et mammifères sauvages terrestres en France. Administré par l'Office français de la biodiversité (OFB), il repose sur un partenariat entre ce dernier, les fédérations de chasseurs et les laboratoires vétérinaires départementaux, afin de réaliser une surveillance continue des maladies létales et des processus morbides de la faune sauvage.

La découverte des cadavres et la collecte des prélèvements s'appuient sur des observateurs de terrain, coordonnés par deux interlocuteurs techniques départementaux (ITD) : un membre de la Fédération départementale des chasseurs concernée et un représentant de l'OFB. Les cadavres sont ensuite transférés et analysés par le laboratoire vétérinaire départemental (LVD), et des laboratoires spécialisés ou des laboratoires de référence au besoin. Ces résultats sont par la suite centralisés dans une base de données nationale, Epifaune, pilotée par l'OFB (Decors et al. 2022).

#### I.1.1.2. Synergie entre les réseaux SAGIR et Loup-Lynx

Le réseau Loup-Lynx, animé par l'OFB, a pour objectif la surveillance des populations de loups gris et de lynx boréaux sur le territoire français. Il permet de suivre l'évolution de la répartition de ces deux espèces à partir d'indicateurs géographiques et démographiques. Ce système de surveillance est un outil unique en Europe, qui permet d'améliorer la conservation et la gestion de ces deux espèces protégées. Ce réseau fonctionne ainsi en synergie avec le réseau SAGIR pour la surveillance du Loup gris et du Lynx boréal (Lena et al. 2022). A l'inverse, le suivi épidémiologique du Renard roux est opéré seulement par le réseau SAGIR.

Cette première étude rétrospective a été réalisée en 2022, à partir des données sanitaires collectées principalement par les réseaux SAGIR et Loup-Lynx entre les années 2014 et 2022.

### I.1.2. Données issues du Centre Hospitalier Universitaire de l'ENVT

Cette deuxième étude rétrospective a été réalisée en 2022, à partir des dossiers médicaux de chiens et chats reçus entre 2011 et 2022 au Centre Hospitalier Universitaire Vétérinaire des Animaux de Compagnie (CHUVAC) de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse suite à un traumatisme. Les dossiers médicaux sont enregistrés sur le logiciel informatique Clovis.

## I.2. Extraction des données

### I.2.1. A partir de la base de données Epifaune

#### I.2.1.1. Définitions et explications préalables

Afin de comprendre les modalités d'extraction des données, il est nécessaire d'expliquer le fonctionnement de la base de données Epifaune et de définir certains termes propres au réseau SAGIR.

##### i) L'évènement SAGIR

Chaque collecte de cadavre par le réseau SAGIR est à l'origine d'un évènement. Un « évènement » correspond à un épisode de mortalité concernant une espèce, sur une journée, sur une surface géographique de 1 km<sup>2</sup>. Il y a donc une unité d'espèce, de temps et de lieu pour chaque évènement. Un évènement peut comporter de 1 à n échantillons, un échantillon correspondant à un cadavre. Cependant, pour les carnivores sauvages, solitaires ou vivants en petit groupe, un évènement correspondra souvent à un seul échantillon.

Toutes les informations relatives à la collecte du cadavre sont répertoriées dans une fiche SAGIR à identifiant unique, sur laquelle on retrouve, entre autres, des précisions sur le lieu de découverte, la collecte et la description de l'échantillon, la suspicion du découvreur par rapport à la cause de la mort, etc.

##### ii) Les plans d'analyses

Pour chaque cadavre, des plans d'analyses sont mis en œuvre comportant à minima un examen nécropsique, ainsi que d'autres examens complémentaires (bactériologie, histologie, virologie, etc.) selon l'état d'altération du cadavre. L'examen nécropsique est réalisé par le laboratoire de première intention, qui fait une synthèse lésionnelle en sélectionnant les lésions ayant joué, selon lui, un rôle dans le processus morbide principal et assure l'interprétation médicale de l'ensemble des résultats.

##### iii) Le triplet MAM

Les résultats issus de la nécropsie sont saisis dans Epifaune sous la forme d'un triplet MAM (= Matrice/Analyte/Méthode), qu'il s'agisse de lésions, de résultats d'examens complémentaires, ou d'interprétation médicale. L'analyte peut donc être soit une lésion, soit un agent infectieux, toxique, etc. Il existe une grande variété d'examens complémentaires. Cette étude se limitera aux plans Autopsie et Radiologie.

Pour le plan Autopsie, la matrice est l'organe examiné. L'analyte correspond à la lésion observée et la méthode à l'examen nécropsique. Chaque organe peut être décrit par un ou plusieurs MAM, selon le nombre de lésions associés à cet organe.

Une fois l'ensemble des résultats d'analyses reçus, le laboratoire émet une conclusion finale retranscrite sur Epifaune dans le « Plan Conclusion définitive ». Ce plan se présente aussi sous forme de MAM et comprend 4 rubriques :

- Cause définitive de la mort
- Processus pathologique principal / Comorbidité majeure
- Processus accessoires / Comorbidité mineure
- Découvertes d'autopsie

Il comporte un niveau de confiance portant sur le processus pathologique principal, avec une échelle allant de 1 (conclusion impossible ou cause indéterminée) à 5 (diagnostic de certitude).

En résumé, pour chaque cadavre collecté, les informations suivantes sont saisies sur Epifaune :

- Données issues de la fiche SAGIR : propriétés de l'événement (espèce, géolocalisation, date de découverte, nombre d'animaux collectés, acteurs, contexte), commémoratifs de l'événement, commémoratifs de l'échantillon
- Données issues de l'examen nécropsique : état du cadavre, état corporel, principales lésions
- Données issues des analyses complémentaires selon le plan d'analyses décidé (plan radiologie, plan bactériologie, plan histologie, etc.)
- Données issues de l'interprétation médicale (conclusions et niveaux de confiance)

#### I.2.1.2. Procédures d'extraction des données de la base Epifaune

L'extraction des données s'est faite selon deux angles d'approche différents, afin d'être le plus exhaustif possible, en utilisant le logiciel Qlikview et la base de données Epifaune. Pour chaque extraction, les espèces Loup gris, Lynx boréal, Renard roux et Chat forestier ont été sélectionnées à partir de différents contextes (Sagir, Loup-Lynx-Ours, Police judiciaire, Sylvatub) et sur une fenêtre temporelle allant de 2014 au 20 avril 2022. Le contexte « Sylvatub » correspond à la surveillance événementielle renforcée de la tuberculose bovine dans la faune sauvage et le contexte « Police judiciaire » correspond aux événements pour lesquels il y a ou il peut y avoir une suite judiciaire.

Dans un premier temps, l'objectif était de récupérer tous les événements dont la cause de la mort ou le processus pathologique principal était d'origine traumatique. Pour cela, une recherche a été réalisée en sélectionnant les mots-clés suivants, dans une liste regroupant toutes les Valeurs Possibles de Résultat (VPR) du plan Conclusion définitive : « traumatisme agression/prédation », « traumatisme autre », « traumatisme collision véhicule », « traumatisme de nature indéterminée », « traumatisme dérochage » et « traumatisme tir ».

Dans un deuxième temps, les événements dont la cause de la mort était inconnue ou indéterminée mais pour lesquels une origine traumatique pouvait être suspectée, ont été extraits. Pour cela, les mots-clés utilisés parmi les VPR du plan Conclusion définitive étaient : « douteux », « impossible », « indéterminé » et « ininterprétable ». Parmi ces événements, un tri au cas par cas a ensuite été appliqué en s'appuyant sur les plans Autopsie et Conclusion définitive afin d'exclure les cas n'étant pas, de façon certaine, d'origine traumatique. Les

événements pour lesquels les lésions étaient associées à des processus infectieux, à des intoxications ou à une euthanasie chimique ont ainsi été exclus.

Pour chaque extraction, un fichier Excel est créé et est constitué de toutes les informations concernant l'évènement et l'échantillon, ainsi que les résultats d'analyses, soit les plans Conclusion définitive, Autopsie et Radiologie. Des captures d'écran d'un extrait du tableau Excel présentant les événements dont la cause de la mort est d'origine traumatique sont présentées dans l'Annexe 2.

### I.2.2. A partir de la base de données Clovis

Les chiens et les chats ont été sélectionnés pour l'étude en utilisant le registre Clovis. Cette base de données informatisée regroupe tous les dossiers médicaux des animaux domestiques suivis par le CHUVAC de l'ENVT. La recherche automatisée par mots-clés n'étant pas optimisée, tous les cas de chiens et chats présentés au service des Urgences et Soins Intensifs du CHUVAC de 2011 au 29 mars 2022 ont été passés en revue dans la base de données et sélectionnés selon les critères suivants.

#### I.2.2.1. Critères d'inclusion des cas

Les cas de chiens et chats traumatisés suite à un accident de la voie publique, à une chute de grande hauteur ou à une morsure par un congénère étaient éligibles pour l'inclusion dans l'étude. Pour les cas de chutes, les chats et chiens tombés du premier étage ou des étages supérieurs ont été inclus. Seuls les cas dont l'origine du traumatisme était avérée ou fortement suspectée (exemple : les animaux retrouvés accidentés au bord de la route étaient considérés comme victimes d'un AVP) ont été sélectionnés.

#### I.2.2.2. Critères d'exclusion des cas

Les traumatismes dont l'origine était inconnue ou faiblement suspectée n'ont pas été sélectionnés. Les cas de traumatismes liés à des armes à feu, à des coups ou autres blessures ont été exclus de l'étude, au vu de leur rareté. Pour l'espèce Chat seulement, les cas de morsures ont finalement été exclus car ils étaient peu fréquents par rapport aux chutes et collisions.

Les chiens et chats ont été exclus si leur dossier médical était incomplet (résultats d'examens complémentaires manquants, examen clinique très peu détaillé, aucune information sur la race ou le poids de l'animal, etc.), s'ils sont morts à leur arrivée ou lors de la prise en charge (absence de diagnostic complet), s'ils ont été euthanasiés sans diagnostic, ou si leurs propriétaires ont refusé les examens complémentaires recommandés.

#### I.2.2.3. Création des fichiers Excel à partir des données Clovis

Pour chaque cas répondant aux critères ci-dessus, les dossiers médicaux ont été examinés et les données suivantes ont été collectées, puis saisies à l'aide du logiciel Excel :

- Données relatives à l'animal : numéro du dossier, espèce, race, âge, sexe, poids
- Données relatives au traumatisme : date du traumatisme, nature du traumatisme (AVP, morsure ou chute) et précisions sur le traumatisme (nombre d'étage dans le cas des



chutes de grande hauteur, durée entre le traumatisme et la prise en charge si indiquée, animal mordeur dans le cas de morsures)

- Concernant l'examen clinique réalisé : présence de plaies cutanées, de signes oculaires et/ou de signes neurologiques
- Résultats des examens complémentaires (si recommandés et réalisés) : radiographies (crâne, thorax, abdomen, membres thoraciques, membres pelviens, bassin), échographies, scanner
- Diagnostic retenu

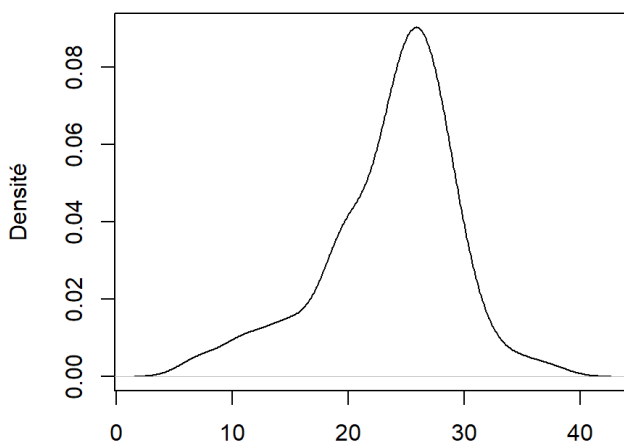
### I.3. Catégorisation des données

#### I.3.1. Catégorisation des individus

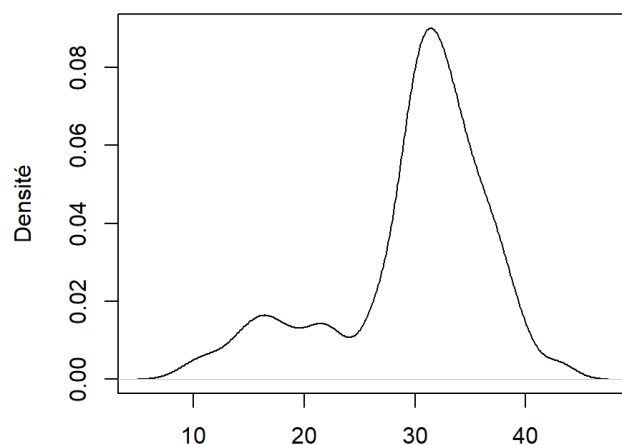
##### I.3.1.1. Réalisation de courbes de densité de poids

Dans les données extraites de la base Epifaune, l'âge des cadavres n'a pas toujours pu être déterminé ou est parfois incertain. En effet, les techniques permettant de déterminer les âges peuvent présenter des incertitudes (par exemple, par observation de la dentition). Or, l'âge peut être un facteur influençant les lésions observées lors d'un traumatisme, puisqu'il joue sur le comportement de l'animal et détermine, en partie, son poids. Afin de pouvoir vérifier cette hypothèse, des courbes de densité de poids ont été réalisées à partir des poids connus des loups, lynx et renards, en utilisant la fonction density sur RStudio. Ces courbes de densité de poids ont pour objectif de définir des classes de poids, qui serviront à représenter des classes d'âge selon l'espèce. Les classes de poids obtenues seront utilisées lors de l'analyse factorielle des données.

Pour chaque courbe de densité de poids, des inflexions plus ou moins marquées sont observées. La courbe de densité de poids des loups mâles et des loups femelles ne montre pas d'inflexion franche (Annexe 3). Pour les loups femelles, deux légères inflexions sont observées autour de 17 et 21 kg (Figure 6). Pour les loups mâles, deux creux plus marqués sont visibles autour de 19 et 24 kg (Figure 7).



**Figure 6 : Courbe de densité de poids des loups femelles**

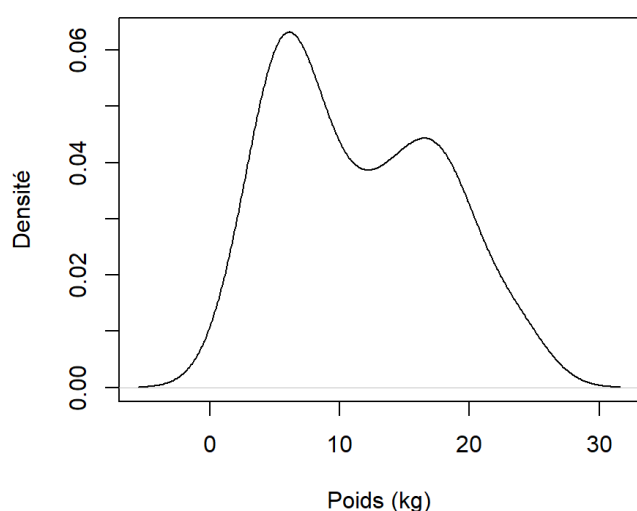


**Figure 7 : Courbe de densité de poids des loups mâles**

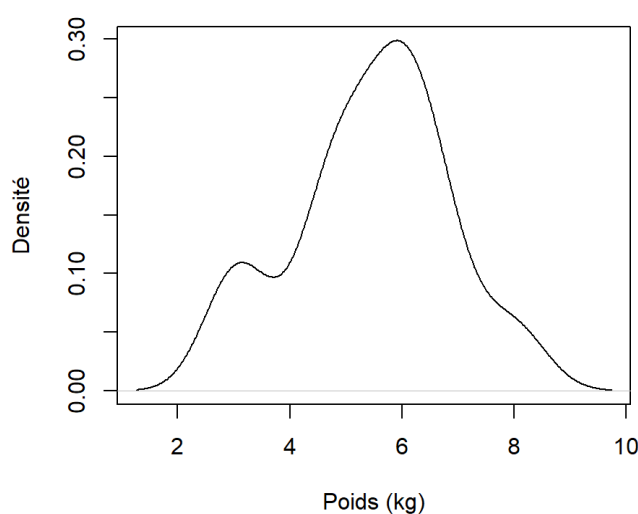
Des courbes de densité de poids sont créées pour les loups mâles pesant plus de 20 kg et pour ceux pesant moins de 25 kg (Annexe 3), et elles confirment les valeurs observées sur la Figure 7.

La courbe de densité de poids des renards mâles et des renards femelles montre une inflexion franche autour de 4 kg (Figure 8). Pour les renards femelles, seuls deux poids sont connus. La courbe de densité de poids des renards femelles n'est donc pas représentée car non significative, et la courbe de densité de poids des renards mâles est donc très similaire à la Figure 8.

Les courbes de densité de poids des lynx sont très similaires pour les mâles, les femelles et tout sexe confondu. Une seule courbe est donc représentée (Figure 9) et montre une inflexion autour de 12 kg.



**Figure 8 : Courbe de densité de poids des renards**



**Figure 9 : Courbe de densité de poids des lynx**

Les classes de poids définies à partir des courbes de densité de poids permettent de déduire des classes d'âge pour chaque espèce (Tableau 3). Pour les loups, les classes de poids sont créées en compilant les résultats des loups mâles et femelles, le poids maximal étant égal à 43 kg. Pour les renards, seuls deux poids sont inférieurs à 4 kg. Séparer les renards dans deux classes de poids différentes n'est donc pas pertinent. Ils sont finalement tous regroupés dans une seule classe de poids et d'âge. Les lynx sont regroupés dans deux classes de poids.

**Tableau 3: Synthèse des classes de poids et des classes d'âge pour chaque espèce**

	<b>Loup</b>		<b>Lynx</b>		<b>Renard</b>
<b>Classe de poids</b>	[0-24] kg	]24-43] kg	[0-12] kg	]12-25] kg	[0-7] kg
<b>Classe d'âge</b>	Immatures/ Subadultes	Adultes	Immatures	Subadultes/ Adultes	Tout âge confondu

### I.3.1.2. Catégorisation des chiens selon leur conformation

La grande variété de races canines est à l'origine d'une diversité dans la conformation des chiens. Afin de prendre en compte ces différences morphologiques qui peuvent être un facteur de variabilité dans la réponse de l'organisme aux traumatismes, les chiens ont été classés selon des critères morphologiques, tels que le développement musculaire du chien, la largeur du poitrail et la longueur/hauteur des pattes par rapport au reste du corps. Cette classification est composée de trois groupes (Tableau 4) et elle s'inspire, en partie, de la classification de Pierre Mégnin citée dans une thèse vétérinaire (Klein 2020) :

- Le premier groupe correspond à des chiens trapus, avec un corps massif et des pattes souvent courtes, ou de grande taille avec un développement musculaire important
- Le deuxième groupe correspond à des chiens avec des formes équilibrées, leur hauteur est souvent égale à leur longueur
- Le troisième groupe correspond à des chiens sveltes, avec un corps effilé, les pattes souvent longues et une musculature fine

Remarque : la taille de l'animal n'est pas un critère pris en compte dans cette classification. On s'intéresse ici plutôt à la conformation de l'animal pouvant expliquer une différence de réponse aux chocs et de sensibilité aux impacts lors d'un traumatisme.

**Tableau 4 : Regroupement des races selon les critères morphologiques choisis**

<b>Groupe 1 : Chiens trapus</b>	<b>Groupe 2 : Chiens harmonieux</b>	<b>Groupe 3 : Chiens sveltes</b>
American Staffordshire Terrier, Bouledogue Français, Bouvier Bernois, Cane Corso, Carlin, Croisé Dogue Argentin, Saint-Bernard, Shar-Pei, Staffordshire Bull Terrier, Labrador et croisés, Basset Artésien Normand, Chow-Chow, Teckel et croisés, Basset Fauve de Bretagne et croisés, Shiba Inu, Samoyède, Rhodesian Ridgeback	Berger Allemand et croisés, Berger Australien, Berger Belge Malinois, croisés Berger, Border Collie et croisés, Epagneul Breton et croisés, Golden Retriever, Caniche, Cocker Anglais, croisés Griffon, croisés Bichon, Bichon maltais, Spitz Allemand, Berger des Pyrénées, Lhasa Apso, croisés Shih Tzu, Chihuahua, Yorkshire Terrier, Beauceron et croisés, croisés Dalmatien, Jack Russel Terrier croisés Beagle, Jack Russel Terrier, West Highland White Terrier, croisés Cairn terrier	Whippet, Setter Anglais et croisés, Pinscher Nain, Ratier de Prague, croisés Ratier, croisés Braque

### I.3.2. Catégorisation des lésions

Dans le but d'optimiser l'analyse des données, chaque lésion observée chez un individu sera présentée sous la forme d'un couple matrice-lésion. Cette présentation nécessite

un tri préalable des données afin d'exclure les lésions d'origine non traumatique et celles peu représentées, et afin de regrouper les lésions similaires dans une même catégorie.

### I.3.2.1. Lésions issues d'Epifaune

Pour rappel, chaque cadavre de la base de données Epifaune peut avoir plusieurs lésions décrites chacune sous forme d'un triplet MAM. Une lésion correspond donc à une ligne du tableau Excel. Ces lésions sont décrites grâce à différentes colonnes. La colonne « Matrice » précise l'organe autopsié. La colonne « Analyte générique » comprend sept grandes catégories de lésions : Inflammatoire, Vasculaire, Mécanique et traumatique, Métabolique et surcharge, Anomalie de contenu d'un organe, Proliférative et tumorale, Anomalie morphologique. Au sein de chaque catégorie, la lésion est précisée grâce à la colonne « Analyte spécifique » (exemple : hémorragie, fracture, plaie profonde, etc.). Une précision de second rang sur la lésion peut éventuellement être ajoutée grâce à la colonne « VPR ». Enfin, le laboratoire peut fournir des éléments concernant la sévérité, la distribution et l'évolution d'une lésion dans la colonne « Commentaire », en séparant ces items par des slashes. Un exemple est illustré dans le Tableau 5.

**Tableau 5 : Exemple d'un Plan autopsie pour un cadavre (extrait du fichier Excel)**

Ici, l'évènement n°107567 comporte un seul échantillon le n°107567-1. Le cadavre est un renard roux, dont l'autopsie a révélé trois principales lésions :

- Des hématomes au niveau des muscles de l'encolure et des parois thoraciques
- Une hémorragie au niveau de la cavité thoracique
- Une plaie profonde perforante sur le thorax droit et gauche, liée à des plombs

Évènement	Echantillon	Espèce	Plan	Matrice	An. générique	An. spécifique	VPR	Commentaire
107567	107567-1	Renard roux	PLAN AUTOPSIE	Muscle	Vasculaire	Hémorragie	Hématomes	++sur encolure et parois thoraciques
107567	107567-1	Renard roux	PLAN AUTOPSIE	Cavité thoracique	Vasculaire	Hémorragie	Hémorragie	
107567	107567-1	Renard roux	PLAN AUTOPSIE	Cavité thoracique	Mécanique et traumatique	Plaie profonde	Présence	++Perforation par les plombs côté D et G

Parmi les évènements extraits, certaines lésions sont d'origine non traumatique et doivent donc être exclues de l'analyse pour ne pas interférer. Pour cela, chaque catégorie des colonnes « Analyte Générique » et « Analyte Spécifique » a été passée en revue et seules les lésions pouvant être liées à des phénomènes traumatiques aigus ou suraigus ont été gardées, ainsi que celles pour lesquelles un doute était possible. Les lésions en lien avec un processus chronique ont ainsi été exclues. C'est par exemple le cas des lésions de la catégorie « Proliférative et tumorale », des lésions en lien avec du parasitisme, etc.

Suite à ce premier tri, il reste encore un grand nombre de lésions différentes (35 pour les évènements d'origine traumatique, 11 pour les évènements d'origine indéterminée). Afin de réduire, pour les analyses, le nombre de lésions et avoir des effectifs suffisants pour la plupart, celles appartenant à une même catégorie ont été regroupées. Les lésions dont l'effectif total est inférieur à 10 et qui ne peuvent pas être regroupées avec d'autres lésions ont

été exclues. Cela concerne les items suivants : thrombus, ictère, nécrosant, nécrose, suppuré, surcharge, dilatation, déshydratation, emphysème, œdème.

Les regroupements réalisés sont présentés dans le Tableau 6. Parmi ces regroupements, les catégories avec un effectif total de lésions inférieur à 50 ont été exclues. Cela concerne les catégories : Perte, Hyperplasique/hypertrophique, Affaissement et Déplacement, représentées en italique dans le Tableau 6. Les quatre catégories finales qui seront donc analysées par la suite sont : Atteinte ostéo-articulaire, Atteinte vasculaire, Plaie, Rupture ou fissure de tissus mous.

**Tableau 6 : Catégories de lésions suite au regroupement chez les espèces sauvages et abréviations utilisées lors de l'analyse**

<b>Catégorie</b>	<b>Abréviation</b>	<b>Lésions correspondantes</b>
Atteinte ostéo-articulaire	Fra	Fracture, luxation, déformation, fissure
Atteinte vasculaire	Va	Hémorragie, hématome, épanchement hémorragique/séro-hémorragique, congestif/hémorragique, congestion
Plaie	Pl	Brûlure, plaie cutanée ou des muqueuses, plaie profonde, alopecie, éventration et hernie ouverte
Rupture ou fissure de tissus mous	Rup	Rupture des organes creux (intestin grêle, vésicule biliaire, estomac, vessie...), hernie fermée, fissure des organes pleins (poumon, foie, rein, rate, œil...), écrasement d'organes
<i>Perte</i>	/	<i>Amputation, absence/perte, usure/perte de substance</i>
<i>Hyperplasique/Hypertrophique</i>	/	<i>Hyperplasique/Hypertrophique</i>
<i>Affaissement</i>	/	<i>Atélectasie, dégénérescence</i>
<i>Déplacement</i>	/	<i>Déplacement d'organe, intussusception, malposition</i>

Une autre catégorie est créée à part et correspond à la présence de plombs dans le cadavre (abréviation Plb). Seuls les cas où des plombs ont été retrouvés à l'autopsie ou lors de la radiographie sont comptabilisés. Les traces de projectile ou les lésions liées à l'impact de plombs (sans plomb retrouvé) ne sont pas pris en compte.

#### I.3.2.2. Lésions issues de Clovis

Pour l'étude réalisée à partir des dossiers médicaux des chiens et chats de l'ENVT, l'extraction des données a été réalisée manuellement et seules les lésions d'origine traumatique ont été choisies. Un tri n'est donc pas nécessaire.

Cependant, au vu de la diversité des lésions, un regroupement a aussi été réalisé et est résumé dans le Tableau 7. De la même façon que pour la première étude, les lésions avec des

occurrences très faibles (ici < 4) et ne pouvant pas être regroupées ont été exclues. Les chats présentaient un nombre de lésions d'atélectasie pulmonaire supérieur à celui des chiens, une catégorie supplémentaire a donc été créée pour le chat uniquement.

**Tableau 7 : Catégories de lésions suite au regroupement chez les espèces domestiques et abréviations utilisées lors de l'analyse**

Catégorie	Abréviation	Lésions correspondantes
Atteinte ostéo-articulaire	Fra	Fracture osseuse, fracture dentaire, luxation articulaire et autres atteintes ostéo-articulaires
Atteinte vasculaire	Va	Hémorragie, épistaxis, contusion pulmonaire, épanchement hémorragique, hémobdomen, hématome
Plaie	Pl	Plaie cutanée superficielle, abrasion, plaie profonde, plaie des muqueuses, éventration, ulcère (oculaire)
Rupture ou fissure de tissus mous	Rup	Hernie diaphragmatique, hernie abdominale, luxation oculaire, rupture vésicale (chat) / brèche urétrale, fracture de rate, perforation digestive (chien)
Epanchement liquidien	EpL	Toute accumulation de liquide dans une cavité, soit : épanchement pleural, épanchement abdominal, uropéritoine
Epanchement gazeux	EpG	Toute accumulation de gaz dans une cavité, soit : pneumothorax, pneumomédiastin, pneumopéritoine
Emphysème	Em	Emphysème sous cutané seulement
Gonflement	Gf	Gonflement, tuméfaction
Atélectasie	At	Atélectasie pulmonaire ( <i>chez le chat uniquement</i> )

### I.3.3. Catégorisation des matrices

Pour les données issues de Epifaune, la localisation de chaque lésion est précisée par l'organe autopsié dans la colonne « Matrice » ou par des précisions supplémentaires dans la colonne « Commentaire » (principalement pour les matrices Os, Peau et Muscles). Malgré une standardisation des données sur la base Epifaune, un très grand nombre de matrices existe et nécessite un regroupement.

Afin d'avoir une vue d'ensemble et simplifiée de la localisation des lésions présentes chez chaque individu pour chaque étude, le corps de l'animal a été divisé en cinq régions : la tête et le cou, le thorax, les membres thoraciques, l'abdomen et les membres pelviens. Chaque région comprend à la fois les structures osseuses, les muscles associés, les tissus mous, etc. Le détail est présenté dans le Tableau 8.

**Tableau 8 : Détail des matrices regroupées dans chaque région et abréviations utilisées lors de l'analyse**

Matrice et abréviation	Tête et cou	Thorax	Membre thoracique	Abdomen	Membre pelvien
	Te	Th	Mt	Ab	Mp
Os	Os de la face Os du crâne Mandibule Vertèbres cervicales Dents	Vertèbres thoraciques Côtes Sternum	Scapula Humérus Radius, Ulna Carpe Métacarpe Doigts	Vertèbres lombaires Sacrum	Bassin (ilium, ischium, pubis) Fémur Tibia, Fibula Tarse Métatarse Doigts
Organes et autre structure	Organes de la face Cavité buccale  Appareil respiratoire supérieure, larynx, trachée  Cerveau	Appareil respiratoire inférieure (poumons) Diaphragme  Cavité thoracique, plèvres  Œsophage		Organes de la cavité abdominale et rétropérinéale (foie, rate, appareil digestif, rein...)	

Grâce au regroupement des lésions et au regroupement des matrices, les lésions pourront être présentées sous la forme de couples matrice-lésion, qui seront détaillés dans la partie Résultats.

#### I.4. Méthode d'analyses des données

##### I.4.1. Analyse en Composantes Principales

Les données ont d'abord été analysées par Analyses en Composantes Principales (ACP). Les ACP ont été effectuées en utilisant le logiciel RStudio, à l'aide du package factoextra. Selon la terminologie de l'ACP (STHDA 2017), les données contiennent donc :

- des variables actives : variable utilisées pour l'ACP. Elles correspondent aux couples matrice-lésion. Ce sont des variables binaires qui prennent comme modalité 1 si l'individu présente cette lésion, 0 sinon ;
- des variables supplémentaires : variables ne participant pas à l'analyse. Celles retenues pour ces analyses sont l'espèce, la cause du traumatisme, la classe de poids (et la groupe de conformation pour le chien seulement).

Un exemple de tableau Excel analysé est présenté en Annexe 4.

L'ACP permet dans un premier temps d'avoir une démarche exploratoire, afin de mettre en évidence des associations entre les lésions ou entre les lésions et les variables supplémentaires, à partir d'une analyse visuelle des graphiques générés.

#### I.4.2. Test du khi-deux

Les associations mises en évidence grâce à l'ACP ont été vérifiées avec un test du khi-deux, en utilisant la fonction `chisq.test` sur le logiciel RStudio. Ce test est effectué par randomisation : la statistique du khi-deux observée sur les données est comparée à la distribution attendue sous l'hypothèse d'indépendance entre les deux variables. Cette distribution est estimée par simulation, en échantillonnant aléatoirement un grand nombre de fois dans l'ensemble de tous les tableaux de contingence possibles ayant les mêmes marges (i.e. le nombre d'individus présentant les modalités des deux variables est fixé), et en recalculant à chaque fois la statistique du khi-deux.

La p-value ou p-valeur renvoyée par le test est utilisée pour quantifier la significativité statistique d'un résultat dans le cadre d'une hypothèse nulle. Deux degrés différents ont été choisis pour décrire le niveau de rejet de l'hypothèse nulle :

- p-valeur  $\leq 0,01$  : très forte présomption contre l'hypothèse nulle
- $0,01 < \text{p-valeur} \leq 0,05$  : forte présomption contre l'hypothèse nulle.

En conclusion, si la p-valeur est  $\leq 0,05$ , l'hypothèse d'indépendance des deux variables est rejetée et une association entre les deux couples matrice-lésion est donc présente.



### III. Résultats

#### III.1. Analyse descriptive des données

##### III.1.1. Base de données Epifaune

Suite au nettoyage des données dans la base de données Epifaune, 461 échantillons (soit 461 cadavres) ont été retenus pour l'étude, dont 315 loups gris, 92 lynx boréaux et 54 renards roux. Un seul chat forestier a été extrait initialement et n'a donc pas été gardé pour l'étude.

##### III.1.1.1. Loup gris

Parmi les 315 loups gris, les proportions de mâles (171 [54 %]) et de femelles (134 [43 %]) étaient plutôt équivalentes. Le sexe n'a pas pu être déterminé pour 10 individus. La majorité des loups étaient adultes : 236 (75 %) adultes et 66 (21 %) immatures. Pour 13 (4 %) loups, l'âge n'était pas décrit. En s'appuyant sur les classes d'âge définies par les classes de poids (Tableau 3), la distribution des âges est un peu différente puisque 71 (23 %) loups seraient immatures ou subadultes (classe de poids [0-24] kg) et 171 (54 %) loups seraient adultes (classe de poids ]24-43] kg). Le poids n'est pas connu pour 73 (23 %) loups, ces cas sont classés dans la catégorie NA (*Not available*).

Les causes de traumatismes comprenaient, dans l'ordre décroissant, les tirs légaux et illégaux (75 %), les collisions routières et ferroviaires (14 %), les traumatismes de nature indéterminée (8 %), les morsures (2 %) et les dérochages (moins d'1 %) (Figure 10). Les morsures sont liées à des conflits intra ou interspécifiques (avec des Canidés principalement).

##### III.1.1.2. Lynx boréal

Parmi les 92 lynx boréaux, les mâles (52 [61 %]) étaient plus nombreux que les femelles (34 [26 %]). Le sexe était inconnu pour 6 individus. Les proportions de lynx adultes (37 [40 %]) et de lynx immatures (47 [51 %]) étaient proches. L'âge était inconnu pour 8 (9 %) lynx. En s'appuyant sur les classes d'âge définies par les classes de poids (Tableau 3), les proportions resteraient équivalentes, avec 35 (38 %) lynx immatures (classe de poids [0-12] kg) et 27 (29 %) lynx subadultes ou adultes (classe de poids ]12-25] kg). Le poids n'est pas connu pour 30 (33 %) lynx. Ces lynx sont classés dans la catégorie NA (*Not available*).

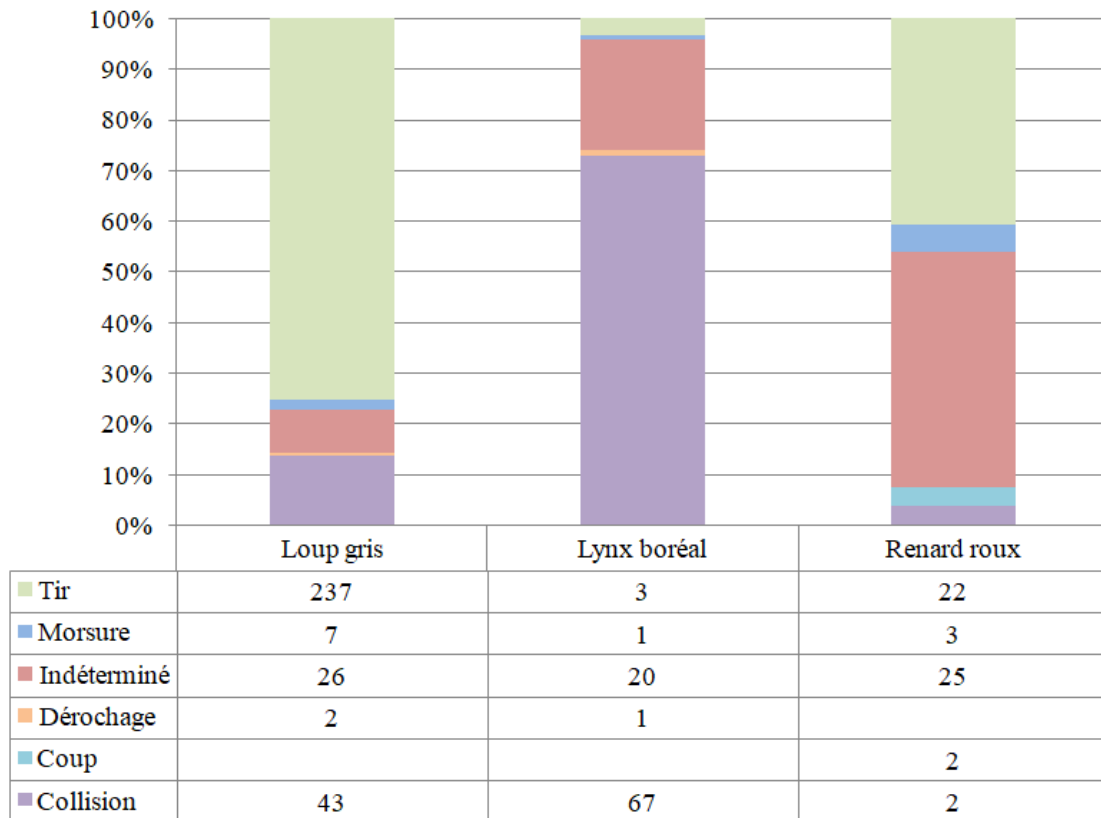
Les causes de traumatismes comprenaient les collisions routières et ferroviaires (73 %), les traumatismes de nature indéterminée (22 %), les tirs légaux et illégaux (3 %), un cas de dérochage et un cas de morsure (suite à un conflit avec un autre lynx mâle) (Figure 10).

##### III.1.1.3. Renard roux

Parmi les 54 renards, la proportion de mâles (33 [61 %]) était supérieure à celle des femelles (14 [26 %]). Le sexe n'était pas décrit pour 7 individus. La majorité des renards étaient adultes : 36 (67 %) adultes et seulement 4 (7 %) immatures. L'âge n'a pas pu être déterminé pour 14 (26 %) renards. Les renards ont été regroupés dans une seule classe de

poids (Tableau 3): 18 (33 %) renards avaient un poids inférieur à 7 kg. Le poids était manquant dans 36 cas, soit 67 % des cas dans la catégorie NA (*Not available*).

Les causes de traumatismes comprenaient les traumatismes de nature indéterminée (46 %), les tirs légaux et illégaux (41 %), les morsures par des chiens (6 %), les coups (moins de 4 %) et les collisions routières et ferroviaires (moins de 4 %) (Figure 10).



**Figure 10 : Distribution des causes de traumatismes selon l'espèce**

#### III.1.1.4. Couples matrice-lésion

Le travail de regroupement des matrices et des lésions permet d'obtenir 18 couples matrice-lésion, dont les effectifs pour les espèces sauvages sont détaillés dans le Tableau 9. Les détails des atteintes ostéo-articulaires et des ruptures ou fissures de tissus mous sont donnés dans l'Annexe 5.

**Tableau 9 : Effectifs des couples matrice-lésion chez les espèces sauvages**  
 Le pourcentage relatif (arrondi à l'unité) est indiqué entre parenthèses.

		<b>Abréviation</b>	<b>Loup gris (n=315)</b>	<b>Lynx boréal (n=92)</b>	<b>Renard roux (n=54)</b>
<b>Atteinte ostéo-articulaire</b>	Tête et cou	Te_fra	67 (21 %)	43 (47 %)	6 (11 %)
	Thorax	Th_fra	81 (26 %)	30 (33 %)	9 (17 %)
	Membre thoracique	Mt_fra	62 (20 %)	20 (22 %)	1 (2 %)
	Abdomen	Ab_fra	17 (5 %)	6 (7 %)	1 (2 %)
	Membre pelvien	Mp_fra	37 (12 %)	39 (42 %)	2 (4 %)
<b>Atteinte vasculaire</b>	Tête et cou	Te_va	38 (12 %)	23 (25 %)	7 (13 %)
	Thorax	Th_va	179 (57 %)	52 (57 %)	22 (41 %)
	Membre thoracique	Mt_va	22 (7 %)	2 (2 %)	0
	Abdomen	Ab_va	96 (30 %)	40 (43 %)	23 (43 %)
	Membre pelvien	Mp_va	17 (5 %)	6 (7 %)	4 (7 %)
<b>Plaie</b>	Tête et cou	Te_pl	58 (18 %)	15 (16 %)	7 (13 %)
	Thorax	Th_pl	139 (44 %)	9 (10 %)	5 (9 %)
	Membre thoracique	Mt_pl	98 (31 %)	4 (4 %)	1 (2 %)
	Abdomen	Ab_pl	74 (23 %)	10 (11 %)	8 (15 %)
	Membre pelvien	Mp_pl	47 (15 %)	9 (10 %)	4 (7 %)
<b>Rupture ou fissure de tissus mous</b>	Tête et cou	Te_rup	11 (3 %)	8 (9 %)	0
	Thorax	Th_rup	125 (40 %)	18 (20 %)	5 (9 %)
	Abdomen	Ab_rup	79 (25 %)	28 (30 %)	7 (13 %)

### III.1.2. Base de données Clovis

#### III.1.2.1. Chat domestique

Sur la base des différents critères d'inclusion et d'exclusion, 104 chats ont été sélectionnés pour l'étude, dont 46 (44 %) étaient des femelles et 58 (56 %) des mâles. Quarante-vingt-quatorze chats (90 %) étaient des chats Européen, 73 (70 %) ont été classés dans la catégorie Adulte (âge supérieur à 1 an) et 26 (25 %) dans la catégorie Jeune (âge inférieur à 1 an). Pour 5 chats, les âges ne sont pas décrits. Les chats ont été regroupés selon deux classes de poids : 51 (49 %) chats avaient un poids inférieur ou égal à 4 kg (classe [0-4] kg) et 53 (51 %) chats avaient un poids strictement supérieur à 4 kg (classe ]4-10] kg). Le poids maximal était de 8,4 kg. Parmi les 104 chats, les causes de traumatismes comprenaient les chutes d'une grande hauteur (60 [58 %]) et les accidents de la route (44 [42 %]).

#### III.1.2.2. Chien domestique

Sur la base des différents critères d'inclusion et d'exclusion, 118 chiens ont été sélectionnés pour l'étude, dont 44 (37 %) étaient des femelles et 74 (63 %) des mâles. Les races étaient très variées et elles ont été regroupées selon la conformation du chien (Tableau 4). Les effectifs pour chaque groupe sont présentés dans le Tableau 10. Quarante-vingt-dix-sept (82 %) chiens ont été classés dans la catégorie Adulte et 21 (18 %) dans la catégorie Jeune.

**Tableau 10 : Effectifs des groupes de conformation des chiens**

<b>Groupe de conformation</b>	<b>Nombre de chiens</b>
Groupe 1 : Chiens trapus	39
Groupe 2 : Chiens harmonieux	67
Groupe 3 : Chiens sveltes	12

Les chiens ont été regroupés dans trois classes de poids détaillées dans le Tableau 11. Le poids maximal était de 56 kg.

**Tableau 11 : Effectifs des classes de poids chez les chiens**

<b>Classe de poids</b>	<b>Nombre de chiens</b>
[0-10] kg	42
]10-20] kg	37
]20-60] kg	39

Parmi les 118 chiens, 76 (64 %) ont eu un accident de la route, 34 (29 %) se sont faits mordre par un ou des congénères et 8 (7 %) ont chuté d'une grande hauteur.

### III.1.2.3. Couples matrice-lésion

Le travail de regroupement des matrices et des lésions permet d'obtenir 20 couples matrice-lésion chez les chiens et 22 chez les chats. Les effectifs de chaque couple sont détaillés dans le Tableau 12. Le détail des atteintes ostéo-articulaires est donné dans l'Annexe 6.

**Tableau 12 : Effectifs des couples matrice-lésion chez les chiens et chats domestiques**

La tabulation « / » indique que le couple matrice-lésion est peu représenté pour l'espèce et a donc été exclu de l'analyse. Le pourcentage relatif (arrondi à l'unité) est indiqué entre parenthèses.

		<b>Abréviation</b>	<b>Chien domestique (n=118)</b>	<b>Chat domestique (n=104)</b>
<b>Atteinte ostéo-articulaire</b>	Tête et cou	Te_fra	15 (13 %)	26 (25 %)
	Thorax	Th_fra	16 (14 %)	11 (11 %)
	Membre thoracique	Mt_fra	13 (11 %)	14 (13 %)
	Abdomen	Ab_fra	6 (5 %)	11 (11 %)
	Membre pelvien	Mp_fra	26 (22 %)	40 (38 %)
<b>Atteinte vasculaire</b>	Tête et cou	Te_va	13 (11 %)	28 (27 %)
	Thorax	Th_va	17 (14 %)	27 (26 %)
	Membre thoracique	Mt_va	/	/
	Abdomen	Ab_va	9 (8 %)	10 (10 %)
	Membre pelvien	Mp_va	/	/
<b>Plaie</b>	Tête et cou	Te_pl	34 (29 %)	24 (23 %)
	Thorax	Th_pl	14 (12 %)	/
	Membre thoracique	Mt_pl	34 (29 %)	5 (5 %)
	Abdomen	Ab_pl	16 (14 %)	/
	Membre pelvien	Mp_pl	37 (31 %)	13 (13 %)
<b>Rupture ou fissure de tissus mous</b>	Tête et cou	Te_rup	/	/
	Thorax	Th_rup	4 (3 %)	9 (9 %)
	Abdomen	Ab_rup	6 (5 %)	7 (7 %)

<b>Atélectasie</b>	Thorax	Th_at	/	10 (10 %)
<b>Epanchement gazeux</b>	Thorax	Th_epG	15 (13 %)	16 (15 %)
	Abdomen	Ab_epG	/	4 (4 %)
<b>Epanchement liquidien</b>	Thorax	Th_epL	13 (11 %)	16 (15 %)
	Abdomen	Ab_epL	7 (6 %)	6 (6 %)
<b>Gonflement</b>	Tête	Te_gf	/	4 (4 %)
	Membre thoracique	Mt_gf	/	5 (5 %)
	Membre pelvien	Mp_gf	4 (3 %)	4 (4 %)
<b>Emphysème</b>	Thorax	Th_em	13 (11 %)	/
	Membre pelvien	Mp_em	/	4 (4 %)

## III.2. Analyse en composantes principales

### III.2.1. Analyse des données issues de Epifaune

#### III.2.1.1. Analyse de toutes les espèces sauvages confondues

##### i) Analyse exploratoire de la structure des couples matrice-lésion

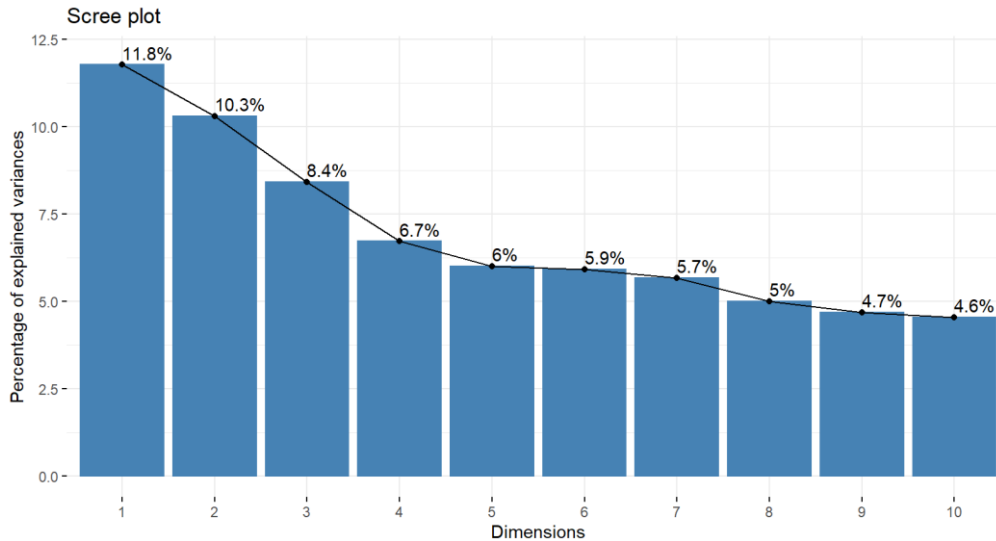


Figure 11 : Graphique des valeurs propres (toutes espèces sauvages confondues)

Le diagramme des valeurs propres montre une cassure après la 3<sup>ème</sup> dimension (Figure 11). L'analyse sera donc limitée aux trois premiers axes, qui structurent 30,5 % des données.

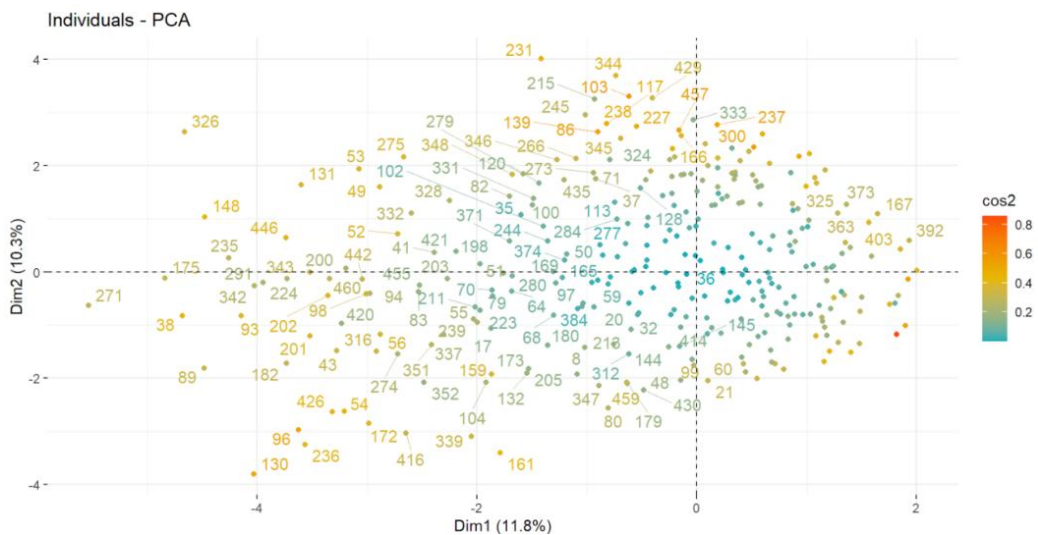
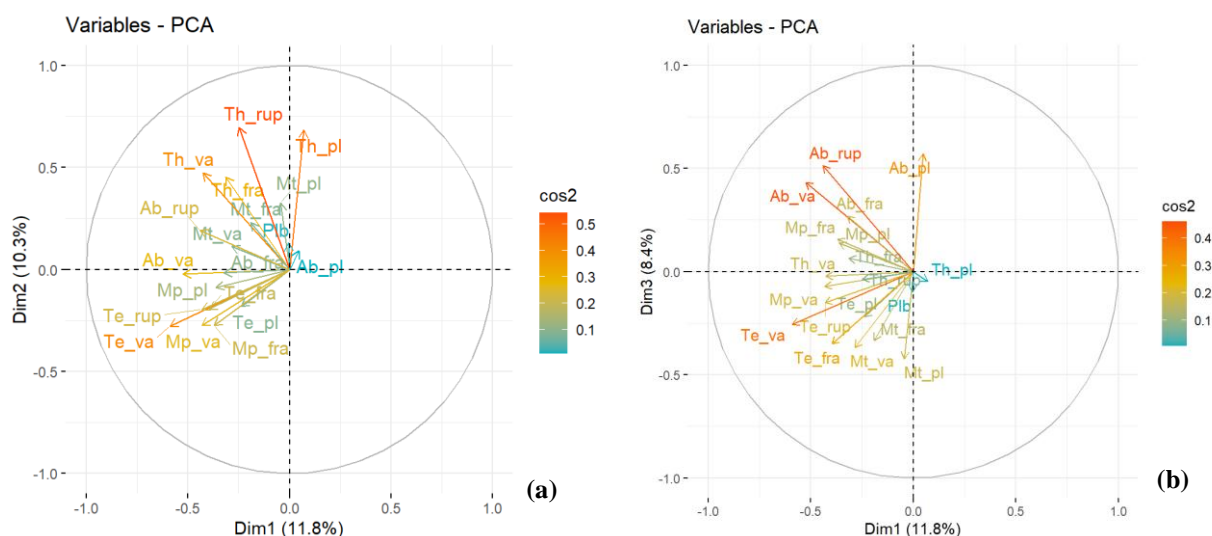


Figure 12 : Nuage de points représentant les loups, lynx et renards (axes 1 et 2)

Les loups, lynx et renards forment un noyau d'individus bien regroupés (Figure 12). Les individus n°326 et 271 légèrement à l'écart du noyau ont comme caractéristique

commune de posséder plus de onze couples matrice-lésion. Le nuage des individus sur l'axe 3 est fortement similaire et n'est donc pas représenté.



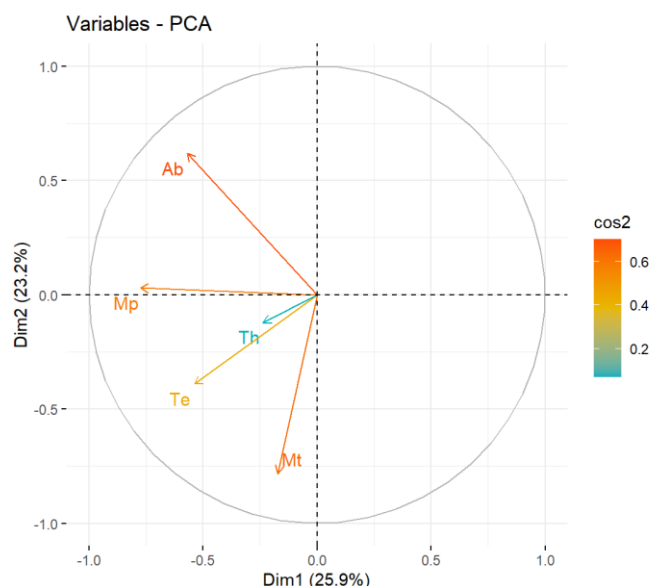
**Figure 13 : Graphiques de corrélation des variables sur les axes 1 et 2 (a), et sur les axes 1 et 3 (b)**

D'après une analyse visuelle de la Figure 13 (a), la variable la mieux représentée (*valeur du  $\cos^2$  élevée*) sur l'axe 1 est le couple Te\_va, soit une atteinte vasculaire au niveau de la tête. Les lésions localisées sur le membre pelvien (Mp\_va et Mp\_fra) sont moins bien représentées mais semblent être associées aux lésions de la tête (Te\_va, Te\_fra et Te\_rup). Sur l'axe 2, les lésions localisées au niveau du thorax sont toutes bien représentées et associées (Th\_rup, Th\_va, Th\_pl, Th\_fra). Les lésions du thorax semblent être corrélées négativement à celles de la tête (présence d'un angle droit entre Th\_rup et Te\_va).

L'analyse visuelle de la Figure 13 (b) montre une bonne représentation et une association entre les lésions de l'abdomen (Ab\_rup, Ab\_va, Ab\_pl) sur l'axe 3. A l'inverse, sur l'axe 1 de la Figure 13 (a), seuls les couples Ab\_va et Ab\_rup semblent associés, mais sont moins bien représentés. Ainsi une rupture ou fissure de tissus mous et une atteinte vasculaire au niveau de l'abdomen seront associées à la présence de plaies abdominales chez certains individus seulement. D'autre part, sur l'axe 3, les lésions de l'abdomen semblent corrélées négativement à celles de la tête (angle droit entre Ab\_rup et Te\_va). Enfin, certaines lésions de la tête et des membres thoraciques semblent être associées (Te\_va, Te\_fra, Mt\_pl, Mt\_va).

Les lésions localisées dans une même région semblent ainsi être associées. Pour simplifier la représentation, un graphique de corrélation des matrices toutes lésions confondues est représenté dans la Figure 14.





**Figure 14 : Graphique de corrélation des matrices uniquement**

La Figure 14 permet de supposer une légère association entre le membre pelvien et la tête, ainsi qu'entre le membre pelvien et l'abdomen, chacune confirmée par un test du khi-deux ( $p\text{-valeur} \leq 0,01$ ). Une absence d'association est confirmée pour la tête et l'abdomen ( $p\text{-valeur} > 0,05$ ), et pour la tête et le thorax ( $p\text{-valeur} > 0,05$ ). L'hypothèse d'une légère association entre la tête et les membres thoraciques est réfutée ( $p\text{-valeur} > 0,05$ ).

Pour préciser les lésions associées au sein d'une même matrice ou entre deux matrices différentes, des tests du khi-deux ont été réalisés deux par deux, entre les couples matrice-lésion pour lesquels des associations semblent être identifiées graphiquement. Les hypothèses d'association testées au sein d'une même matrice sont résumées dans le Tableau 13.

**Tableau 13 : Associations de lésions au sein d'une même matrice**

Hypothèse d'association testée	Couples matrice-lésion testés par paires	P-valeur	Résultat
Lésions de la tête	Te_va, Te_rup, Te_fra	$\leq 0,01$	Associations des catégories Atteinte vasculaire, Atteinte ostéo-articulaire et Rupture ou fissure de tissus mous
Lésions de l'abdomen	Ab_rup, Ab_va, Ab_pl	$\leq 0,01$	Associations des catégories Rupture ou fissure de tissus mous, Atteinte vasculaire et Plaie
Lésions du thorax	Th_rup, Th_va, Th_pl, Th_fra	$\leq 0,01$	Associations de toutes les catégories
Lésions des membres pelviens	Mp_fra et Mp_va	$\leq 0,05$	Associations des catégories Atteinte ostéo-articulaire et Atteinte vasculaire

Cette première ACP met ainsi en évidence une tendance à ce que les lésions d'un même organe soient associées ensemble avec : une association totale des lésions du thorax, une association partielle des lésions de l'abdomen, une association partielle des lésions de la tête et une association partielle des lésions des membres pelviens, moins significative.

D'autre part, les lésions des membres pelviens (Mp\_fra, Mp\_va) et de la tête (Te\_rup, Te\_va) sont associées légèrement deux à deux ( $p$ -valeur  $\leq 0,05$ ), ainsi que les lésions des membres pelviens (Mp\_va et Mp\_fra) et une atteinte vasculaire de l'abdomen ( $p$ -valeur  $\leq 0,05$ ), ce qui confirme la lecture de la Figure 14.

## ii) Ajout des variables supplémentaires

Pour aider à l'interprétation des données, les variables supplémentaires telles que l'espèce, la cause du traumatisme et le poids sont ajoutées.

### L'espèce :

La coloration des individus selon leur espèce (Figure 15) permet de mettre en évidence des ellipses de confiance distinctes pour les trois espèces sauvages, ce qui laisse supposer des différences significatives entre les espèces. L'information étant similaire sur les trois axes principaux, seuls les axes 1 et 2 sont représentés. La Figure 15 représente, de plus, les coordonnées des variables, colorées selon leur  $\cos^2$ . Ce graphique permet d'avoir une vue d'ensemble et de supposer des associations entre une espèce et des variables matrice-lésion. Les renards ne semblent associés à aucune lésion en particulier. Les loups sont plutôt disposés du côté des lésions du thorax, et les lynx semblent plutôt corrélés aux lésions de la tête, des membres pelviens et à une atteinte vasculaire de l'abdomen.

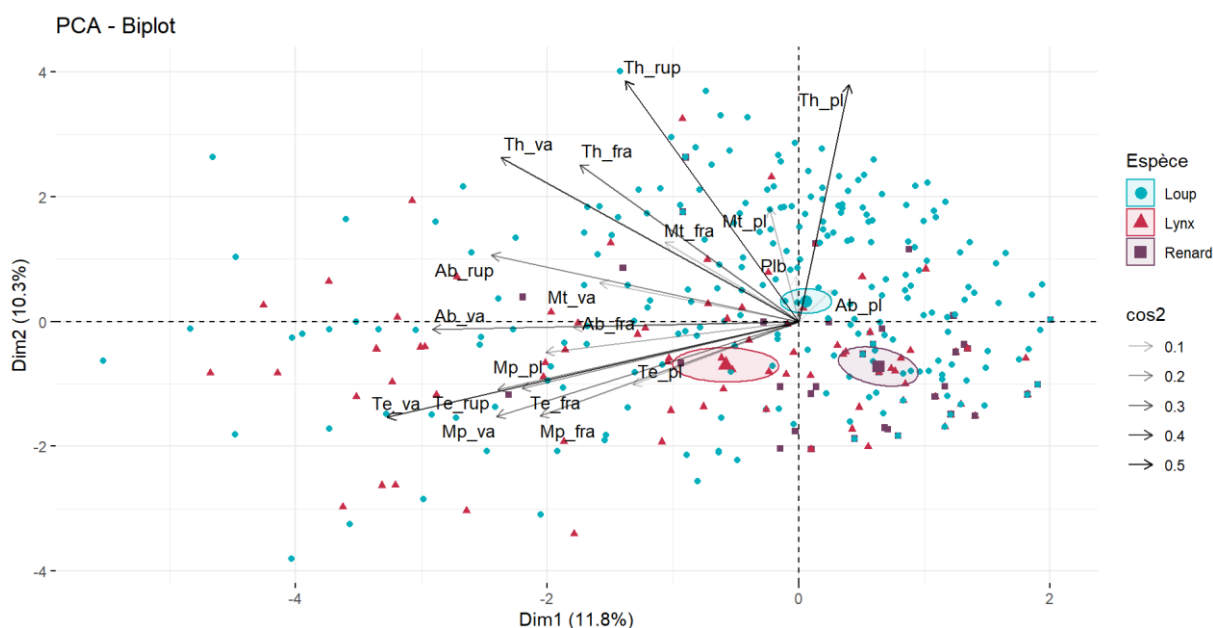
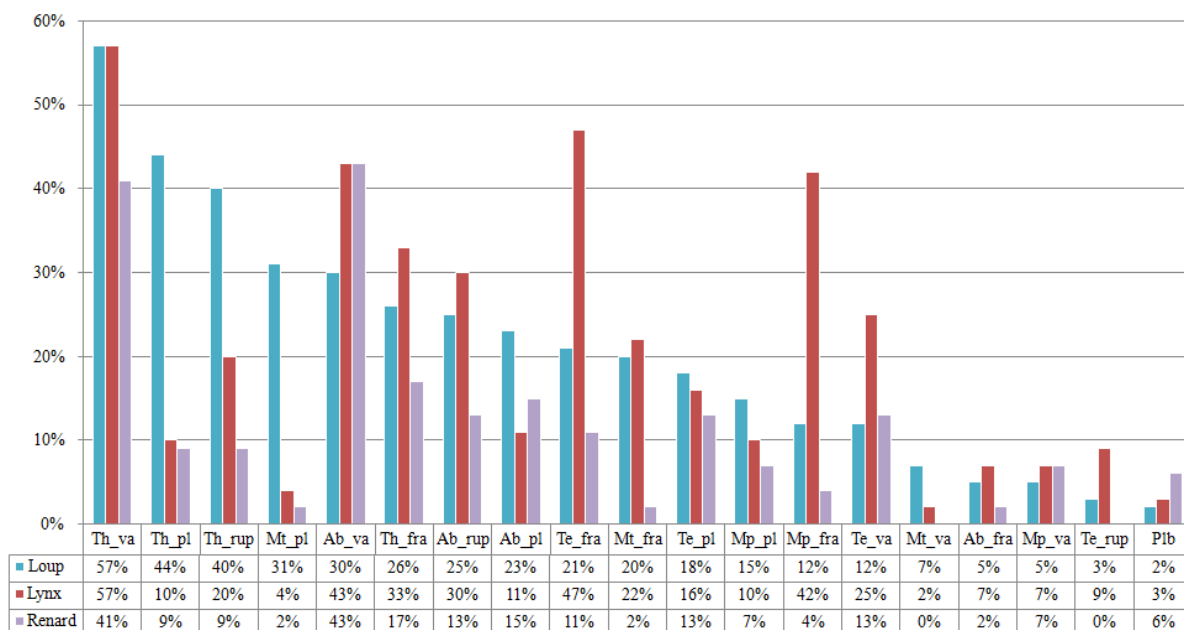


Figure 15 : Graphique des variables (colorées selon le  $\cos^2$ ) et des individus colorés selon l'espèce (axes 1 et 2)



**Figure 16 : Pourcentage de chaque couple matrice-lésion selon l'espèce**

En revenant aux données initiales (Figure 16), les couples matrice-lésion les plus fréquents et les mieux représentés chez les lynx sont : Th\_va, Te\_fra, Ab\_va, Mp\_fra, Th\_fra, Ab\_rup, Te\_va. Cependant, des associations significatives avec l'espèce lynx sont présentes seulement pour les couples Te\_va, Te\_fra et Mp\_fra ( $p$ -valeur  $\leq 0,01$  pour chaque test).

Pour les loups, les couples matrice-lésion les plus fréquents et les mieux représentés sont Th\_va, Th\_pl, Th\_rup, Ab\_va, Th\_fra et Ab\_rup. Des associations fortes ( $p$ -valeur  $\leq 0,01$ ) sont mises en évidence entre l'espèce loup et les couples Th\_pl, Th\_rup et Ab\_va.

Pour les renards, Ab\_va et Th\_va sont les couples les plus fréquents et les mieux représentés. Une légère association entre l'espèce renard et le couple Th\_va a été mise en évidence ( $p$ -valeur  $\leq 0,05$ ).

Lors d'un traumatisme, les lynx semblent donc plus touchés au niveau de la tête ou des membres pelviens et les loups au niveau du thorax ou de l'abdomen.

### **La cause du traumatisme :**

Dans cette analyse, les causes de traumatismes rares ont été exclues. Cela concerne les deux cas de coups et les trois cas de dérochages (Figure 10). Ainsi, 456 individus sont analysés.

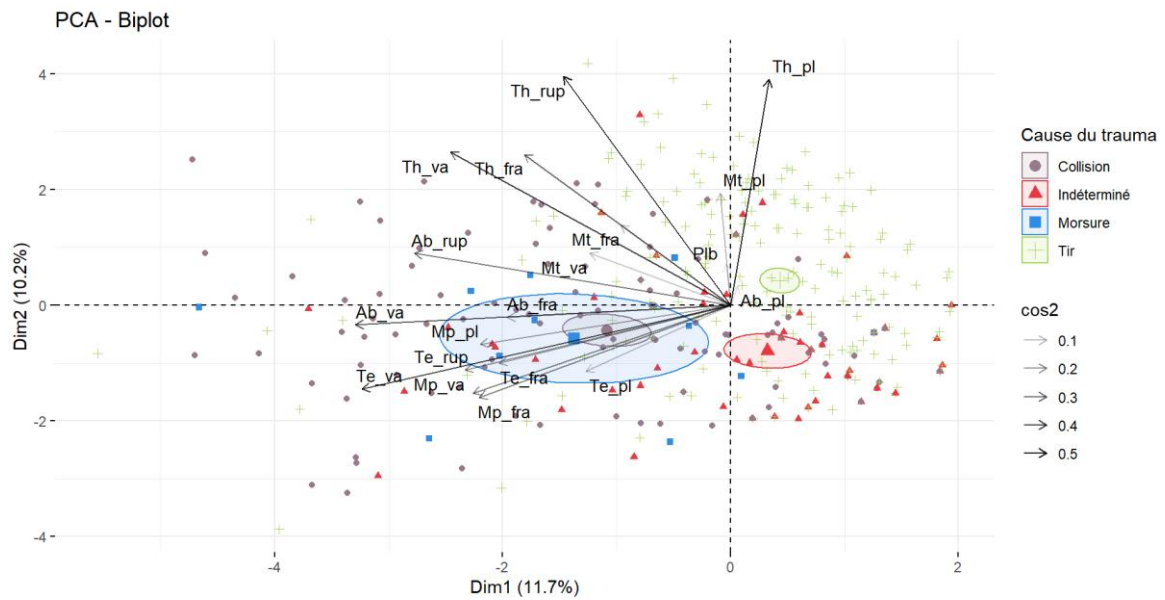


Figure 17 : Graphique des variables (colorées selon le  $\cos^2$ ) et des individus colorés selon la cause du traumatisme (axes 1 et 2)

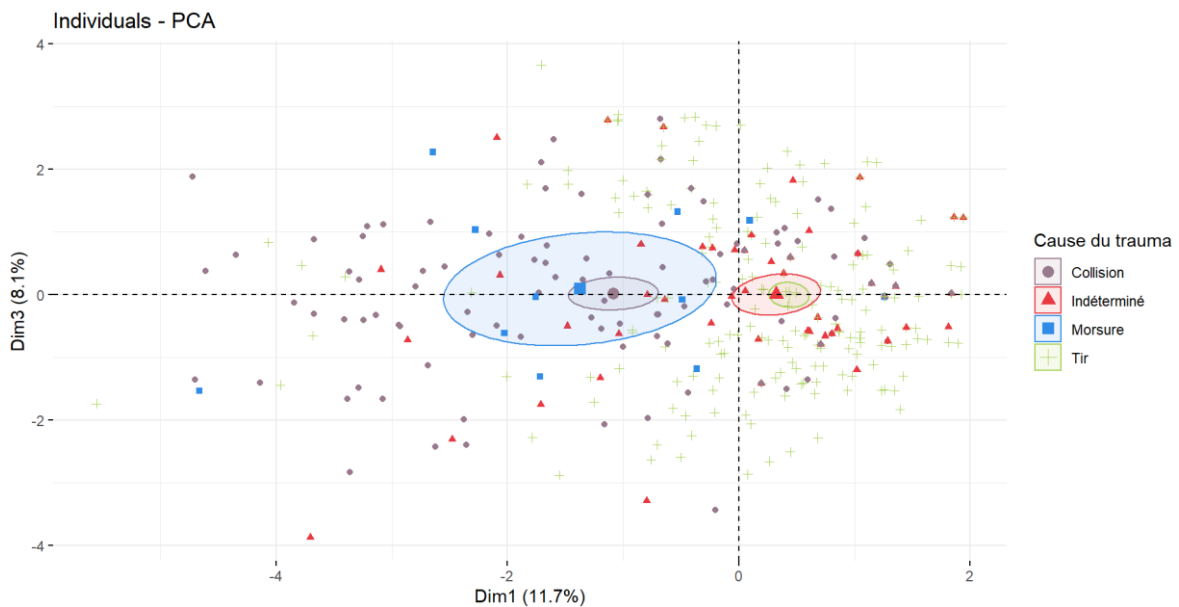


Figure 18 : Coloration des individus selon la cause du traumatisme (axes 1 et 3)

Sur l'axe 1 de la Figure 17 et de la Figure 18, les ellipses de confiance se chevauchent pour les cas de morsures et de collisions. Elles sont distinctes pour les cas de tirs et les cas de traumatismes de nature indéterminée sur l'axe 1 de la Figure 17 et se chevauchent sur l'axe 3 de la Figure 18. Les individus dont la cause de traumatismes est une morsure ou une collision semblent donc présenter des similitudes, mais diffèrent des cas de tirs et de traumatismes de nature indéterminée.

Les tirs semblent plutôt associés à des lésions au niveau du thorax, tandis que les morsures et les collisions semblent plutôt liées aux lésions de la tête, des membres pelviens et de l'abdomen (Figure 17). Les traumatismes de nature indéterminée ne semblent associés à aucune lésion en particulier.

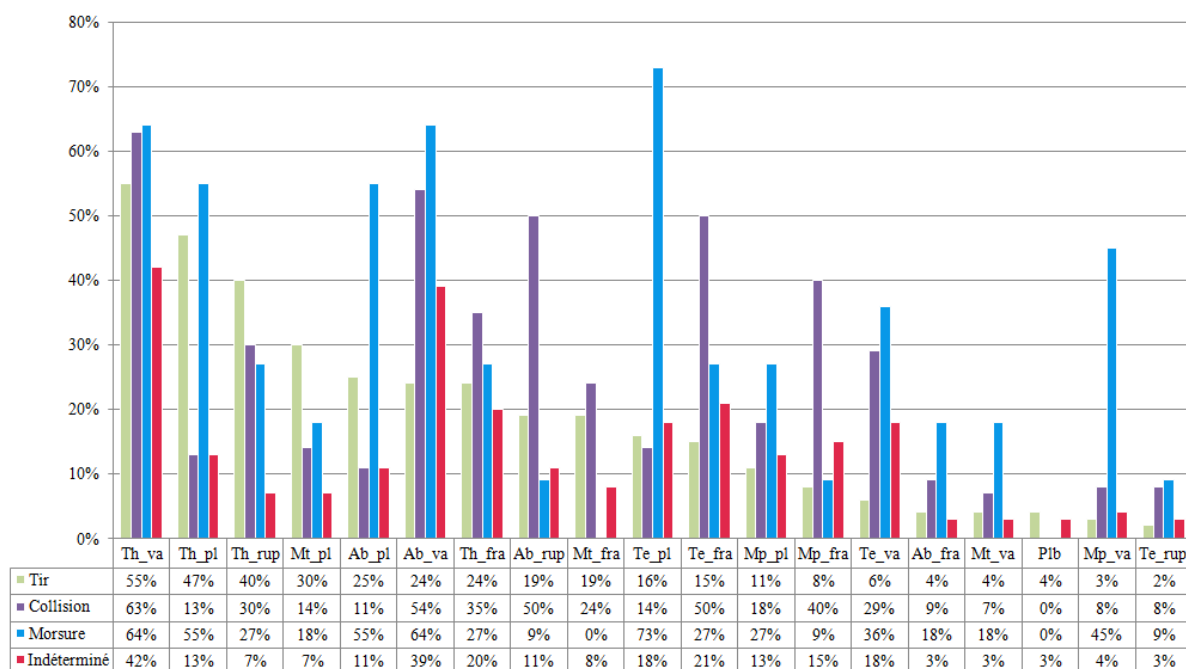


Figure 19: Pourcentage de chaque couple matrice-lésion selon la cause du traumatisme

En revenant aux données initiales (Figure 19), les couples de matrice-lésion les plus fréquents lors de tirs sont : Th\_va, Th\_pl, Th\_rup et Mt\_pl. Les tirs sont associés significativement avec les plaies thoraciques et les ruptures ou fissures de tissus mous localisées au niveau du thorax, ainsi qu'avec les plaies au niveau des membres thoraciques (p-valeur  $\leq 0,01$  pour chaque test).

Les collisions sont associées significativement à de nombreuses lésions au niveau de la tête, des membres pelviens et de l'abdomen. En effet, la p-valeur est inférieure à 0,01 pour Te\_fra, Te\_va, Mp\_fra, Ab\_va et Ab\_rup. Une légère association (p-valeur  $\leq 0,05$ ) est présente avec les atteintes ostéo-articulaires au niveau du thorax.

Pour les cas de morsures, une association est significative avec une atteinte vasculaire au niveau des membres pelviens (p-valeur  $\leq 0,01$ ). Des associations avec la présence de plaies au niveau de la tête (p-valeur  $\leq 0,01$ ) et au niveau de l'abdomen (p-valeur  $\leq 0,05$ ) sont aussi mises en évidence.

Enfin, une légère association est présente entre les traumatismes de nature indéterminée et les atteintes vasculaires thoraciques (p-valeur  $\leq 0,05$ ).

Pour résumer, les tirs sont plutôt à l'origine de lésions au niveau du thorax. Les collisions entraînent des lésions localisées dans différentes régions du corps (tête, abdomen et membre pelvien), avec principalement des atteintes ostéo-articulaires ou vasculaires.

### iii) Analyse avec exclusion des couples matrice-lésion rares

Une deuxième analyse a été réalisée en enlevant les couples matrice-lésion présentant moins de 30 cas sur la Figure 16, soit les couples : Ab\_va, Mt\_va, Mp\_va, Te\_rup et Plb. Cette analyse concerne donc 445 individus, dont 308 loups, 87 lynx et 50 renards.

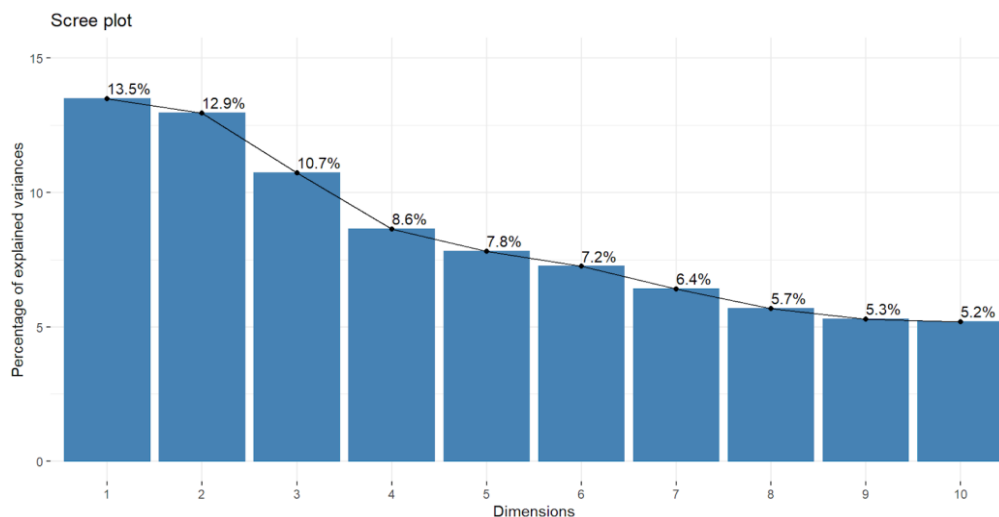


Figure 20 : Graphique des valeurs propres (2<sup>ème</sup> ACP)

Le diagramme des valeurs propres montre une cassure après la 2<sup>ème</sup> dimension (Figure 20), les deux premiers axes représentent 26,4 % de l'inertie totale. En enlevant les variables rares, la structure des données est donc meilleure, en comparaison avec la Figure 11.

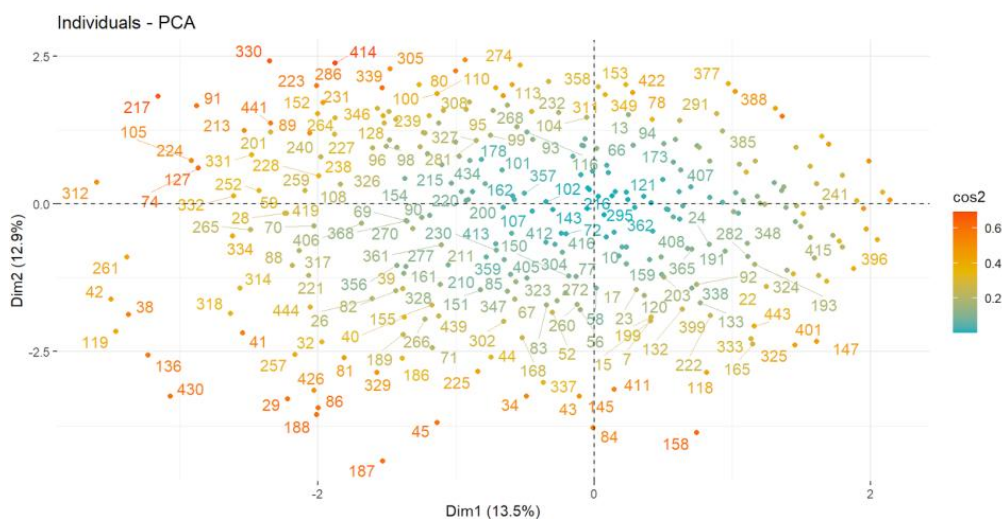
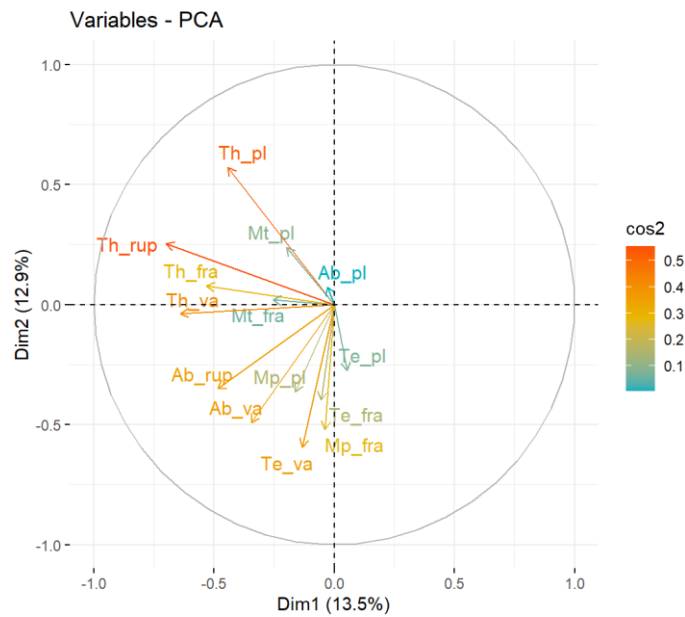


Figure 21 : Nuage de points représentant les loups, lynx et renards (2<sup>ème</sup> ACP)

Le nuage des loups, lynx et renards est toujours très homogène (Figure 21). Les individus n°261, 42, 38, 119, 136 et 430 sont légèrement à part, à gauche de l'axe 1. Ce groupe d'individus présente tous plus de neuf couples matrice-lésion.



**Figure 22 : Graphique de corrélation des variables sur les axes 1 et 2 (2<sup>ème</sup> ACP)**

Sur la Figure 22, les lésions de l'abdomen semblent être associées à une atteinte vasculaire de la tête. Une légère association peut être supposée entre Te\_va et Mp\_fra (qui est ici mieux représentée par rapport à la Figure 13 (a)). Les lésions du thorax sont ici toujours bien représentées et associées.

Des tests du khi-deux par paires confirment une association entre une atteinte vasculaire de la tête et une atteinte vasculaire de l'abdomen ( $p\text{-valeur} \leq 0,01$ ) d'une part, et une atteinte ostéo-articulaire du membre pelvien ( $p\text{-valeur} \leq 0,01$ ) d'autre part. Aucune association entre une atteinte vasculaire de la tête et une rupture ou fissure d'organe abdominal n'a été confirmée ( $p\text{-valeur} > 0,05$ ).

L'exclusion des variables rares a permis de mettre en évidence une nouvelle association entre les régions de la tête et de l'abdomen (qui étaient non associées dans la première analyse) et de confirmer les autres associations observées lors de la première analyse. Le Tableau 14 résume les associations lésionnelles mises en évidence entre deux régions du corps différentes, grâce à la première analyse (Figure 14) et grâce à la deuxième analyse (Figure 22).

**Tableau 14 : Associations mises en évidence entre deux régions du corps différentes**

Les associations entre parenthèses ont une  $p\text{-valeur} \leq 0,05$ . Les autres associations ont une  $p\text{-valeur} \leq 0,01$ .

	<b>Tête</b>	<b>Abdomen</b>	<b>Membre pelvien</b>
<b>Tête</b>	Voir Tableau 13	Te_va et Ab_va	(Mp_fra et Mp_va et Te_rup et Te_va)
<b>Abdomen</b>	Te_va et Ab_va	Voir Tableau 13	(Mp_va et Mp_fra et Ab_va)
<b>Membre pelvien</b>	(Mp_fra et Mp_va et Te_rup et Te_va)	(Mp_va et Mp_fra et Ab_va)	Voir Tableau 13

### III.2.1.2. Analyse par espèce

L'ajout des variables supplémentaires dans la première analyse montre des similitudes dans les associations de lésions pour certaines espèces et causes de traumatismes. Par exemple, les variables loup et tir sont toutes les deux associées significativement à des lésions au niveau du thorax. Des analyses par espèce sont donc réalisées afin de vérifier et de nuancer ces associations.

#### i) Loup gris

Dans cette étude, les causes de mortalité des loups gris sont principalement les tirs, les collisions et les traumatismes de nature indéterminée. Les cas de morsures sont au nombre de sept et seulement deux cas de dérochages sont rapportés (Figure 10). Ces derniers sont donc exclus de l'analyse. Les couples matrice-lésion rares (< 5 %) sont exclus de l'analyse, soit Te\_rup et Plb (Figure 16). Ainsi, 313 loups sont analysés.

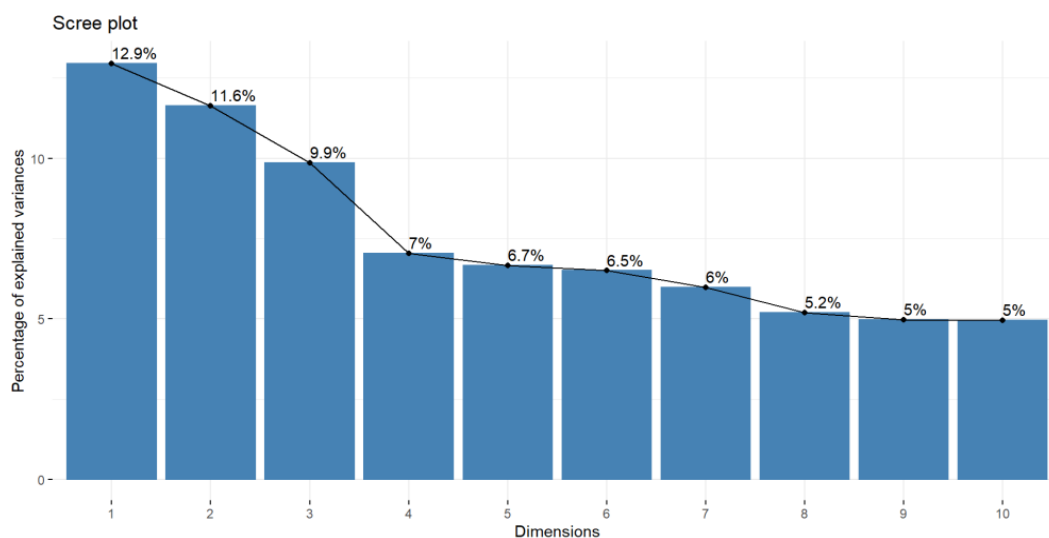


Figure 23 : Graphique des valeurs propres (loups)

Le décrochage est très franc après la 3<sup>ème</sup> dimension (Figure 23) et l'inertie totale représentée par ces trois axes est de 34,4 %.

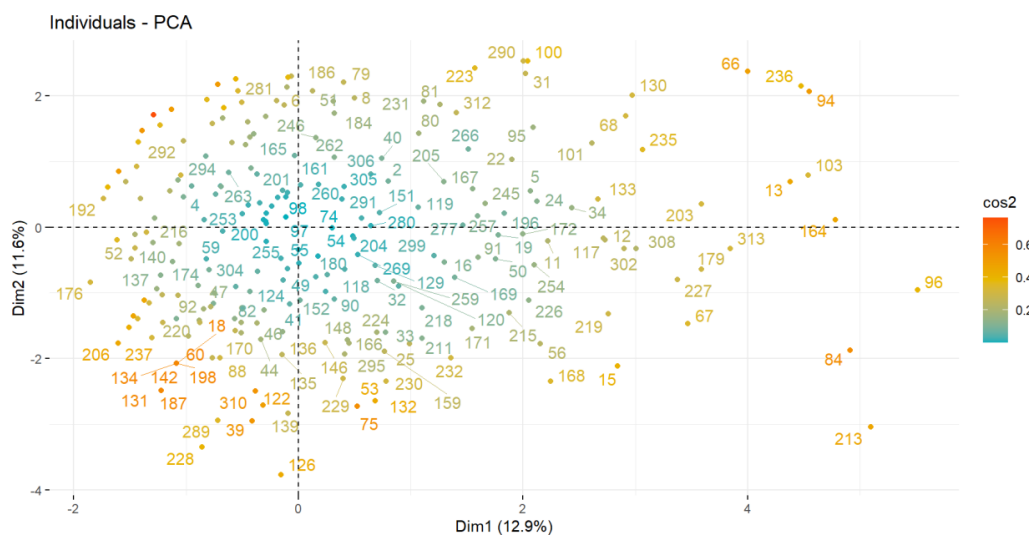
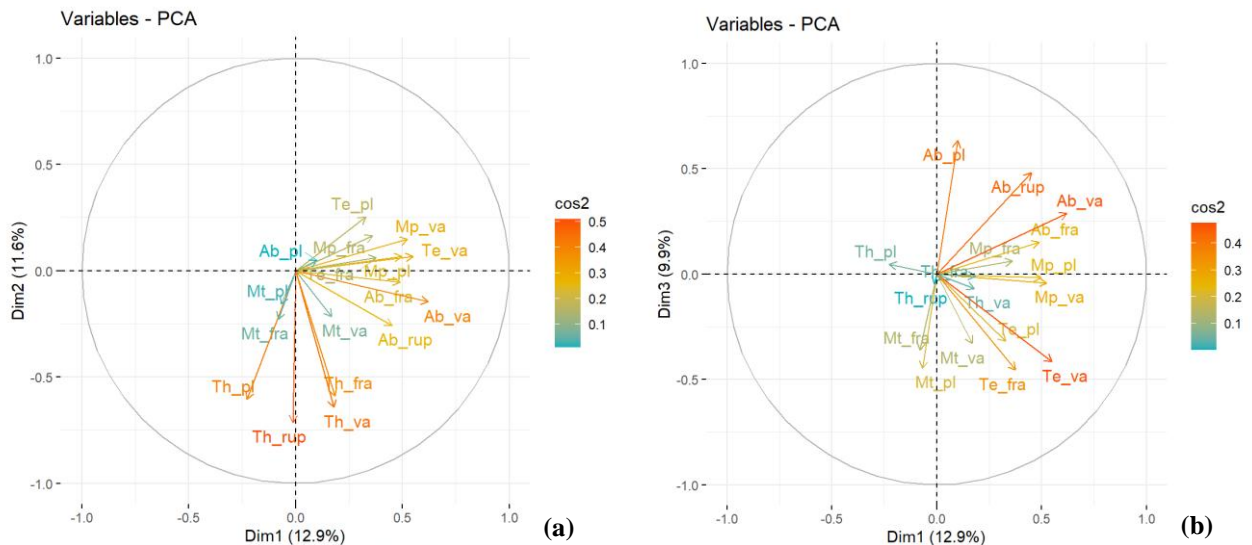


Figure 24 : Nuage de points représentant les loups

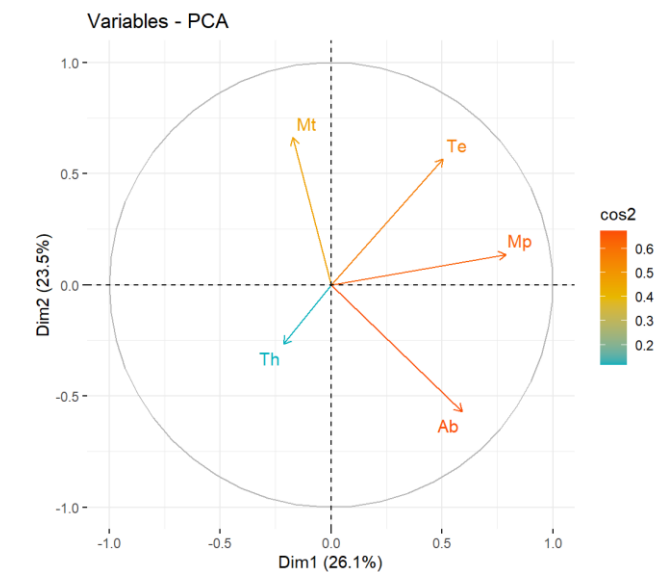


Les points représentant les loups sont bien distribués (Figure 24). Quelques points sont à part (n°213, 84 et 96) et ont en commun un nombre de couples matrice-lésion supérieur à dix, dont quatre couples identiques (Ab\_va, Ab\_fra, Th\_fra et Th\_rup).



**Figure 25 : Graphiques de corrélation des variables sur les axes 1 et 2 (a), et sur les axes 1 et 3 (b)**

Sur la Figure 25, les lésions de l'abdomen semblent être associées à l'axe 1 (a), ainsi qu'à l'axe 3 (b). Cependant, les plaies au niveau de l'abdomen sont bien représentées seulement sur l'axe 3. Des tests du khi-deux confirment une association entre les lésions de l'abdomen, excepté entre Ab\_pl et Ab\_fra et entre Ab\_rup et Ab\_fra (p-valeur > 0,05). Sur l'axe 2 (Figure 25 (a)), les lésions du thorax sont bien représentées et sont toutes associées de manière significative (p-valeur ≤ 0,01). Enfin, une atteinte ostéo-articulaire de la tête est associée significativement à une atteinte vasculaire de la tête sur l'axe 3 (p-valeur ≤ 0,01).



**Figure 26 : Graphique de corrélation des matrices uniquement**

Le graphique représentant seulement les matrices (Figure 26) permet de supposer des associations entre les lésions des membres pelviens et de la tête, et entre les lésions des membres pelviens et de l'abdomen, confirmées par des tests du khi-deux ( $p$ -valeur  $\leq 0,01$  dans les deux cas). Une association est par exemple présente entre une atteinte vasculaire des membres pelviens et une atteinte vasculaire de l'abdomen ( $p$ -valeur  $\leq 0,01$ ) et entre une atteinte vasculaire des membres pelviens et une atteinte vasculaire de la tête ( $p$ -valeur  $\leq 0,01$ ).

### Ajout des variables supplémentaires :

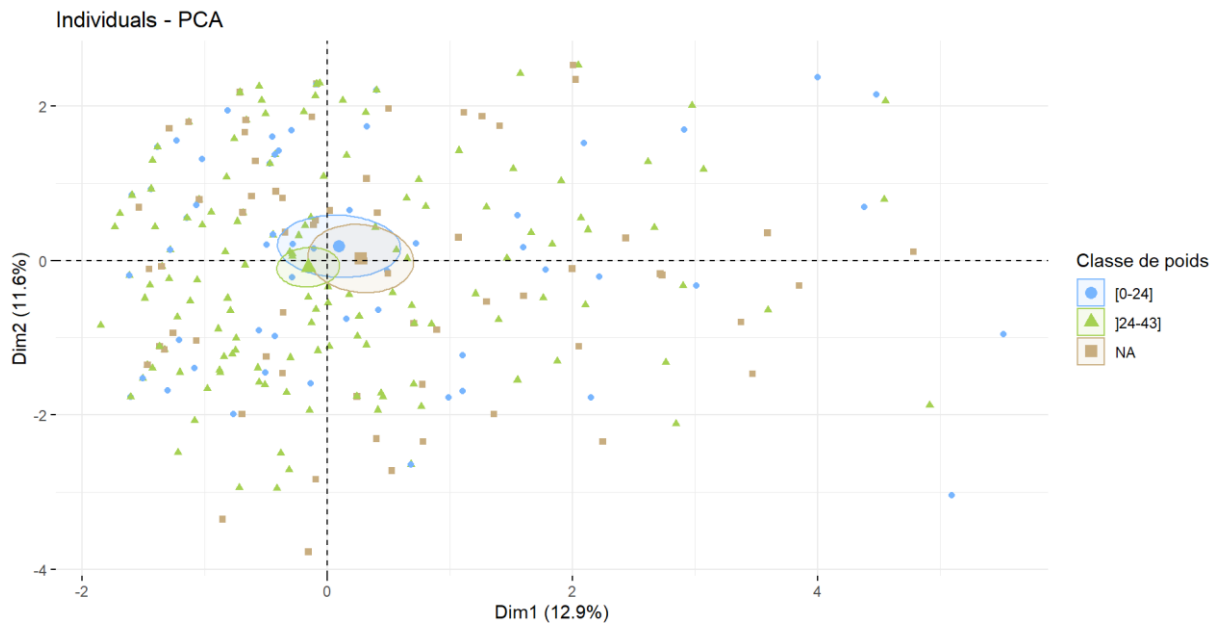
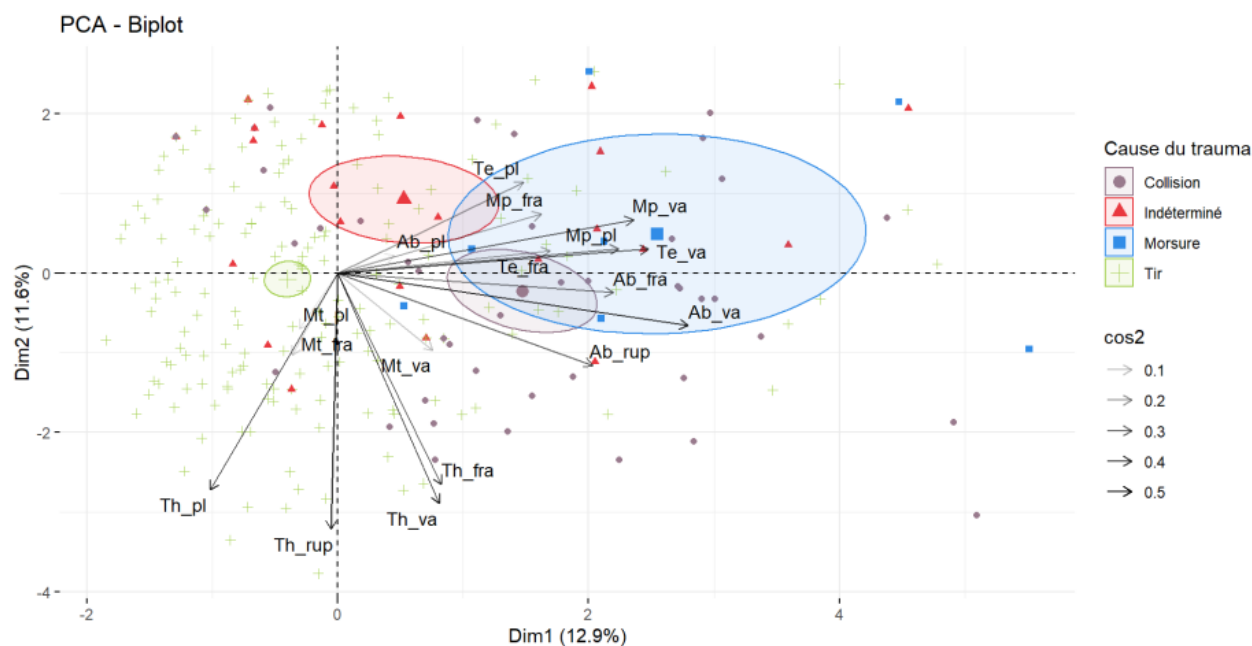


Figure 27 : Coloration des loups selon la classe de poids (axes 1 et 2)

Les ellipses de confiance des classes de poids [0-24] kg et [24-43] kg se chevauchent (Figure 27). Le poids des loups ne semble donc pas déterminer le type de lésion observée.



**Figure 28 : Graphique des variables (colorées selon le  $\cos^2$ ) et des loups colorés selon la cause du traumatisme (axes 1 et 2)**

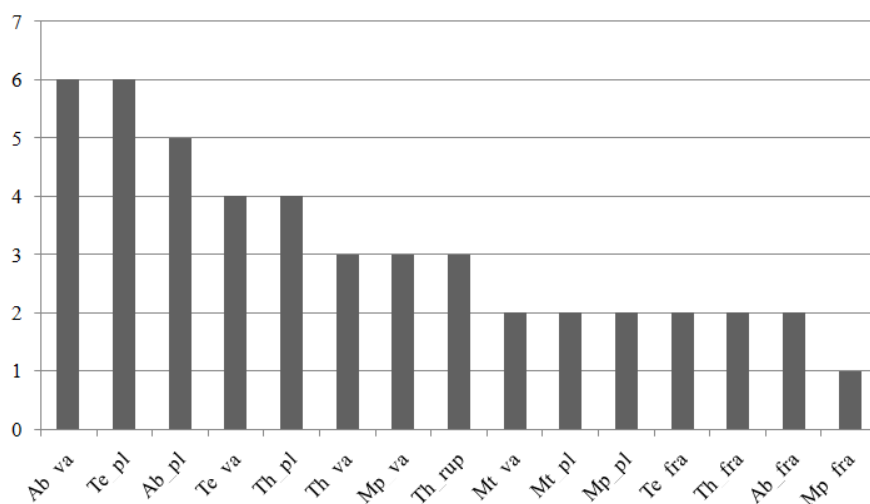
Les ellipses de confiance des causes de traumatismes sont distinctes sur la Figure 28, mise à part celle des morsures. Les loups tués par des tirs semblent se distinguer des autres loups par la présence de lésions thoraciques, ce qui est en adéquation avec l'association lésions thoraciques / tir et l'association lésions thoraciques / loup démontrées auparavant. L'association est significative seulement entre les tirs et les plaies au niveau du thorax ( $p$ -valeur  $\leq 0,01$ ).

Des tests du khi-deux révèlent aussi des associations significatives entre les tirs et les atteintes vasculaires de l'abdomen, ou entre les tirs et les ruptures ou fissures de tissus mous localisés au niveau de l'abdomen ( $p$ -valeur  $\leq 0,01$ ).

D'autre part, les loups victimes de collisions semblent associés principalement aux lésions de l'abdomen, ainsi qu'aux lésions des membres pelviens et de la tête. Des associations significatives sont en effet confirmées entre les collisions et les variables Ab\_va, Ab\_rup, Mp\_fra, Mp\_pl, Te\_fra et Te\_va ( $p$ -valeur  $\leq 0,01$  pour chaque test).

Les cas de traumatismes indéterminés sont plutôt disposés au-dessus de l'axe 1 et semblent associés légèrement à des lésions de la tête. Une atteinte vasculaire de la tête est en effet associée significativement aux traumatismes de nature indéterminée ( $p$ -valeur  $\leq 0,01$ ).

Les loups ayant été mordus sont très dispersés et semblent présenter des lésions localisées dans différentes régions du corps, comme le confirme la Figure 29. Ils sont associés significativement aux lésions de la tête (Te\_va ou Te\_pl) et à une atteinte vasculaire des membres pelviens ( $p$ -valeur  $\leq 0,01$  pour chaque test).

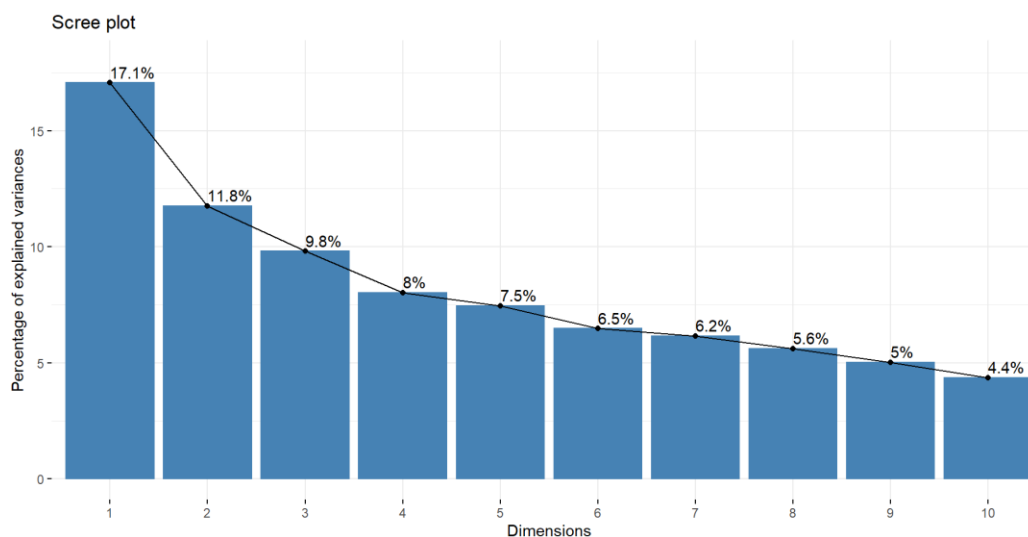


**Figure 29 : Nombre de couples matrice-lésion pour les cas de morsures**

Les cas de morsures étant peu fréquents (sept cas), une autre ACP a été réalisée en les enlevant. Cependant, les résultats sont similaires et ne permettent pas de mettre en évidence d'autres associations (Annexe 7).

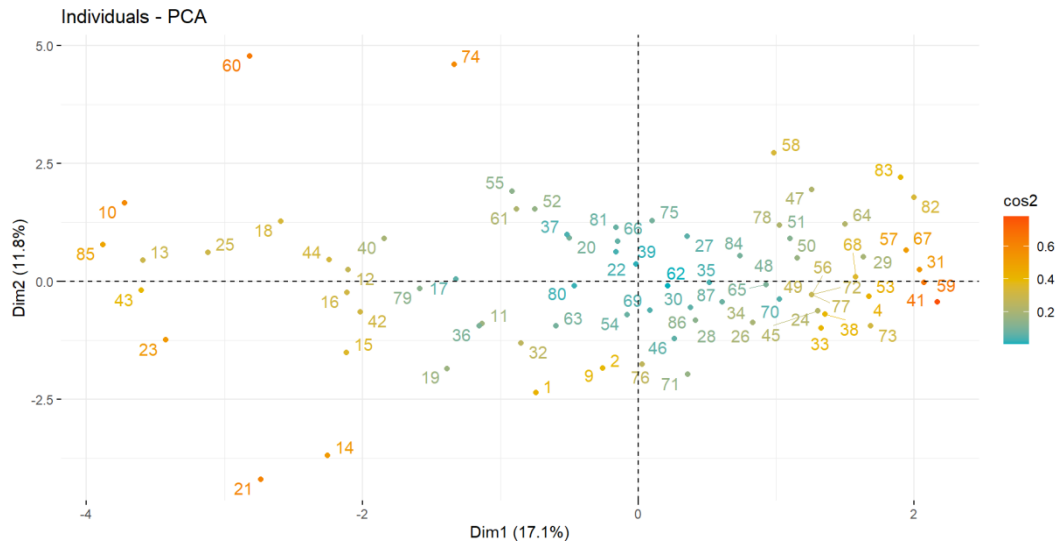
ii) Lynx boréal

Pour cette analyse, les cas de morsures, de tirs et de dérochages ont été exclus car trop rares (Figure 10). Les couples matrice-lésion trop rares (< 5 %) sont exclus de l'analyse, soit Mt\_pl, Mt\_va et Plb (Figure 16). L'analyse concerne donc 87 lynx.



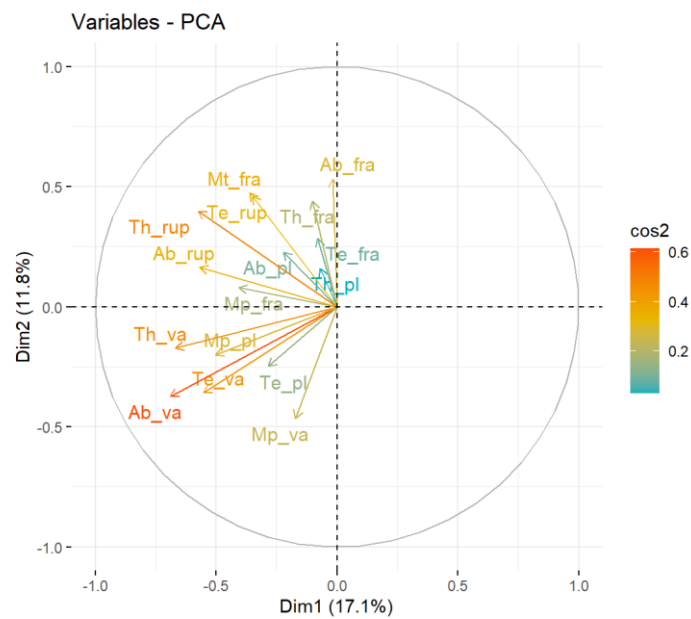
**Figure 30 : Graphique des valeurs propres (lynx)**

La cassure est très franche entre la première et la deuxième dimension (Figure 30). Les deux premiers axes seront analysés.



**Figure 31 : Nuage de points représentant les lynx**

La répartition des lynx est très dispersée et s'étend sur l'axe 1 dans les valeurs négatives, sans former de noyaux très distincts (Figure 31).

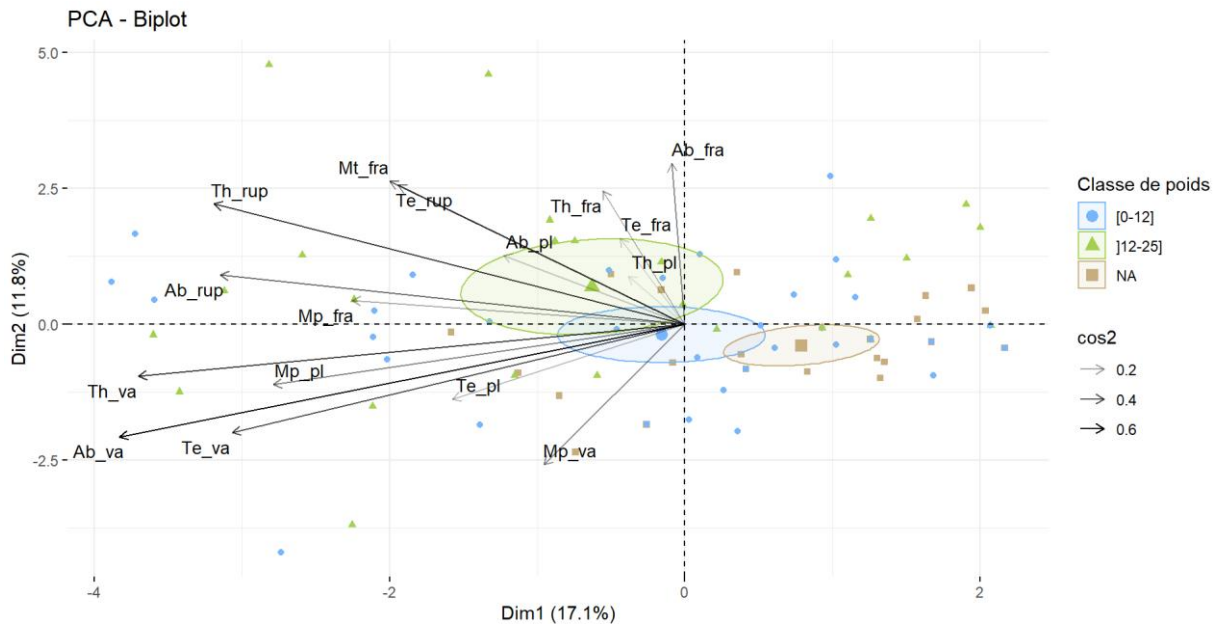


**Figure 32 : Graphique de corrélation des variables sur les axes 1 et 2**

Les variables Ab\_va, Th\_va et Te\_va sont bien représentées sur la Figure 32 et semblent associées. De même pour les variables Th\_rup, Mt\_fra, Ab\_rup, et Te\_rup. Des tests du khi-deux confirment une association entre des atteintes vasculaires de l'abdomen, du thorax et de la tête ( $p$ -valeur  $\leq 0,01$ ). Une rupture ou fissure de tissus mous au niveau thoracique est associée significativement à une rupture ou fissure de tissus mous au niveau abdominal ( $p$ -valeur  $\leq 0,01$ ) et à une rupture ou fissure au niveau de la tête ( $p$ -valeur  $\leq 0,01$ ).

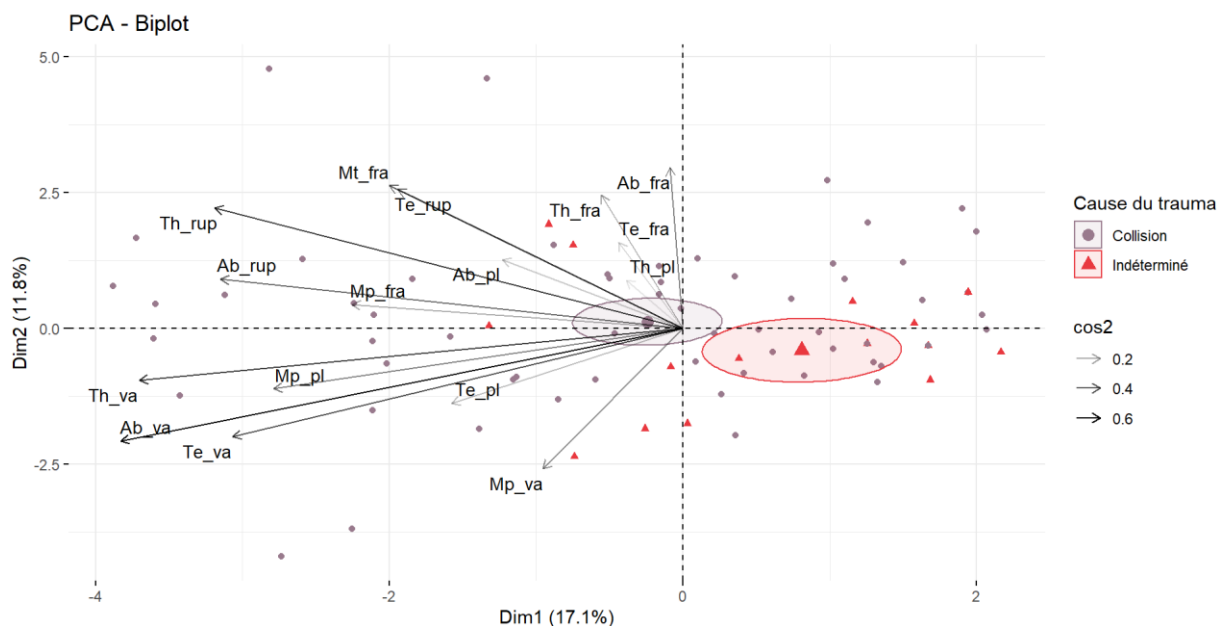
Chez le lynx, les lésions associées sont donc de nature similaire (des atteintes vasculaires ou des ruptures ou fissures de tissus mous) et localisées dans différentes zones du corps, excepté les membres.

### Ajout des variables supplémentaires :



**Figure 33 : Graphique des variables (colorées selon le  $\cos^2$ ) et des lynx colorés selon la classe de poids (axes 1 et 2)**

Les ellipses de confiance des classes de poids [0-12] kg et ]12-25] kg se chevauchent en partie (Figure 33). Il est difficile d'associer une classe de poids à un type de lésion en particulier. Une légère association significative a été mise en évidence entre les lynx pesant entre 12 et 25 kg et les ruptures ou fissures de tissus mous au niveau thoracique ( $p$ -valeur  $\leq 0,05$ ). Le poids des lynx ne semble donc pas jouer un rôle important dans le type de lésion observée.

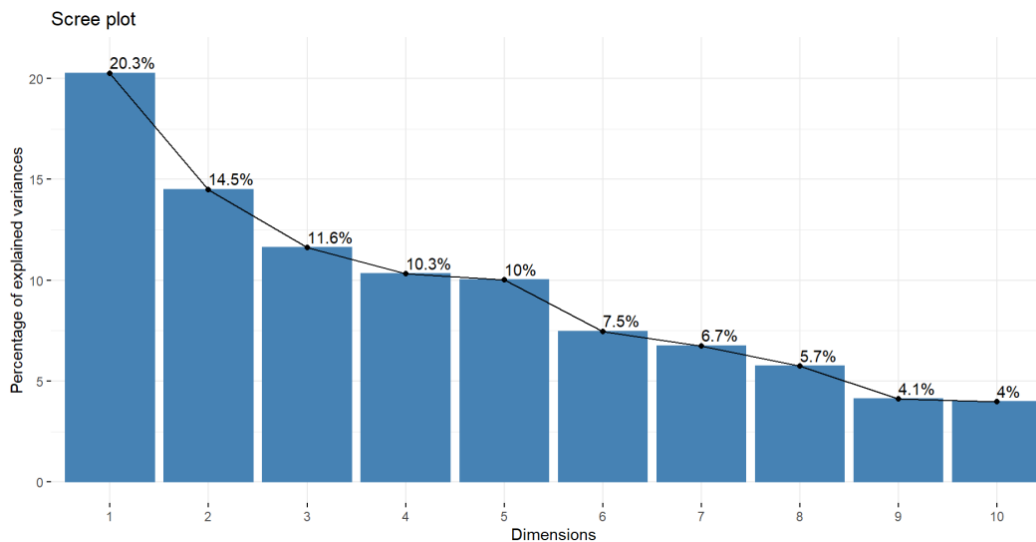


**Figure 34 : Graphique des variables (colorées selon le  $\cos^2$ ) et des lynx colorés selon la cause du traumatisme (axes 1 et 2)**

La Figure 34 montre une distinction entre les cas de collisions et les cas de traumatismes de nature indéterminée (les ellipses ne se chevauchent pas). Cependant, les lynx victimes d'une collision sont très dispersés sur l'axe 1 et l'axe 2, et ne semblent pas associés à un type de lésion en particulier. Une légère association entre les cas de collisions et des ruptures ou fissures de tissus mous au niveau de l'abdomen est confirmée par un test du khi-deux ( $p\text{-valeur} \leq 0,05$ ). Les cas de traumatismes indéterminés sont légèrement associés avec une atteinte ostéo-articulaire de la tête ( $p\text{-valeur} \leq 0,05$ ).

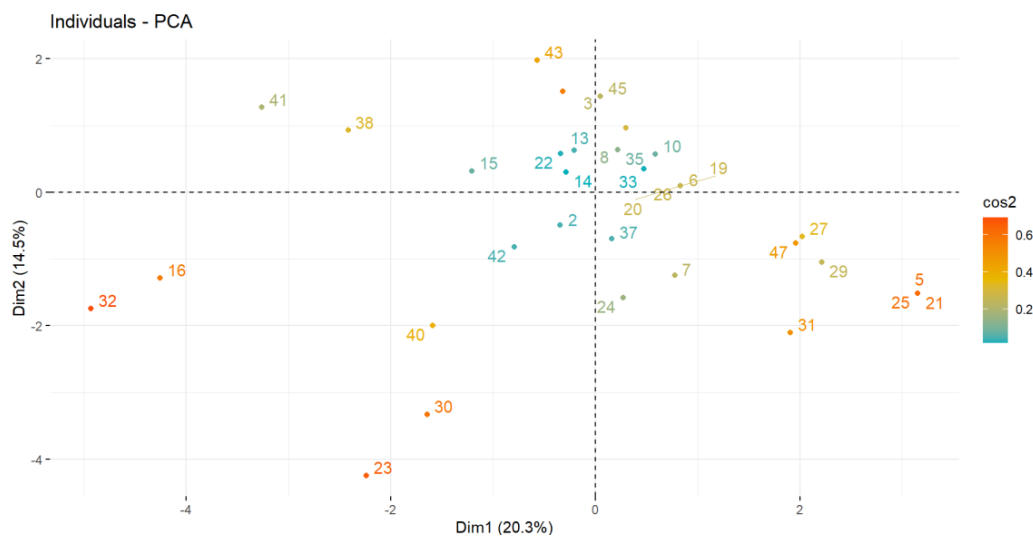
### iii) Renard roux

Pour cette analyse, les cas de morsures, de collisions et de coups ont été exclus, au vu de leur rareté (Figure 10). Les couples matrice-lésion trop rares ( $< 5\%$ ) sont exclus de l'analyse, soit Mt\_pl, Mt\_fra, Mp\_fra, Mt\_va, Ab\_fra et Te\_rup (Figure 16). L'analyse concerne donc 47 renards.



**Figure 35 : Graphique des valeurs propres (renards)**

De même que pour l'analyse des lynx, le décrochage est très franc après la 1<sup>ère</sup> dimension (Figure 35), qui représente à elle seule presque un quart de l'inertie totale.



**Figure 36 : Nuage de points représentant les renards**

La répartition des renards est très dispersée avec un léger noyau central (Figure 36). Des petits groupes d'individus sont observés. Les individus n°5, 21 et 25 présentent tous les trois des plaies au niveau de la tête et au niveau d'un membre pelvien (couples Te\_pl et Mp\_pl). Les individus n° 16 et 32 ont cinq couples matrice-lésion en commun (Th\_va, Th\_fra, Th\_rup, Ab\_va et Ab\_rup).



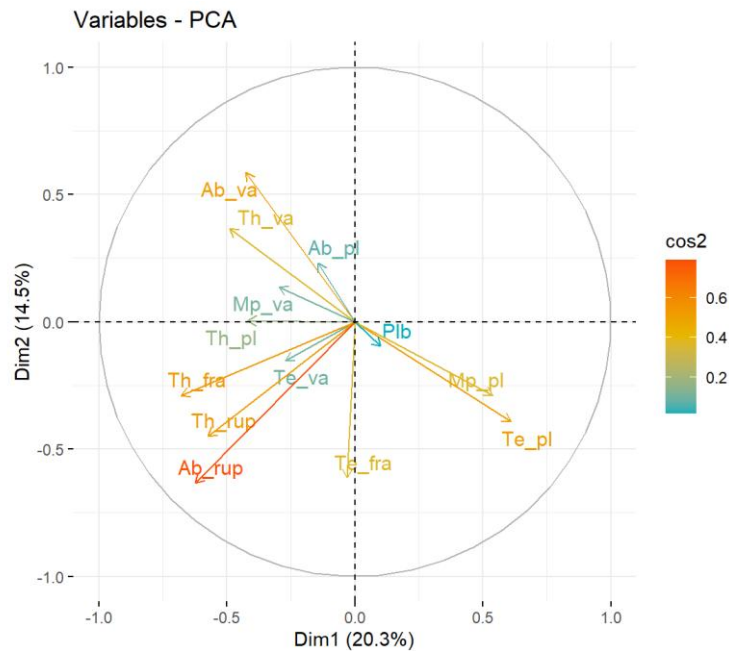


Figure 37 : Graphique de corrélation des variables sur les axes 1 et 2

Les variables Ab\_rup, Th\_rup et Th\_fra sont bien représentées sur la Figure 37 et semblent être associées. Des associations peuvent aussi être supposées entre Ab\_va et Th\_va, et entre Mp\_pl et Te\_pl. Des tests du khi-deux confirment une association entre des ruptures ou fissures de tissus mous abdominaux et thoraciques ( $p\text{-valeur} \leq 0,01$ ) et une association entre une rupture ou fissure de tissus mous au niveau abdominal et une atteinte ostéo-articulaire du thorax ( $p\text{-valeur} \leq 0,01$ ). Une plaie localisée à la tête est associée significativement à une plaie localisée à un membre pelvien ( $p\text{-valeur} \leq 0,01$ ).

Chez le renard, les quelques lésions associées sont de nature similaire (principalement des plaies ou des ruptures ou fissures de tissus mous) et localisées dans plusieurs régions du corps, excepté les membres thoraciques.

#### Ajout de la cause du traumatisme :

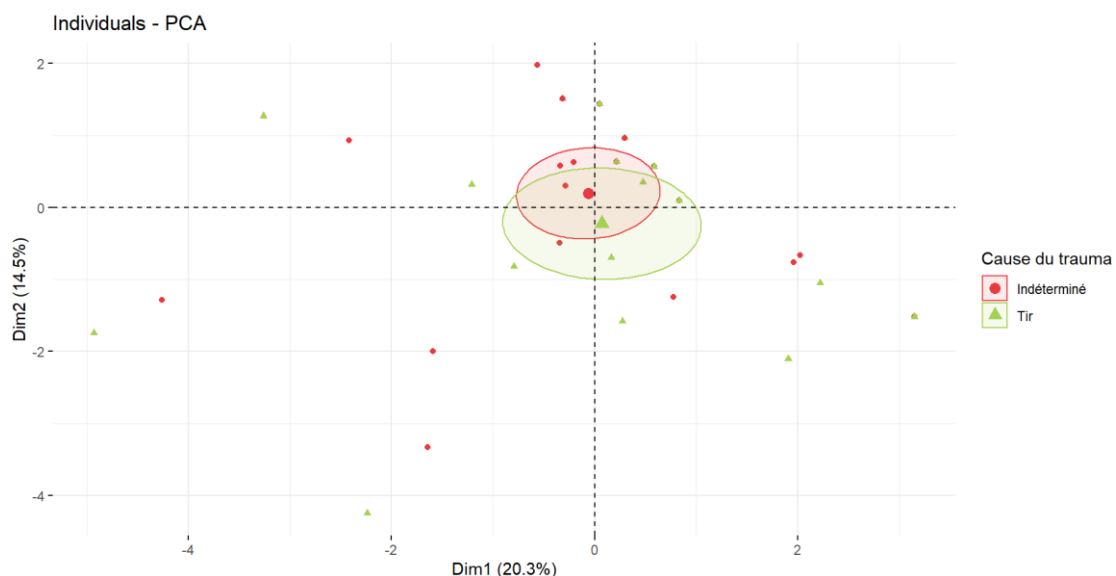


Figure 38 : Coloration des renards selon la cause du traumatisme (axes 1 et 2)

Les ellipses de confiance des causes de traumatismes se chevauchent (Figure 38). Les renards sont, en effet, très mélangés et il est difficile d'associer les causes de traumatismes à un type de lésion en particulier. Les renards ayant subi un tir ou un traumatisme de nature indéterminée présentent en effet des lésions localisées principalement au niveau de l'abdomen, du thorax et de la tête, et les proportions sont assez similaires entre les deux causes de traumatismes (Figure 39). Aucune association significative n'a été démontrée entre ces causes de traumatismes et les couples matrice-lésion.



**Figure 39 : Nombre de couples matrice-lésion pour les cas de tirs et de traumatismes de nature indéterminée chez les renards**

### III.2.2. Analyse des données issues de Clovis

Les couples matrice-lésion représentant moins de 5 % des lésions sont exclus. Pour les données des chats, cela concerne donc les couples Ab\_epG, Te\_gf, Mp\_gf et Mp\_va. Pour les chiens, les couples Mp\_gf et Th\_rup sont exclus de l'analyse.

### III.2.2.1. Chat domestique

#### i) Associations entre les couples matrice-lésion

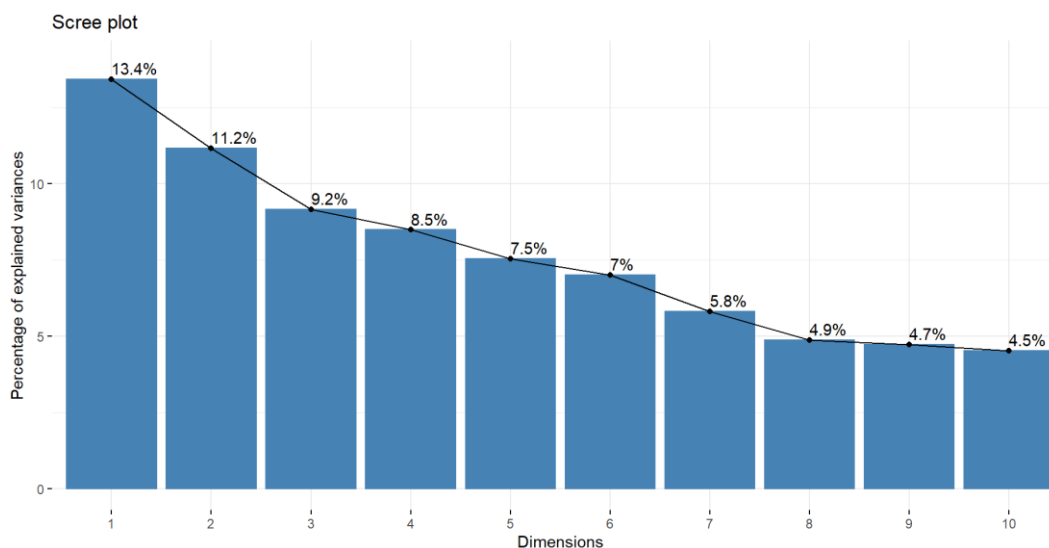


Figure 40 : Graphique des valeurs propres (chats)

Le diagramme des valeurs propres montre une cassure après la 2<sup>ème</sup> dimension (Figure 40). L'analyse sera donc limitée aux deux premiers axes, qui structurent 24,6 % des données.

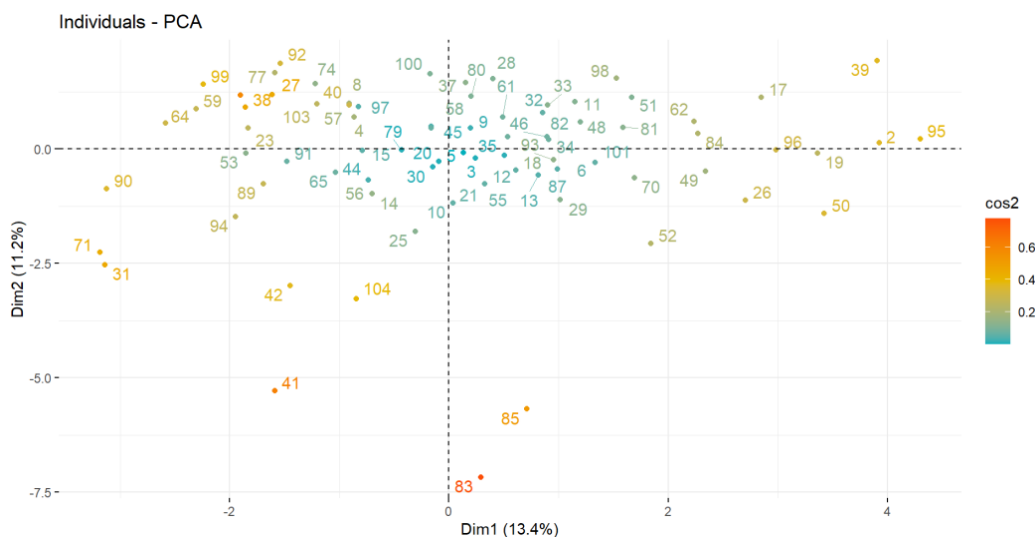
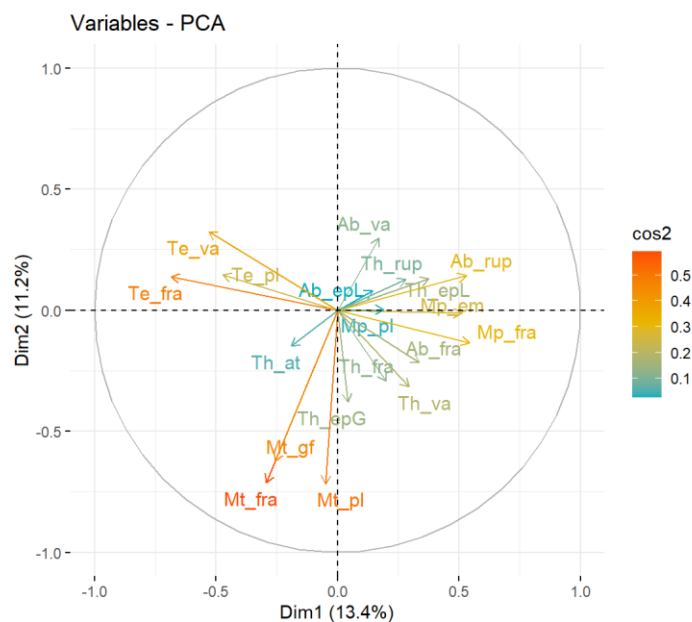


Figure 41 : Nuage de points représentant les chats

Les chats forment un nuage assez dense et très étendu sur l'axe 1 (Figure 41). Les individus à l'écart sont regroupés par similitude. Par exemple, les individus n°83 et 85 présentent cinq couples matrice-lésion en commun (Mt\_fra, Mp\_fra, Th\_epG, Mt\_pl, Th\_va) et leur traumatisme est lié à une chute de grande hauteur. Les individus n°71 et 31 présentent trois couples matrice-lésion en commun (Te\_fra, Mt\_fra, Mt\_gf) et ont aussi chuté.



**Figure 42 : Graphique de corrélation des variables sur les axes 1 et 2**

Sur l'axe 1 de la Figure 42, les variables Te\_fra, Te\_va et Te\_pl semblent associées. Une atteinte ostéo-articulaire de la tête est en effet fortement associée à une atteinte vasculaire de la tête (p-valeur  $\leq 0,01$ ). Une plaie à la tête est aussi associée à ces deux atteintes mais moins fortement (p-valeur  $\leq 0,05$  pour les deux).

Sur l'axe 2, les lésions des membres thoraciques sont bien représentées et sont toutes associées significativement à des degrés différents: p-valeur  $\leq 0,01$  pour Mt\_gf et Mt\_fra, et pour Mt\_fra et Mt\_pl, et p-valeur  $\leq 0,05$  pour Mt\_gf et Mt\_pl.

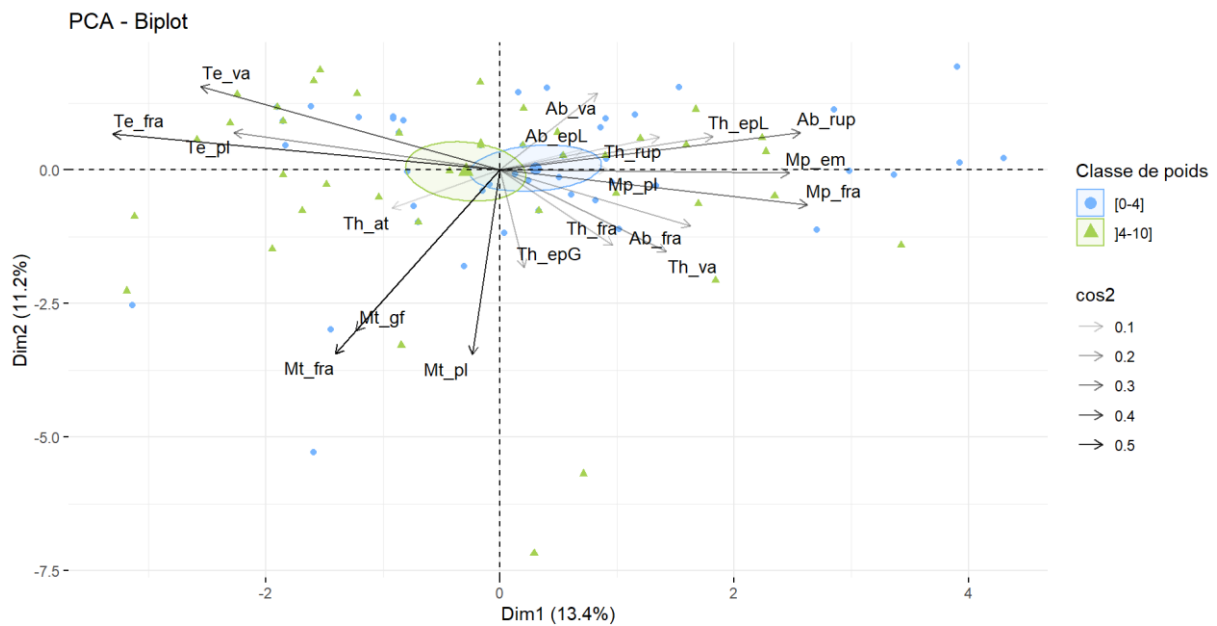
Une fracture du membre pelvien est associée à un emphysème localisé au même endroit (p-valeur  $\leq 0,01$ ). Une association entre un emphysème du membre pelvien et une rupture ou fissure de tissus mous au niveau de l'abdomen a aussi été mise en évidence (p-valeur  $\leq 0,01$ ).

Les chats traumatisés présentent donc, principalement, des associations de lésions au niveau de la tête et au niveau des membres thoraciques. Les fractures et les plaies sont des lésions souvent associées significativement.

## ii) Ajout des variables supplémentaires

Pour aider à l'interprétation des données, les variables supplémentaires telles que la classe de poids et la cause du traumatisme sont ajoutées.

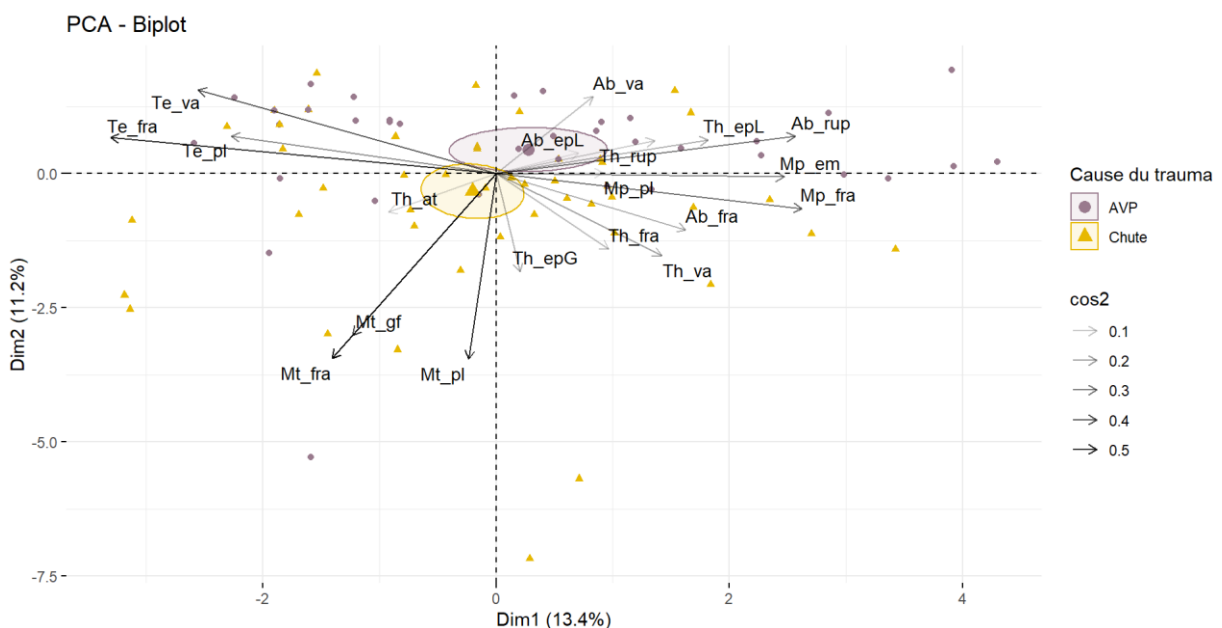
## La classe de poids :



**Figure 43 : Graphique des variables (colorées selon le  $\cos^2$ ) et des chats colorés selon la classe de poids (axes 1 et 2)**

Les ellipses des classes de poids se chevauchent en partie (Figure 43). Le poids des chats ne détermine à priori pas le type de lésion observée. Cependant, d'après la Figure 43, une association entre les chats supérieurs à 4 kg et les lésions de la tête peut être supposée. Finalement, une seule association est confirmée entre les chats supérieurs à 4 kg et les atteintes ostéo-articulaires de la tête grâce à un test du khi-deux ( $p$ -valeur  $\leq 0,05$ ).

## La cause du traumatisme :



**Figure 44 : Graphique des variables (colorées selon le  $\cos^2$ ) et des chats colorés selon la cause du traumatisme (axes 1 et 2)**

Les ellipses de confiance se chevauchent très légèrement, une distinction entre les deux causes de traumatismes peut donc être supposée (Figure 44). Les chats ayant chuté semblent en partie concentrés sous l'axe 1 et associés à des lésions des membres thoraciques, tandis que les chats victimes d'un AVP semblent répartis au-dessus de l'axe 1 et plutôt associés à des lésions de l'abdomen ou de la tête.

Des tests du khi-deux confirment seulement une association entre les AVP et les ruptures ou fissures de tissus mous au niveau abdominal ( $p$ -valeur  $\leq 0,05$ ). Les chutes sont associées significativement à des épanchements gazeux du thorax ( $p$ -valeur  $\leq 0,01$ ).

### III.2.2.2. Chien domestique

Au vu de l'effectif faible des cas de chutes, ces derniers ne sont pas pris en compte dans l'analyse factorielle. L'analyse concerne donc 110 chiens.

#### i) Associations entre les couples matrice-lésion

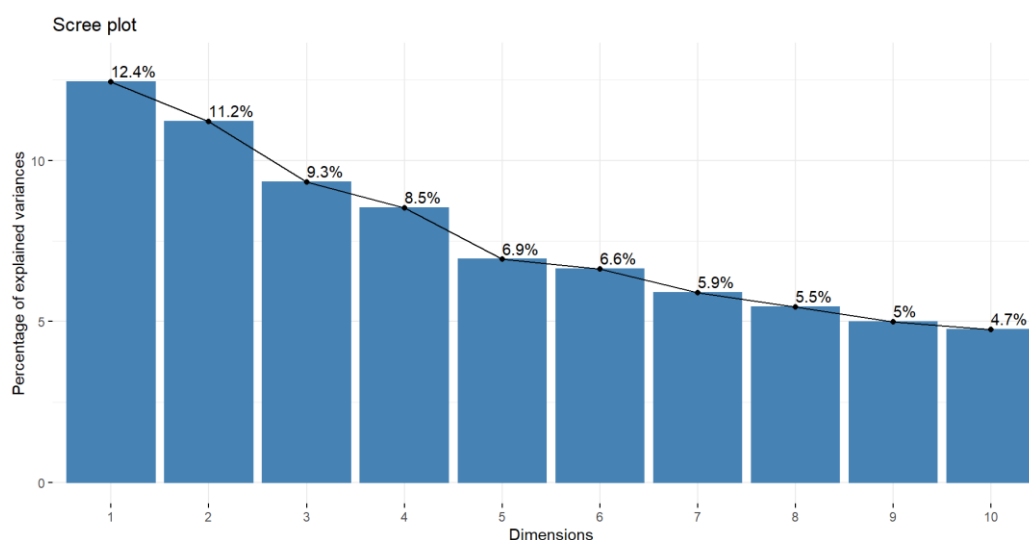
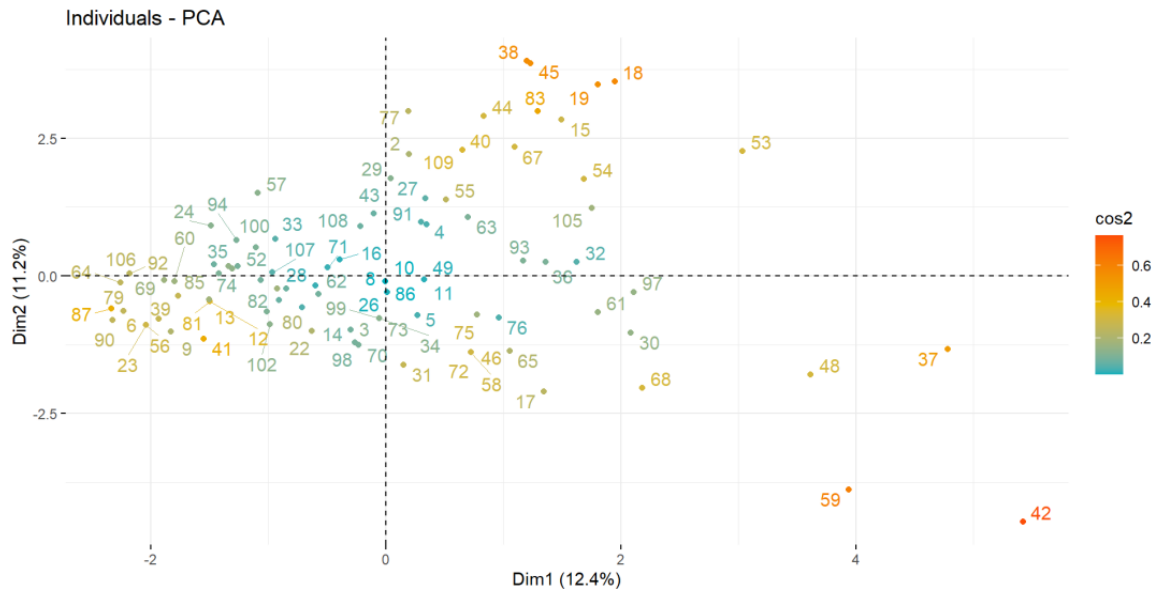


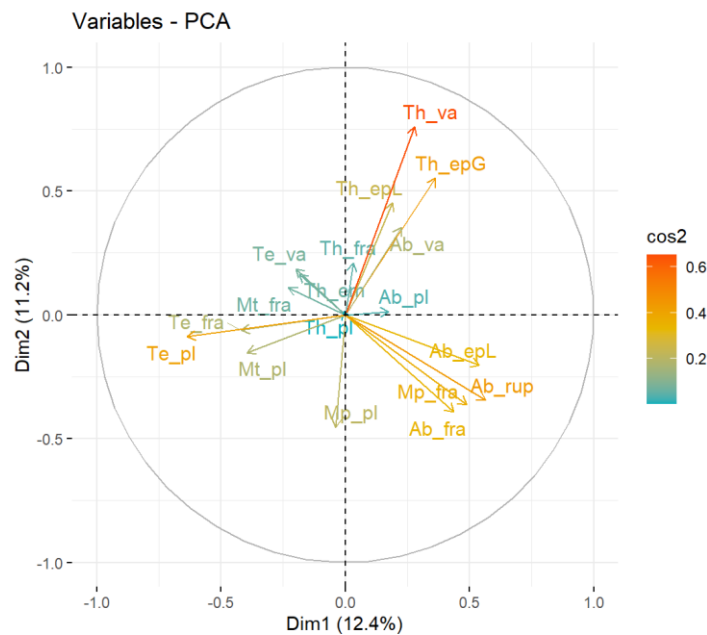
Figure 45 : Graphique des valeurs propres (chiens)

Le diagramme des valeurs propres montre une légère cassure après la 2<sup>ème</sup> dimension (Figure 45). L'analyse sera donc limitée aux deux premiers axes, qui structurent 24,6 % des données.



**Figure 46 : Nuage de points représentant les chiens**

Le nuage de points représentant tous les chiens est assez regroupé (Figure 46). Quelques points sont à part et distincts les uns des autres (n°42, 59, 37, 48 et 53).



**Figure 47 : Graphique de corrélation des variables sur les axes 1 et 2**

Sur l'axe 1 de la Figure 47, les variables Ab\_rup, Ab\_epL, Ab\_fra et Mp\_fra sont bien représentées et semblent associées. Mais des tests du khi-deux confirment seulement deux associations : une rupture ou fissure de tissus mous au niveau de l'abdomen et un épanchement liquidien abdominal sont associés significativement ( $p\text{-valeur} \leq 0,01$ ), ainsi qu'une rupture ou fissure de tissus mous au niveau de l'abdomen et une atteinte ostéo-articulaire au niveau de l'abdomen ( $p\text{-valeur} \leq 0,05$ ). Sur l'axe 2, une atteinte vasculaire

thoracique et un épanchement gazeux localisé au niveau du thorax sont bien représentées et sont aussi associés significativement ( $p\text{-valeur} \leq 0,01$ ).

Les chiens traumatisés présentent donc des associations de lésions au niveau du thorax et au niveau de l'abdomen.

ii) Ajout des variables supplémentaires

**La classe de poids et le groupe de conformation :**

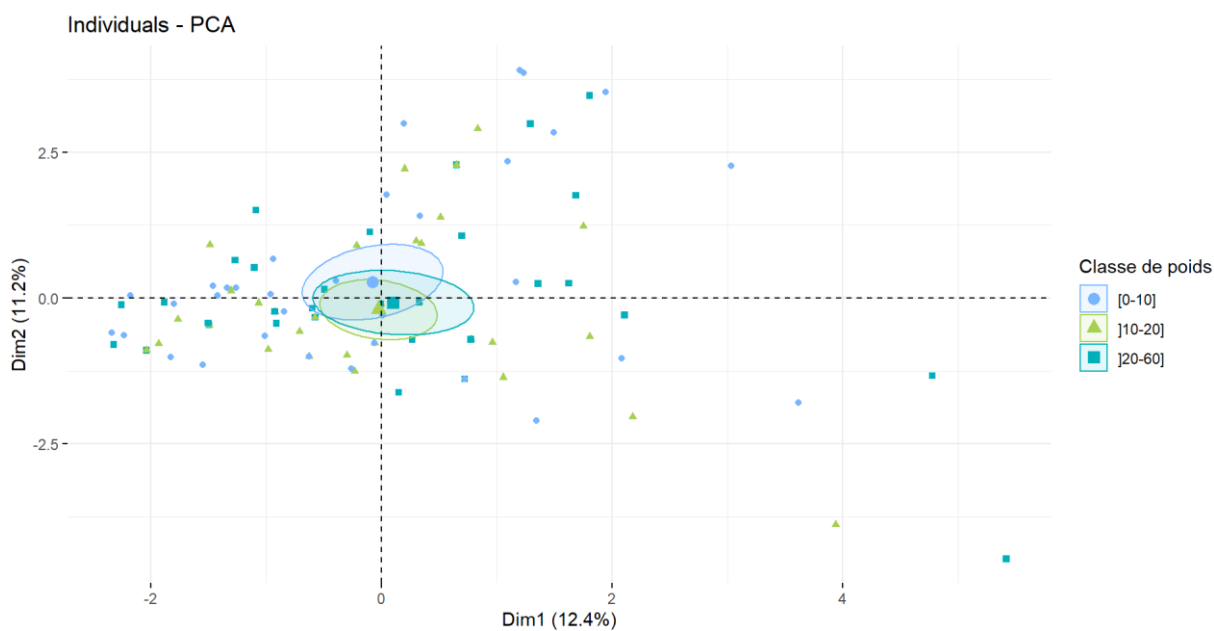


Figure 48 : Coloration des chiens selon la classe de poids

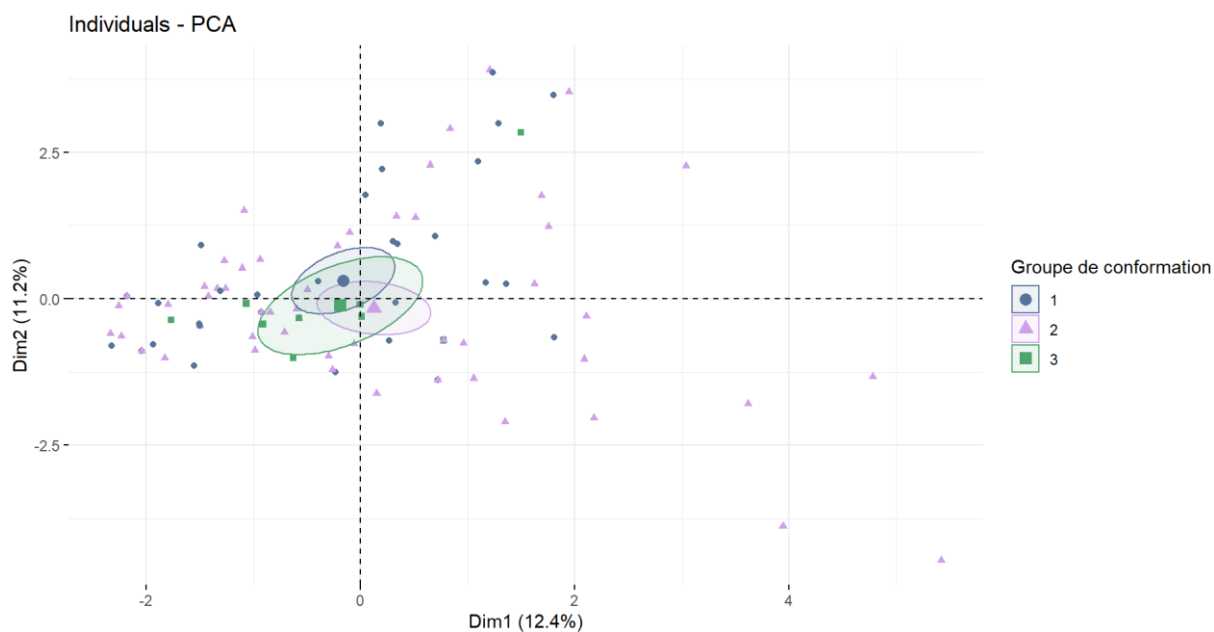
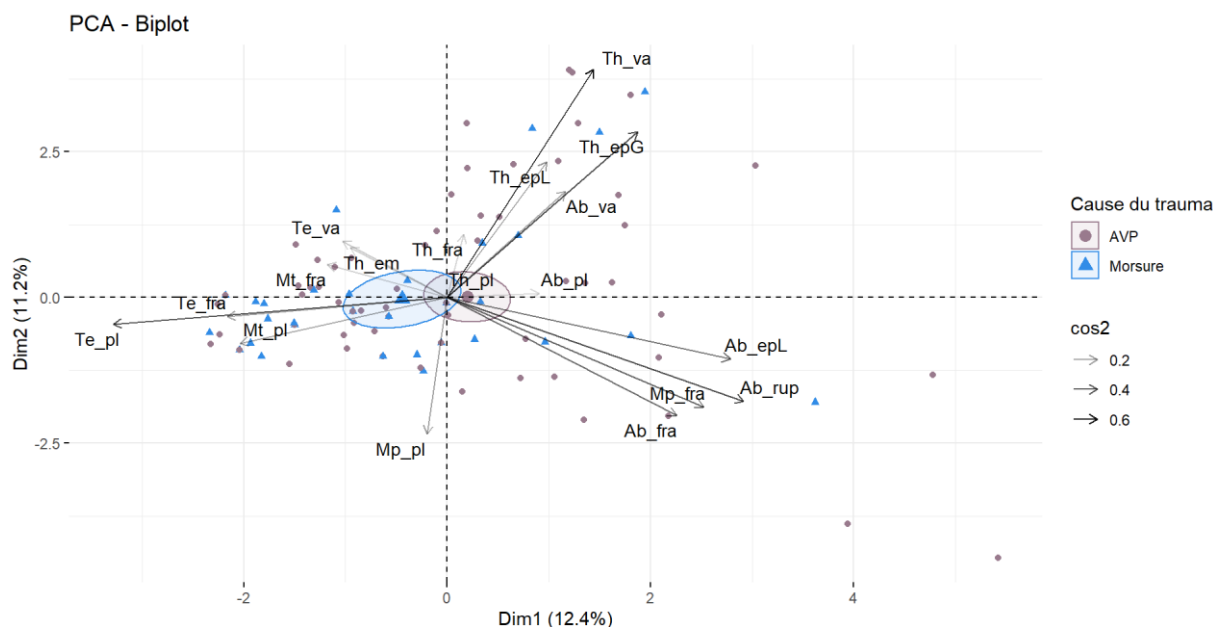


Figure 49 : Coloration des chiens selon le groupe de conformation



Toutes les ellipses de confiance se recoupent sur la Figure 48 et la Figure 49. Les chiens de poids et de conformation différents sont, en effet, très mélangés. Les classes de poids et les groupes de conformation ne semblent donc pas déterminer le type de lésion observée chez les chiens traumatisés dans cette étude.

### La cause du traumatisme :



**Figure 50 : Graphique des variables (colorées selon le  $\cos^2$ ) et des chiens colorés selon la cause du traumatisme (axes 1 et 2)**

Les ellipses de confiance des cas d'AVP et de morsures se chevauchent et sont proches de l'origine (Figure 50). Les cas de morsures semblent plus concentrés à gauche de l'origine, tandis que les cas de collisions ont une dispersion plus homogène.

Des tests du khi-deux sont réalisés entre les causes de traumatismes et les couples matrice-lésion semblant être associés (Figure 50). Par exemple, les morsures semblent liées aux plaies et aux atteintes ostéo-articulaires de la tête, tandis que les AVP semblent associés aux lésions du thorax ou de l'abdomen. Finalement, une seule association significative est mise en évidence entre les collisions routières et une atteinte ostéo-articulaire du membre pelvien ( $p\text{-valeur} \leq 0,01$ ). Les morsures sont associées significativement à un emphysème et à une plaie, tous les deux localisés au niveau du thorax ( $p\text{-valeur} \leq 0,01$  pour chaque test).

### III.2.3. Synthèse des analyses

#### III.2.3.1. Synthèse de l'analyse exploratoire de la structure des couples matrice lésion

Un animal ayant subi un traumatisme présente plusieurs lésions (en moyenne quatre pour les loups et les lynx, trois pour les chats et les chiens, et deux pour les renards), qui peuvent être associées dans une même région du corps ou dans des régions différentes.

##### i) Association des lésions localisées dans une même région du corps

Les associations de lésions localisées au sein d'une même région, toutes espèces sauvages confondues, sont résumées dans le Tableau 13. Les régions les plus souvent polytraumatisées sont le thorax, la tête et l'abdomen chez les loups (Tableau 15), la tête, les membres thoraciques et les membres pelviens chez les chats (Tableau 18), et le thorax et l'abdomen chez les chiens (Tableau 19).

Les atteintes vasculaires et ostéo-articulaires localisées au niveau de la tête sont en effet associées deux à deux chez les loups et chez les chats traumatisés. Une association de lésions thoraciques est présente chez les loups et les chiens, avec une association de toutes les lésions chez les loups. De même, les lésions localisées au niveau de l'abdomen sont associées seulement chez le loup et le chien.

D'autre part, les lésions localisées au niveau des membres sont associées chez les chats seulement, avec association de trois lésions au niveau des membres thoraciques d'une part, et association de deux lésions au niveau des membres pelviens d'autre part. Les lynx et les renards ne présentent pas de lésions associées dans une même région du corps.

##### ii) Association des lésions localisées dans des régions différentes du corps

Les associations de lésions localisées dans des régions du corps différentes sont résumées dans le Tableau 14 pour toutes les espèces sauvages confondues, dans le Tableau 15 pour les loups, dans le Tableau 16 pour les lynx, dans le Tableau 17 pour les renards, dans le Tableau 18 pour les chats et dans le Tableau 19 pour les chiens.

Les lésions de la tête et des membres pelviens sont associées chez le loup (lésion de type atteinte vasculaire) et chez le renard (lésion de type plaie). Les lésions du thorax et de l'abdomen sont associées chez le lynx et chez le renard. Les ruptures ou fissures de tissus mous au niveau thoracique et abdominal sont des associations communes au lynx et au renard. Une association entre l'abdomen et les membres pelviens est présente chez le loup (lésion de type atteinte vasculaire) et chez le chat. Des associations entre la tête et le thorax, et entre la tête et l'abdomen sont présentes chez le lynx seulement (atteintes vasculaires et ruptures ou fissures de tissus mous).

### III.2.3.2. Synthèse des associations lésionnelles selon l'espèce et la cause du traumatisme

Lors de la première analyse des données des espèces sauvages, l'ajout des variables supplémentaires sur les graphiques de corrélation des variables a permis de mettre en évidence quelques associations entre des couples matrice-lésion et les espèces (Figure 15), et entre des couples matrice-lésion et les causes de traumatismes (Figure 17). Ces associations sont résumées dans la Figure 51 et Figure 52, où les couples matrice-lésion sont encadrés de la même couleur que la variable supplémentaire avec laquelle ils sont associés.

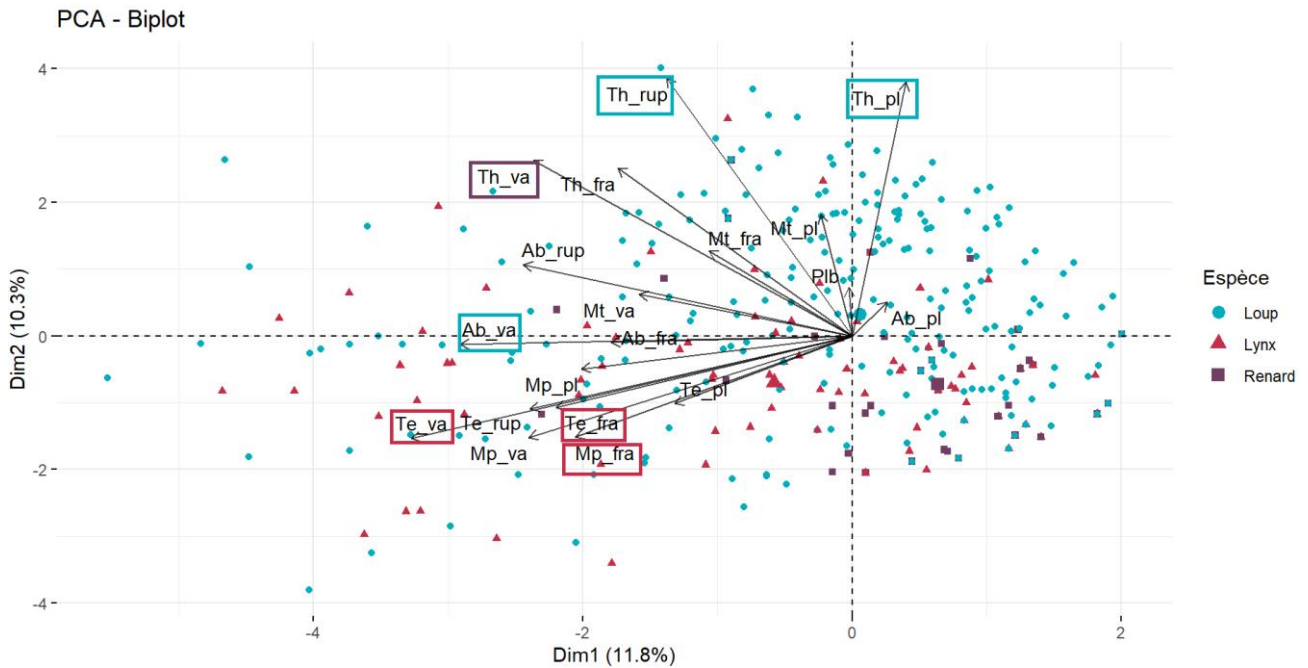


Figure 51 : Graphique illustrant les associations entre les couples matrice-lésion et les espèces sauvages

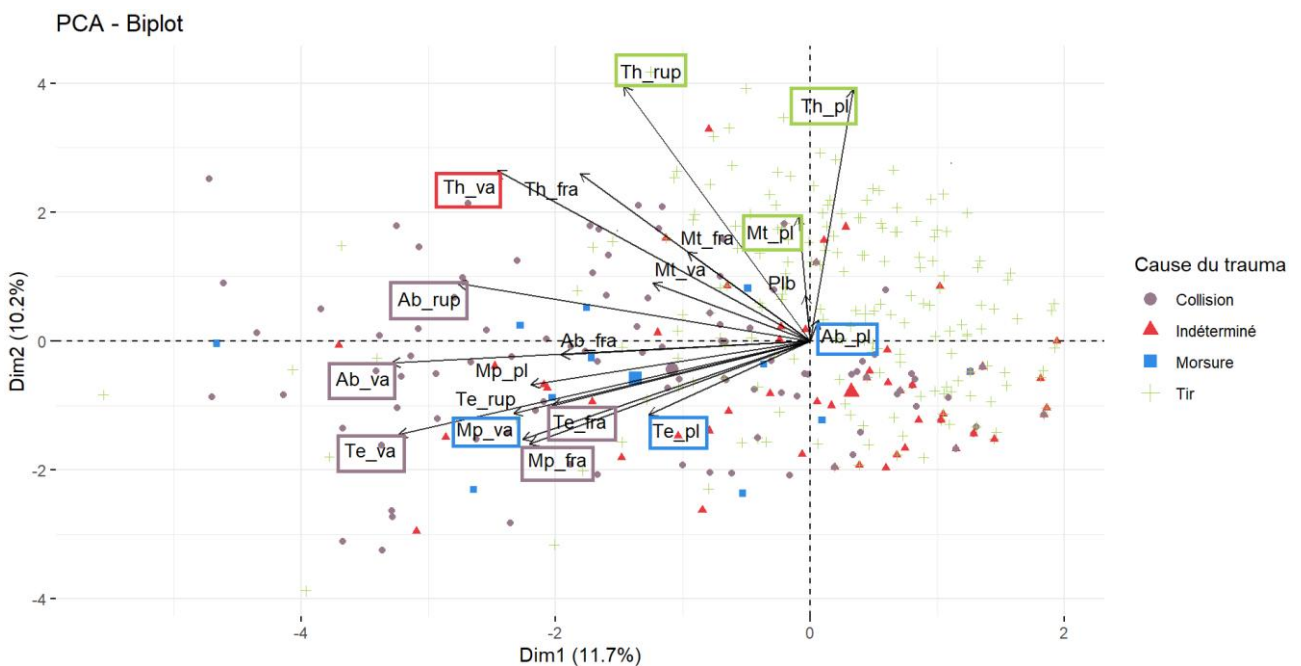


Figure 52 : Graphique illustrant les associations entre les couples matrice-lésion et les causes de traumatismes

Dans un deuxième temps, des analyses par espèce ont été réalisées et ont démontré d'autres associations lésionnelles selon l'espèce et selon la cause du traumatisme. Les associations sont résumées dans le Tableau 15 pour les loups, dans le Tableau 16 pour les lynx, dans le Tableau 17 pour les renards, dans le Tableau 18 pour les chats et dans le Tableau 19 pour les chiens.

**Tableau 15 : Synthèse des associations lésionnelles chez les loups gris selon la cause du traumatisme**

Les couples matrice-lésion associées significativement entre eux sont séparés par des « et ». Le « ou » signifie que les couples matrice-lésion sont associés chacun à la cause du traumatisme et à l'espèce loup, sans être associés entre eux. La tabulation « / » signifie qu'aucune association n'a été mise en évidence lors des analyses. Pour les autres cas, les tests d'indépendance ont tous une p-valeur  $\leq 0,01$ .

<b>Région du corps</b>		<b>Tête</b>	<b>Thorax</b>	<b>Abdomen</b>	<b>Membre pelvien</b>	<b>Tête et Membre pelvien</b>	<b>Abdomen et Membre pelvien</b>
<b>Cause du traumatisme</b>							
<b>Toutes causes confondues</b>	Figure 25	Te_va et Te_fra	Th_rup et Th_pl et Th_va et Th_fra	Ab_rup et Ab_va et Ab_pl	/	Te_va et Mp_va	Ab_va et Mp_va
<b>Tir</b>	Figure 28	/	Th_pl	Ab_va ou Ab_rup	/	/	/
<b>Collision</b>		Te_fra ou Te_va	/	Ab_va ou Ab_rup	Mp_fra ou Mp_pl	/	/
<b>Indéterminée</b>		Te_va	/	/	/	/	/
<b>Morsure</b>		Te_va ou Te_pl	/	/	/	Mp_va	/

**Tableau 16 : Synthèse des associations lésionnelles chez les lynx boréaux selon la cause du traumatisme**

Les couples matrice-lésion associées significativement entre eux sont séparés par des « et ». Le « ou » signifie que les couples matrice-lésion sont associés chacun à l'espèce lynx, sans être associés entre eux. La tabulation « / » signifie qu'aucune association n'a été mise en évidence lors des analyses. Les parenthèses signifient que le test d'indépendance entre le couple matrice-lésion et la cause du traumatisme a donné une p-valeur  $\leq 0,05$ . Pour les autres, la p-valeur est  $\leq 0,01$ .

Région du corps		Tête	Membre pelvien	Abdomen	Tête et Thorax	Tête et Abdomen	Thorax et Abdomen
Cause du traumatisme							
Toutes causes confondues	Figure 51	Te_va ou Te_fra	Mp_fra				
	Figure 32			/	Te_va et Th_va  Te_rup et Th_rup	Te_va et Ab_va  Te_rup et Ab_rup	Th_va et Ab_va  Th_rup et Ab_rup
Collision	Figure 34	/	/	(Ab_rup)	/	/	/
Indéterminée		(Te_fra)	/	/	/	/	/

**Tableau 17 : Synthèse des associations lésionnelles chez les renards roux selon la cause du traumatisme**

Les couples matrice-lésion associées significativement entre eux sont séparés par des « et ». Les parenthèses signifient que le test d'indépendance entre l'espèce renard et le couple matrice-lésion a donné une p-valeur  $\leq 0,05$ . Pour les autres cas, la p-valeur est  $\leq 0,01$ .

Région du corps		Thorax	Tête et Membre pelvien	Thorax et Abdomen
Cause du traumatisme				
Toutes causes confondues	Figure 51	(Th_va)		
	Figure 37		Te_pl et Mp_pl	Th_rup et Ab_rup  Th_fra et Ab_rup
Indéterminée	Figure 38	Pas d'association mise en évidence selon le traumatisme		
Tir				

**Tableau 18 : Synthèse des associations lésionnelles chez les chats domestiques selon la cause du traumatisme**

Les couples matrice-lésion associées significativement entre eux sont séparés par des « et ». La tabulation « / » signifie qu'aucune association n'a été mise en évidence lors des analyses. Les parenthèses signifient que le test d'indépendance entre deux couples matrice-lésion a une p-valeur  $\leq 0,05$ . Pour les autres cas, la p-valeur est  $\leq 0,01$ .

Région du corps		Tête	Thorax	Membre thoracique	Abdomen	Membre pelvien	Abdomen et Membre pelvien
Cause du traumatisme							
Toutes causes confondues	Figure 42	Te_va et Te_fra et (Te_pl)	/	Mt_gf et Mt_fra et Mt_pl	/	Mp_fra et Mp_em	Ab_rup et Mp_em
Collision	Figure 44	/	/	/	Ab_rup	/	/
Chute		/	Th_epG	/	/	/	/

**Tableau 19 : Synthèse des associations lésionnelles chez les chiens domestiques selon la cause du traumatisme**

Les couples matrice-lésion associées significativement entre eux sont séparés par des « et ». Le « ou » signifie que les couples matrice-lésion sont associés chacun à la cause du traumatisme et à l'espèce chien, sans être associés entre eux. La tabulation « / » signifie qu'aucune association n'a été mise en évidence lors des analyses. Les parenthèses signifient que le test d'indépendance entre deux couples matrice-lésion a une p-valeur  $\leq 0,05$ . Pour les autres, la p-valeur est  $\leq 0,01$ .

Région du corps		Thorax	Abdomen	Membre pelvien
Cause du traumatisme				
Toutes causes confondues	Figure 47	Th_va et Th_epG	Ab_rup et Ab_epL (Ab_rup et Ab_fra)	/
Collision	Figure 50	/	/	Mp_fra
Morsure		Th_em ou Th_pl	/	/

## IV. Discussion

### IV.1. Différences dans la catégorisation des individus

Pour chaque espèce, excepté le renard, les individus ont été regroupés dans plusieurs classes de poids, afin de pouvoir distinguer les individus légers des individus lourds et analyser l'impact du poids sur les lésions observées.

Les classes de poids définies à partir des courbes de densité ont permis de déduire des classes d'âge pour les loups et les lynx (Tableau 3). Les loups immatures et subadultes ont ainsi été regroupés dans la même classe de poids [0-24] kg, tandis que les loups adultes font partie de la classe de poids ]24-43] kg. Dans la bibliographie, les loups mâles adultes pèsent entre 20 et 40 kg et les loups femelles entre 18 et 30 kg (OFB 2018). Les classes de poids et les classes d'âge définies par l'étude ne sont ainsi pas tout à fait en accord avec les valeurs limites citées dans la bibliographie. Cependant, au vu des faibles effectifs des loups pesant moins de 24 kg, une répartition des loups immatures et subadultes dans une classe de poids plus restreinte (par exemple [0-20] kg) n'aurait certainement pas permis de mettre en évidence des associations entre les lésions et les classes de poids.

A l'inverse, les lynx subadultes ont été regroupés avec les lynx adultes dans la classe de poids ]12-25] kg. Dans une étude réalisée sur des lynx boréaux en Suisse, la valeur médiane entre le poids des juvéniles et des subadultes était de 11,5 kg (Marti, Ryser-Degiorgis 2018). Les classes de poids définies dans l'étude correspondent donc à la bibliographie et ont, de plus, des effectifs assez proches.

Pour les chiens, deux catégorisations ont été analysées. Les chiens ont été regroupés dans trois classes de poids différentes, inspirées d'une étude américaine (Hall et al. 2014). Malgré des effectifs homogènes entre les classes, aucune association entre les lésions et les classes de poids n'a été mise en évidence. La deuxième catégorisation, propre aux chiens, s'appuyait sur les différences de conformation selon les races. Cependant, elle n'a pas permis non plus de mettre en évidence des associations. Ce résultat peut être expliqué par des effectifs très variés entre les différents groupes (Tableau 10). De plus, la taille du chien n'était pas un critère pris en compte dans cette classification, ce qui a peut-être faussé le résultat final. Il serait donc intéressant d'explorer ces variables dans de futures études avec de plus grands effectifs.

Un des objectifs de ces catégorisations était de pouvoir utiliser les espèces domestiques comme proxy des espèces sauvages. Par exemple, les chiens de grande taille pourraient être comparés aux loups. Cependant, l'analyse du rôle du poids dans les patterns lésionnels s'est révélée infructueuse, bien que de légères associations significatives entre les lésions et les classes de poids aient été mises en évidence chez les lynx et les chats. Le poids ne semble donc pas être un facteur déterminant dans le type de lésion observée dans cette étude.

## IV.2. Régions du corps traumatisées chez les espèces sauvages

### IV.2.1. Interprétation des associations lésionnelles chez les espèces sauvages

L'analyse des données de toutes les espèces sauvages confondues a permis, dans un premier temps, de déterminer des associations lésionnelles indépendamment de l'espèce et de la nature du traumatisme (Tableau 13).

Les atteintes ostéo-articulaires sont associées à des atteintes vasculaires et à des ruptures ou fissures de tissus mous au niveau de la tête et du thorax. Ces régions du corps ont comme caractéristique commune des structures osseuses enveloppantes qui protègent les organes internes. Par exemple, le cerveau est protégé par les os du crâne. Un écrasement du système nerveux sera donc associé à une fracture de la boîte crânienne. De même, les poumons sont protégés par la cage thoracique et une atteinte des poumons (atteinte vasculaire ou rupture ou fissure de tissus mous) sera donc plus fréquente lors de fractures des côtes. À l'inverse, la cavité abdominale n'est pas protégée par des structures osseuses au niveau de l'abdomen ventro-caudal. Les atteintes abdominales internes (rupture ou fissure de tissus mous ou atteinte vasculaire) seront donc soit liées directement au choc, soit liées à une éventration ou une plaie profonde. Cela peut donc expliquer l'absence d'association avec des atteintes ostéo-articulaires au niveau de l'abdomen, contrairement à la tête et au thorax.

Les fractures ou luxations du membre pelvien sont légèrement associées à des atteintes vasculaires localisées au même endroit. La violence des chocs lors des traumatismes peut expliquer qu'une atteinte osseuse soit associée à d'autres dommages, tels que des hémorragies ou des hématomes du membre.

Enfin, cette étude a mis en évidence de légères associations entre lésions de la tête et des membres pelviens, entre lésions de l'abdomen et des membres pelviens, et entre lésions de l'abdomen et de la tête, qui montrent que les traumatismes peuvent être à l'origine de lésions étendues à l'ensemble du corps (Tableau 14).

### IV.2.2. Lésions associées et comparaison des résultats avec la bibliographie

Dans cette étude, les atteintes ostéo-articulaires de la tête comprennent des fractures des os du crâne, des fractures dentaires, des fractures des os de la face et de la mâchoire et des fractures des vertèbres cervicales (Annexe 5). Elles sont associées aux lynx ayant subi un traumatisme (Figure 51) et à des atteintes vasculaires de la tête seulement chez les loups traumatisés. Des fractures dentaires sont aussi citées dans la bibliographie chez des loups et un lynx (Nielsen 1977; Oleaga et al. 2019), tandis que des fractures du crâne et des vertèbres cervicales sont rapportées seulement chez les loups (Wobeser 1992; Brown et al. 2017).

Dans la bibliographie étudiée, des lésions thoraciques sont rapportées chez le Loup gris et comprennent des fractures des côtes, des contusions pulmonaires et des pneumothorax (Wobeser 1992). Chez le Lynx boréal, une étude montre une absence de lésions thoraciques à la radiographie (Davies et al. 2016), les autres études ne mentionnent pas le thorax (Argyros,



Roth 2016; Oleaga et al. 2019). Dans notre étude, les lésions thoraciques sont présentes chez le loup, le lynx et le renard, mais sont plus fréquentes et toutes associées significativement chez le loup. Elles sont, de plus, de nature plus variée : fracture et luxation de côtes ou de vertèbres thoraciques, hernie diaphragmatique, rupture d'organes thoraciques, épanchement hémorragique intrathoracique, hématome et plaie thoracique, etc.

Des ruptures de viscères et des hémorragies au niveau de l'abdomen sont rapportées dans la littérature chez le lynx et le loup traumatisés (Oleaga et al. 2019; Davies et al. 2016; Nielsen 1977). Dans notre étude, elles sont associées principalement aux traumatismes chez le loup, et sont associées à des lésions thoraciques chez le lynx et le renard.

#### IV.3. Lésions associées chez les espèces domestiques et comparaison avec la bibliographie

Les fractures de la tête chez les chats sont associées à des atteintes vasculaires et à des plaies, localisées à la tête. Les traumatismes de la tête sont ainsi souvent sévères et à l'origine de lésions osseuses et d'hémorragies ou autres saignements. Dans la bibliographie, les fractures localisées au niveau de la tête sont aussi fréquemment rapportées chez le Chat domestique, avec des fractures du palais dur, des dents et de la mâchoire lors de chutes (Bonner, Reiter, Lewis 2012) et des fractures du crâne et de la mâchoire lors d'AVP (Sanroman-Llorens et al. 2020). Ces fractures sont très souvent associées à un traumatisme crânien et à de l'épistaxis lors de chutes.

Les lésions des membres thoraciques (fracture, plaie et gonflement) sont associées significativement entre elles chez les chats traumatisés, de même pour les lésions des membres pelviens (fracture et emphysème). Cependant, dans la littérature, elles sont aussi fortement associées aux chiens victimes d'AVP (Libardoni et al. 2015), et elles sont principalement rapportées lors de chutes chez le chat (Vnuk et al. 2004; Duhautois, Pucheu, Juillet 2010).

Chez le chien, une rupture ou fissure au niveau de l'abdomen est associée significativement à un épanchement abdominal liquidien, mais cela ne concerne que trois cas : une fracture de rate est associée à un hémobdomen, une perforation digestive à un épanchement abdominal et une rupture vésicale à un uroabdomen. De même, la littérature cite peu de lésions localisées au niveau de l'abdomen, avec principalement des hémobdomens (Simpson, Syring, Otto 2009; Rollings et al. 2001).

Enfin, une association a été démontrée entre les contusions pulmonaires et les pneumothorax chez les chiens étudiés, et ces lésions sont très fréquemment décrites chez les chiens victimes d'AVP (Simpson, Syring, Otto 2009; Klainbart et al. 2018).

## IV.4. Patterns lésionnels selon le traumatisme

### IV.4.1. Causes de traumatismes communes aux espèces sauvages et domestiques

#### IV.4.1.1. Collisions routières

Chez le loup, les collisions sont associées significativement à des lésions au niveau de la tête, de l'abdomen ou des membres pelviens, avec principalement des atteintes ostéo-articulaires ou vasculaires. Les fractures des membres pelviens sont principalement observées chez les chiens victimes d'une collision et les ruptures ou fissures de tissus mous au niveau de l'abdomen principalement chez les lynx et les chats victimes d'une collision. Les deux cas de collisions chez les renards (non analysés dans l'ACP) présentent des lésions au niveau de l'abdomen. Ainsi, les collisions semblent être associées à des lésions localisées principalement au niveau de l'abdomen, des membres pelviens ou de la tête, comme le confirme la Figure 52. La nature des lésions associées témoigne du choc violent lors d'une collision (atteinte ostéo-articulaire, rupture ou fissure de tissus mous, etc.). Leur localisation dans différentes régions du corps est certainement liée à l'impact plus étendu et généralisé entre le corps de l'animal et le véhicule, ce qui diffère de la localisation très ciblée lors d'un tir.

Les différences de localisation entre les Félidés et les Canidés pourraient s'expliquer par des comportements certainement différents entre les espèces lorsqu'un véhicule arrive sur la route. Une étude a supposé que les carnivores de petite taille ont tendance à s'enfuir et à exposer leurs flancs arrières en premier (Argyros, Roth 2016). Cependant, cette hypothèse ne correspond ni aux lésions observées chez les renards, ni à celles associées aux chats dans notre étude. Les comportements face à un véhicule nécessiteraient d'être approfondis dans des recherches futures. D'autre part, les lynx et les chats étant moins hauts sur pattes par rapport aux loups et à certaines races de chiens, le choc avec un véhicule pourrait avoir lieu directement au niveau de l'abdomen. A l'inverse, les loups et les chiens de grande taille étant plus grands, les chocs peuvent être localisés seulement au niveau de leurs membres, comme cela a été supposé dans une étude s'intéressant aux collisions routières chez les chiens (Klainbart et al. 2018).

Enfin, la littérature suppose que les animaux avec une masse musculaire importante absorberaient plus facilement les chocs et pourraient parcourir une certaine distance avant de mourir (Beiglböck, Walzer 2019). Dans notre étude, les loups sont associés à des lésions sévères et localisées dans plusieurs régions du corps, ce qui ne permet pas de vérifier cette hypothèse.

#### IV.4.1.2. Morsures

Dans cette étude, les cas de morsures chez les loups sont liés à des conflits intra ou interspécifiques avec des Canidés principalement. Les lésions associées à un acte de prédation n'ont donc pas été étudiées. Les morsures sont associées significativement à des plaies au niveau de la tête, à des atteintes vasculaires au niveau de la tête ou à des atteintes vasculaires au niveau des membres pelviens. Dans la littérature, les rares études s'intéressant aux conflits

intra ou interspécifiques chez les loups rapportent principalement des fractures localisées au niveau de la tête, des côtes et des membres thoraciques et pelviens (Wobeser 1992; Nielsen 1977).

Les cas de morsures chez les chiens sont la conséquence de conflits entre chiens. Des associations significatives entre les morsures et les lésions thoraciques (plaie ou emphysème) ont été démontrées dans l'étude. Dans la littérature, les lésions sont localisées dans des régions du corps variées, avec une prévalence plus importante au niveau du thorax, des extrémités, de la tête et du cou (Shamir et al. 2002).

Les différences d'associations entre les loups et les chiens pourraient s'expliquer par des morphologies et des comportements différents selon l'individu mordu. Par exemple, lors de conflits opposant un loup et un Canidé de taille similaire, les loups pourraient avoir tendance à attaquer de face, ce qui entraînerait des lésions localisées au niveau de la tête. Dans une étude, les grands chiens avaient en effet plus de blessures à la tête que les chiens de petite et moyenne taille (Shamir et al. 2002). D'autre part, les chiens de petite taille présenteraient plus fréquemment des blessures thoraciques, qui pourraient en partie s'expliquer par la façon dont un gros chien attrape un petit chien dans sa gueule.

#### IV.4.1.3. Chutes de grande hauteur et dérochages

Seuls les cas de chutes chez les chats étaient assez nombreux pour être analysés. Les épanchements gazeux thoraciques sont associés aux chats ayant chuté d'une grande hauteur, ce qui est cohérent avec la forte prévalence des pneumothorax rapportée dans les études s'intéressant au syndrome du chat parachutiste (Duhautois, Pucheu, Juillet 2010; Vnuk et al. 2004).

Trois cas de dérochages sont rapportés chez les espèces sauvages : un lynx et deux loups. Le lynx présentait des fractures de la tête et des membres pelviens, associées à des lésions vasculaires. Excepté la fracture des membres pelviens, les mêmes lésions ont été observées chez les deux loups. Ils présentaient de plus des lésions localisées au niveau du thorax et des membres thoraciques. Les lésions associées aux dérochages n'ont pas été étudiées dans la littérature. Des différences dans le caractère léthal des lésions entre les chats et les carnivores sauvages pourraient être supposées. Elles pourraient s'expliquer par les masses corporelles plus importantes chez les lynx et les loups, qui peuvent être un facteur empêchant l'extension de leurs membres lors de la chute, et par l'absence de capacité réflexe de redressement chez ces espèces, contrairement au Chat domestique (II.1.1.2.ii).

Chez les chiens, parmi les huit cas de chutes, les lésions observées sont : une fracture de la tête (mâchoire et os de la face), trois fractures de vertèbres thoraciques, une fracture de vertèbres lombaires, une fracture de côtes, une fracture du fémur et une fracture du radius/ulna. Un seul cas d'hémoabdomen avec une suspicion de fracture splénique a été rapporté. Ces lésions correspondent à la triade lésionnelle et aux autres blessures rapportées chez les chiens domestiques lors de chutes de grande hauteur (Gordon, Thacher, Kapatkin 1993).

## IV.4.2. Causes de traumatismes propres aux espèces sauvages

### IV.4.2.1. Tirs légaux et illégaux

Dans cette étude, les tirs sont associés à des lésions uniquement chez l'espèce Loup gris. En effet, ce prédateur fait l'objet de tirs légaux mais aussi illégaux : des associations lésionnelles sont plus susceptibles d'être mises en évidence chez cette espèce. Une association est ainsi présente entre les tirs et les plaies thoraciques, ce qui diffère de la littérature où les lésions thoraciques sont liées principalement aux conflits intra et interspécifiques et aux actes de prédation (Wobeser 1992; Nielsen 1977). Une autre association a été démontrée entre les tirs de loups et les lésions au niveau de l'abdomen (atteinte vasculaire ou rupture ou fissure de tissus mous).

Lors de la première analyse des données des espèces sauvages, une association significative a été mise en évidence entre les cas de tirs et certaines lésions thoraciques (Figure 52). Lors d'un tir, une zone du corps en particulier est ciblée, ce qui entraîne des lésions plutôt localisées dans une même région. De plus, pour qu'un tir ait plus de chance d'être léthal, les cibles privilégiées sont le cœur et les poumons (Caudell, Stopak, Wolf 2012), ce qui explique l'association mise en évidence entre les tirs et les lésions thoraciques.

Enfin, des plombs ont été retrouvés lors de l'autopsie de six loups, trois renards et un lynx, ayant tous subi un tir. La présence de plombs n'est cependant pas associée significativement aux tirs ou à une espèce dans cette étude et n'est donc pas un critère permettant de diagnostiquer facilement une cause de mort par tir. De plus, deux lynx dont la cause de la mort est indéterminée ont aussi présenté des plombs. Un tir pourrait donc expliquer leur mort, mais les balles peuvent aussi être anciennes suite à un tir non léthal.

### IV.4.2.2. Traumatismes de nature indéterminée

L'analyse de toutes les espèces sauvages confondues montre une légère association entre les traumatismes de nature indéterminée et les atteintes vasculaires au niveau du thorax (Figure 52). Cependant, les analyses des loups et des lynx montrent des associations avec la tête : atteinte vasculaire pour le loup et atteinte ostéo-articulaire pour le lynx (association plus légère). Pour les loups, une atteinte vasculaire au niveau de la tête est aussi associée aux collisions et aux morsures (Tableau 15). Les loups, dont la cause de traumatismes est indéterminée et qui présentent cette lésion, pourraient ainsi être victimes d'une collision ou d'une morsure. De plus, lors d'une collision n'entraînant pas la mort directe de l'animal, les animaux pourront se déplacer. Les lésions seront donc certainement différentes par rapport à un choc supposé léthal sur le coup, et la non proximité des cadavres avec la route peut rendre la conclusion sur la nature du traumatisme plus difficile.

D'autre part, les traumatismes liés à un acte de prédation n'ont pas été explorés dans cette étude. Or, des blessures à la tête sont rapportées lors de la chasse d'ongulés par des loups (Wobeser 1992; Brown et al. 2017). Certains cas de traumatismes de nature indéterminée pourraient ainsi être liés à la prédation.

## IV.5. Différences entre les deux jeux de données et limites

Les analyses ont mis en évidence un nombre d'associations plus important chez les loups, par rapport aux autres espèces sauvages et domestiques. Cette différence peut s'expliquer par différents critères.

### IV.5.1. Différences dans la collecte des données

Tout d'abord, le nombre total de cas varie selon l'espèce. Le nombre de loups (315) est trois à six fois supérieur à celui des lynx (92) et des renards (54). Les espèces Loup gris et Lynx boréal font partie d'un plan national d'action et à ce titre, plus d'efforts de collecte sont réalisés, ce qui explique leur supériorité en nombre par rapport aux renards. De même, les effectifs des chiens et des chats inclus dans l'étude sont presque trois fois inférieurs à celui des loups. L'extraction des cas des chiens et chats domestiques a, en effet, montré plusieurs limites. L'utilisation du logiciel Clovis pour des études rétrospectives n'est pas optimale. Ce registre ne permettant ni une recherche exhaustive par mots-clés, ni une extraction directe et facilitée des dossiers médicaux, la sélection des cas et la récupération des données ont été très chronophages. De plus, certains dossiers médicaux, et particulièrement ceux enregistrés avant 2011, étaient souvent incomplets et n'ont pas pu être inclus dans l'étude. Afin d'augmenter le nombre de cas de chiens et de chats à analyser et ainsi avoir une meilleure représentativité, l'étude pourrait être élargie à d'autres CHUV et nécessiterait des bases de données optimisées pour faciliter l'extraction.

### IV.5.2. Différences dans le regroupement des lésions

Dans un second temps, la différence de résultats entre les espèces sauvages et domestiques repose sur le caractère, respectivement, léthal et subléthal du traumatisme, qui implique des différences dans les couples matrice-lésion créés pour chaque espèce. En effet, les quatre premières catégories de lésions (Tableau 6) sont communes aux espèces domestiques et sauvages, tandis que les carnivores domestiques présentent cinq catégories supplémentaires (Tableau 7). Plusieurs raisons expliquent ces différences.

Tout d'abord, les lésions des carnivores sauvages ont été observées lors d'autopsies, alors que celles des carnivores domestiques ont été observées lors d'examens cliniques, associés à des examens complémentaires non invasifs, réalisés sur des animaux vivants. La précision de description des lésions est donc différente. Par exemple, pour préciser la nature d'un épanchement chez un animal vivant, une échographie et une ponction seraient nécessaires. Dans les dossiers médicaux des carnivores domestiques, ces examens complémentaires étaient très rares. Les ponctions ont permis de diagnostiquer quelques cas d'épanchements hémorragiques qui ont donc été classés dans la catégorie Atteinte vasculaire. Cependant, pour la majorité des cas, seules les radiographies pouvaient objectiver un épanchement, liquidien ou gazeux. Une distinction a donc été faite entre les deux types d'épanchement, l'origine exacte ne pouvant être connue.

A l'inverse, une autopsie permet de connaître la nature d'un épanchement liquidien et d'observer les lésions pouvant en être à l'origine. Les épanchements hémorragiques et séro-hémorragiques ont donc été regroupés dans la catégorie Atteinte vasculaire pour les espèces

sauvages. De même, pour les épanchements gazeux, l'autopsie permet surtout d'observer la lésion à l'origine de l'épanchement, plutôt que l'épanchement en lui-même. La lésion sera donc classée dans la catégorie Rupture ou fissure de tissus mous. Les autopsies permettent ainsi d'observer directement les lésions et de les regrouper plus facilement dans une catégorie.

D'autre part, lors du nettoyage des données, l'effectif limite pour exclure une lésion ( $n = 10$  pour les espèces sauvages et  $n = 4$  pour les espèces domestiques) a été choisi en fonction de l'effectif total d'animaux sauvages et domestiques, ce qui explique une différence dans les catégories de lésions finalement gardées.

Ainsi, lors du classement des lésions des chiens et des chats, le choix de la catégorie est plus large par rapport aux espèces sauvages, ce qui implique une dispersion plus grande et donc un effectif relativement plus faible pour certains couples matrice-lésion, pouvant impacter le nombre d'associations significatives mises en évidence lors des analyses.



## Conclusion

Déterminer la cause exacte du traumatisme en fonction des lésions observées chez les carnivores sauvages et domestiques peut s'avérer difficile. Au sein de la faune sauvage, la difficulté pour obtenir des échantillons de taille suffisante et les incertitudes quant à la nature du traumatisme expliquent le manque de données relatives aux traumatismes chez les espèces Loup gris, Lynx boréal et Renard roux.

Notre étude rétrospective a permis de mettre en évidence plusieurs associations entre les lésions, les espèces et les causes de traumatismes. Les tirs légaux et illégaux sont la cause de traumatismes la plus représentée chez le Loup gris et seraient associés à des lésions localisées en région thoracique. Les collisions routières sont la cause de traumatismes la plus fréquente chez le Lynx boréal et la deuxième cause de traumatismes la plus représentée chez les carnivores sauvages et domestiques. Ce traumatisme serait associé à des lésions localisées dans différentes régions du corps, principalement au niveau de l'abdomen et des membres pelviens. Dans cette étude, le poids des animaux ne semble pas être un facteur déterminant dans les patterns lésionnels observés. Toutefois, le manque d'effectifs et de données peut être à l'origine de biais.

Les différences observées dans la localisation des lésions entre les Canidés et les Félidés, et entre les Canidés sauvages et domestiques, pourraient s'expliquer par des différences de comportement lors de collisions ou de conflits interspécifiques, et leur compréhension nécessiterait des recherches futures.

Les résultats de cette étude permettent de compléter les connaissances relatives aux traumatismes chez les carnivores sauvages en France. Ils pourront servir à appuyer un diagnostic lors d'autopsies de carnivores sauvages collectés dans un contexte de surveillance épidémiologique, à participer à la distinction entre une destruction illégale et une cause naturelle de mort lors d'enquêtes médico-légales, et ainsi à aider à la prise de décisions concernant la conservation et la gestion des espèces.



## BIBLIOGRAPHIE

ANDRÉN, Henrik, LINNELL, John, LIBERG, Olof, ANDERSEN, Reidar, DANELL, Anna, FRANK, Jens, ODDEN, John, MOA, Pål, AHLQVIST, Per, KVAM, Tor, FRANZÉN, Robert et SEGERSTRÖM, Peter, 2006. Survival rates and causes of mortality in Eurasian lynx (*Lynx lynx*) in multi-use landscapes. *Biological Conservation*. juillet 2006. Vol. 131, pp. 23-32. DOI 10.1016/j.biocon.2006.01.025.

ARGYROS, George C. et ROTH, Aaron J., 2016. Prevalence of healed long-bone fractures in wild carnivores from the northeastern United States. *Journal of Zoo and Wildlife Medicine*. 2016. Vol. 47, n° 3, pp. 879-882. DOI 10.1638/2015-0180.1.

AUMANN, M., WORTH, L. T. et DROBATZ, K. J., 1998. Uroperitoneum in cats: 26 cases (1986-1995). *Journal of the American Animal Hospital Association*. août 1998. Vol. 34, n° 4, pp. 315-324. DOI 10.5326/15473317-34-4-315.

BAKER, Philip J., DOWDING, Claire V., MOLONY, Susie E., WHITE, Piran C.L. et HARRIS, Stephen, 2007. Activity patterns of urban red foxes (*Vulpes vulpes*) reduce the risk of traffic-induced mortality. *Behavioral Ecology*. juillet 2007. Vol. 18, n° 4, pp. 716-724. DOI 10.1093/beheco/arm035.

BEHNKE, Robert et WALZER, Chris, 2019. Health, Husbandry and Management of Eurasian lynx (*Lynx lynx*) - Vet Handbook and Husbandry Guidelines. *Vet Handbook compiled and prepared within the 3Lynx Project, funded by INTERREG Central Europe*. 2019. pp. 127.

BEIGLBÖCK, Christoph et WALZER, Chris, 2019. *Handbook: Standard Operating Procedures for forensic investigations of suspected illegal killings of Wildlife*. Research Institute of Wildlife Ecology of the University of Veterinary Medicine Vienna (FIWI). ISBN 978-3-200-06798-1.

BONNER, Sarah E., REITER, Alexander M. et LEWIS, John R., 2012. Orofacial Manifestations of High-Rise Syndrome in Cats: A Retrospective Study of 84 Cases. *Journal of Veterinary Dentistry*. 2012. Vol. 29, n° 1, pp. 10-18. DOI 10.1177/089875641202900103.

BREITENMOSER, Urs, BREITENMOSER, Christine, OKARMA, H., KAPHEGYI, Thomas, KAPHYGYI, Ursula et MÜLLER, Ulrich, 2000. Action Plan for the Conservation of the Eurasian Lynx in Europe (*Lynx lynx*). *Nature and environment*. janvier 2000. N° 112.

BREITENMOSER, Urs, BREITENMOSER-WUERSTEN, Christine, CAPT, Simon, MOLINARI-JOBIN, Anja, MOLINARI, Paolo et ZIMMERMANN, Fridolin, 2007. Conservation of the lynx *Lynx lynx* in the Swiss Jura Mountains. *Wildlife Biology*. décembre 2007. Vol. 13, n° 4, pp. 340-355. DOI 10.2981/0909-6396(2007)13[340:COTLLL]2.0.CO;2.

BREITENMOSER-WUERSTEN, Christine, VANDEL, Jean-Michel, ZIMMERMANN, Fridolin et BREITENMOSER, Urs, 2007. Demography of lynx *Lynx lynx* in the Jura Mountains. *Wildlife Biology*. décembre 2007. Vol. 13, n° 4, pp. 381-392. DOI 10.2981/0909-6396(2007)13[381:DOLLLI]2.0.CO;2.

BROWN, Caitlin, BALISI, Mairin, SHAW, Christopher A. et VAN VALKENBURGH, Blaire, 2017. Skeletal trauma reflects hunting behaviour in extinct sabre-tooth cats and dire

- wolves. *Nature Ecology & Evolution*. 10 avril 2017. Vol. 1, n° 5, pp. 1-7. DOI 10.1038/s41559-017-0131.
- BRUCE, C. W., BRISSON, B. A. et GYSELINCK, K., 2008. Spinal fracture and luxation in dogs and cats: a retrospective evaluation of 95 cases. *Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology: V.C.O.T.* 2008. Vol. 21, n° 3, pp. 280-284.
- CAUDELL, Joe N., STOPAK, Scott R. et WOLF, Paul C., 2012. Lead-free, high-powered rifle bullets and their applicability in wildlife management. *Human-Wildlife Interactions*. 2012. Vol. 6, n° 1, pp. 105-111.
- ÇETINKAYA, M A, 2012. Temporomandibular joint injuries and ankylosis in the cat. *Veterinary and comparative orthopaedics and traumatology*. 1 janvier 2012. Vol. 25, n° 5, pp. 366-374. DOI 10.3415/vcot-11-10-0146.
- CHAPRON, Guillaume, KACZENSKY, Petra, LINNELL, John, VON ARX, Manuela, HUBER, Djuro, ANDRÉN, Henrik, LÓPEZ-BAO, José Vicente, ADAMEC, Michal, ÁLVARES, Francisco, ANDERS, Ole, BALCIAUSKAS, Linas, BALYS, Vaidas, BEDŮ, Péter, BEGO, Ferdinand, BLANCO, Juan, BREITENMOSER, Urs, BRØSETH, Henrik, BUFKA, Luděk, BUNIKYTE, Raimonda et BOITANI, Luigi, 2014. Recovery of large carnivores in Europe's modern human-dominated landscapes. *Science*. 19 décembre 2014. Vol. 346, pp. 1517-1519. DOI 10.1126/science.1257553.
- COOK, J. L., COOK, C. R., TOMLINSON, J. L., MILLIS, D. L., STAROST, M., ALBRECHT, M. A. et PAYNE, J. T., 1997. Scapular fractures in dogs: epidemiology, classification, and concurrent injuries in 105 cases (1988-1994). *Journal of the American Animal Hospital Association*. 1 novembre 1997. Vol. 33, n° 6, pp. 528-532. DOI 10.5326/15473317-33-6-528.
- DAVIES, Rebecca, ROZANSKI, Elizabeth, TSENG, Florina, JENNINGS, Samuel et PAUL, April, 2016. Traumatic uterine rupture in three felids: Uterine rupture in felids. *Journal of Veterinary Emergency and Critical Care*. novembre 2016. Vol. 26, n° 6, pp. 782-786. DOI 10.1111/vec.12505.
- DE MARCHI, Marie, 2003. Contribution des carnivores à la connaissance des paléoenvironnements quaternaires. Application à la communauté carnivore de la Caverna delle Fate (Ligurie occidentale, Italie). *Quaternaire*. 2003. Vol. 14, n° 3, pp. 155-161. DOI 10.3406/quate.2003.1739.
- DECORS, Anouk, DESVAUX, Stéphanie, PAYNE, Ariane, HIVERT, Lorette, CARDOSO, Olivier, BRULEZ, Marion, GAUTHIER, Dominique et FAURE, Eva, 2022. Le réseau SAGIR, la surveillance au carrefour des enjeux. *Bulletin épidémiologique, santé animale et alimentation*. 2022. Vol. 95, n° 5, pp. 1-9.
- DÍAZ-RUIZ, F., CARO, J., DELIBES-MATEOS, M., ARROYO, B. et FERRERAS, P., 2016. Drivers of red fox (*Vulpes vulpes*) daily activity: prey availability, human disturbance or habitat structure? *Journal of Zoology*. 2016. Vol. 298, n° 2, pp. 128-138. DOI 10.1111/jzo.12294.
- DIRECTIVE EUROPÉENNE, 1992. *Directive 92/43/CEE du Conseil, du 21 mai 1992, concernant la conservation des habitats naturels ainsi que de la faune et de la flore sauvages* [en ligne]. 21 mai 1992. [Consulté le 22 juillet 2022]. Disponible à l'adresse : <http://data.europa.eu/eli/dir/1992/43/oj/fra>

DUHAUTOIS, Bruno, PUCHEU, Bertrand et JUILLET, Charles, 2010. High-rise syndrome ou syndrome du chat parachutiste: études rétrospectives et comparatives de 204 cas. *Bulletin de l'Académie Vétérinaire de France*. 2010. Vol. 163, n° 2, pp. 167-172. DOI 10.4267/2042/48044.

FAHRIG, Lenore et RYTWINSKI, Trina, 2009. Effects of Roads on Animal Abundance: an Empirical Review and Synthesis. *Ecology and Society*. 2009. Vol. 14, n° 1.

FEDORCA, Ancuta, FEDORCA, Mihai, IONESCU, Ovidiu, JURJ, Ramon, IONESCU, Georgeta et POPA, Marius, 2021. Sustainable Landscape Planning to Mitigate Wildlife–Vehicle Collisions. *Land*. juillet 2021. Vol. 10, n° 7, pp. 737. DOI 10.3390/land10070737.

FERRERAS, P., ALDAMA, J. J., BELTRÁN, J. F. et DELIBES, M., 1992. Rates and causes of mortality in a fragmented population of Iberian lynx *Felis pardina* Temminck, 1824. *Biological Conservation*. 1 janvier 1992. Vol. 61, n° 3, pp. 197-202. DOI 10.1016/0006-3207(92)91116-A.

FLEMING, J. M., CREEVY, K. E. et PROMISLOW, D. E. L., 2011. Mortality in north american dogs from 1984 to 2004: an investigation into age-, size-, and breed-related causes of death. *Journal of Veterinary Internal Medicine*. avril 2011. Vol. 25, n° 2, pp. 187-198. DOI 10.1111/j.1939-1676.2011.0695.x.

FOËX, B. A., 1999. Systemic responses to trauma. *British Medical Bulletin*. 1999. Vol. 55, n° 4, pp. 726-743. DOI 10.1258/0007142991902745.

FORMAN, Richard T. T. et ALEXANDER, Lauren E., 1998. ROADS AND THEIR MAJOR ECOLOGICAL EFFECTS. *Annual Review of Ecology and Systematics*. novembre 1998. Vol. 29, n° 1, pp. 207-231. DOI 10.1146/annurev.ecolsys.29.1.207.

GARCÍA-PEREA, Rosa, 2000. Survival of injured Iberian lynx (*Lynx pardinus*) and non-natural mortality in central-southern Spain. *Biological Conservation*. avril 2000. Vol. 93, n° 2, pp. 265-269. DOI 10.1016/S0006-3207(99)00142-1.

GORDON, L. E., THACHER, C. et KAPATKIN, Amy, 1993. High-rise syndrome in dogs: 81 cases (1985-1991). *Journal of the American Veterinary Medical Association*. 1 janvier 1993. Vol. 202, n° 1, pp. 118-122.

GRENTE, Oksana, DUCHAMP, Christophe, BAUDUIN, Sarah, OPITZ, Thomas, CHAMAILLÉ-JAMMES, Simon, DROUET-HOGUET, Nolwenn et GIMENEZ, Olivier, 2020. Tirs dérogatoires de loups en France : état des connaissances et des enjeux pour la gestion des attaques aux troupeaux. *Faune Sauvage* [en ligne]. septembre 2020. [Consulté le 5 juin 2022]. Disponible à l'adresse : <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02992939>

HALL, Kelly E., HOLOWAYCHUK, Marie K., SHARP, Claire R. et REINEKE, Erica, 2014. Multicenter prospective evaluation of dogs with trauma. *Journal of the American Veterinary Medical Association*. février 2014. Vol. 244, n° 3, pp. 300-308. DOI 10.2460/javma.244.3.300.

HAYES, Galina, MATHEWS, Karol, DOIG, G, KRUTH, Stephen, BOSTON, S, NYKAMP, Stephanie, POLJAK, Z et DEWEY, Cate, 2010. The Acute Patient Physiologic and Laboratory Evaluation (APPLE) Score: A Severity of Illness Stratification System for Hospitalized Dogs. *Journal of veterinary internal medicine / American College of Veterinary*

- Internal Medicine*. 1 septembre 2010. Vol. 24, pp. 1034-47. DOI 10.1111/j.1939-1676.2010.0552.x.
- HEAVER, Joseph et WATERS, Michael, 2019. A retrospective study of mortality in Eurasian lynx ( *Lynx lynx* ) in UK zoos. *Zoo Biology*. mars 2019. Vol. 38, n° 2, pp. 200-208. DOI 10.1002/zoo.21476.
- HELLDIN, J. O., LIBERG, O. et GLÖERSEN, G., 2006. Lynx (*Lynx lynx*) killing red foxes (*Vulpes vulpes*) in boreal Sweden – frequency and population effects. *Journal of Zoology*. 2006. Vol. 270, n° 4, pp. 657-663. DOI 10.1111/j.1469-7998.2006.00172.x.
- HILL, Jacob E, DEVAULT, Travis L, WANG, Guiming et BELANT, Jerrold L, 2019. Anthropogenic mortality in mammals increases with the human footprint. *Frontiers in Ecology and the Environment*. 2019. Vol. 18, n° 1, pp. 13-18. DOI 10.1002/fee.2127.
- HOLT, D. E. et GRIFFIN, G., 2000. Bite wounds in dogs and cats. *The Veterinary Clinics of North America. Small Animal Practice*. mai 2000. Vol. 30, n° 3, pp. 669-679, viii. DOI 10.1016/s0195-5616(00)50045-x.
- HUBER, Đuro, KUSAK, Josip, FRKOVIĆ, Alojzije, GUŽVICA, Goran et GOMERČIĆ, Tomislav, 2002. Causes of wolf mortality in Croatia in the period 1986-200. *Vet. arhiv*. 2002. Vol. 72, n° 3, pp. 131-139.
- INTARAPANICH, Nida P., MCCOBB, Emily C., REISMAN, Robert W., ROZANSKI, Elizabeth A. et INTARAPANICH, Pichai P., 2016. Characterization and Comparison of Injuries Caused by Accidental and Non-accidental Blunt Force Trauma in Dogs and Cats. *Journal of Forensic Sciences*. 2016. Vol. 61, n° 4, pp. 993-999. DOI 10.1111/1556-4029.13074.
- JAVIER COLINO-RABANAL, Victor, LIZANA, Miguel et PERIS, Salvador J., 2011. Factors influencing wolf *Canis lupus* roadkills in Northwest Spain. *European Journal of Wildlife Research*. juin 2011. Vol. 57, n° 3, pp. 399-409. DOI 10.1007/s10344-010-0446-1.
- KLAINBART, Sigal, BIBRING, Uri, STRICH, Dalia, CHAI, Orit, BDOLAH-ABRAM, Tali, AROCH, Itamar et KELMER, Efrat, 2018. Retrospective evaluation of 140 dogs involved in road traffic accidents. *Veterinary Record*. 2018. Vol. 182, n° 7, pp. 196-196. DOI 10.1136/vr.104293.
- KLEIN, Maïna, 2020. *Contribution à l'étude morphologique des chiens de la renaissance à partir de tableau peints entre 1450 et 1715* [en ligne]. [Consulté le 30 mai 2022]. Disponible à l'adresse : <https://oatao.univ-toulouse.fr/27795/>
- KNIGHT, Rebekah C. et MEESON, R., 2018. Feline head trauma: a CT analysis of skull fractures and their management in 75 cats. *Journal of feline medicine and surgery*. 2018. DOI 10.1177/1098612X18819183.
- KOLATA, R. J., 1980. Trauma in dogs and cats: an overview. *The Veterinary Clinics of North America. Small Animal Practice*. août 1980. Vol. 10, n° 3, pp. 515-522. DOI 10.1016/s0195-5616(80)50051-3.
- KOLATA, R. J. et JOHNSTON, D. E., 1975. Motor vehicle accidents in urban dogs: a study of 600 cases. *Journal of the American Veterinary Medical Association*. 15 novembre 1975. Vol. 167, n° 10, pp. 938-941.

KOLATA, R. J., KRAUT, N. H. et JOHNSTON, D. E., 1974. Patterns of trauma in urban dogs and cats: a study of 1,000 cases. *Journal of the American Veterinary Medical Association*. 1 mars 1974. Vol. 164, n° 5, pp. 499-502.

LANZ, Otto, 2002. Lumbosacral and pelvic injuries. *The Veterinary clinics of North America. Small animal practice*. 1 août 2002. Vol. 32, pp. 949-62, vii. DOI 10.1016/S0195-5616(02)00029-3.

LARIVIÈRE, Serge et PASITSCHNIAK-ARTS, Maria, 1996. *Vulpes vulpes*. *Mammalian Species*. 1996. N° 537, pp. 1-11. DOI 10.2307/3504236.

LENA, Alexia, 2020. *Épidémiologie descriptive des processus morbides des espèces loup et lynx en France, entre 1990 et 2019 : mise en place d'une stratégie de surveillance* [en ligne]. [Consulté le 13 mars 2022]. Disponible à l'adresse : <https://oatao.univ-toulouse.fr/27283/>

LENA, Alexia, PAUL, Mathilde, DUCHAMP, Christophe, VANDEL, Jean-Michel, JEAN, Nicolas, HIVERT, Lorette, DELPONT, Mattias et DECORS, Anouk, 2022. (sous presse). Analyse des causes de mortalité du lynx et du loup en France. *Biodiversité*. 2022.

LIBARDONI, Renato do Nascimento, SERAFINI, Gabriele Maria Callegaro, OLIVEIRA, Carla de, SCHIMITES, Paula Ivanir, CHAVES, Rafael Oliveira, FERANTI, João Pedro Scussel, COSTA, Cesar Augusto Soares, AMARAL, Anne Santos do, RAISER, Alceu Gaspar et SOARES, André Vasconcelos, 2015. Appendicular fractures of traumatic etiology in dogs: 955 cases (2004-2013). *Ciência Rural*. 30 novembre 2015. Vol. 46, n° 3, pp. 542-546. DOI 10.1590/0103-8478cr20150219.

LIEHMANN, Lea, DOERNER, Judith, HITTMAIR, K M, SCHWENDENWEIN, Ilse, REIFINGER, Martin et DUPRE, Gilles, 2012. Pancreatic rupture in four cats with high-rise syndrome. *Journal of feline medicine and surgery*. 1 février 2012. Vol. 14, pp. 131-7. DOI 10.1177/1098612X11431527.

LOVARI, S., SFORZI, A., SCALA, C. et FICO, R., 2007. Mortality parameters of the wolf in Italy: does the wolf keep himself from the door? *Journal of Zoology*. 2007. Vol. 272, n° 2, pp. 117-124. DOI 10.1111/j.1469-7998.2006.00260.x.

LUCAS, Xiomara, AGUT, Amalia, RAMIS, Guillermo, BELDA, Eliseo et SOLER, Marta, 2003. Uterine rupture in a cat. *The Veterinary record*. 1 avril 2003. Vol. 152, pp. 301-2. DOI 10.1136/vr.152.10.301.

MACIAS, C., GIBBONS, S. E. et MCKEE, W. M., 2006. Y-T humeral fractures with supracondylar comminution in five cats. *Journal of Small Animal Practice*. 2006. Vol. 47, n° 2, pp. 89-93. DOI 10.1111/j.1748-5827.2006.00026.x.

MARTI, Iris et RYSER-DEGIORGIS, Marie-Pierre, 2018. Morphometric characteristics of free-ranging Eurasian lynx *Lynx lynx* in Switzerland and their suitability for age estimation. *Wildlife Biology*. 2018. Vol. 2018, n° 1, pp. wlb.00432. DOI 10.2981/wlb.00432.

MECH, L. David, 1974. *Canis lupus*. *Mammalian Species*. 1974. N° 37, pp. 1-6. DOI 10.2307/3503924.

MEESON, Richard et CORR, Sandra, 2011. MANAGEMENT OF PELVIC TRAUMA Neurological damage, urinary tract disruption and pelvic fractures. *Journal of Feline*

*Medicine and Surgery.* mai 2011. Vol. 13, n° 5, pp. 347-361.  
DOI 10.1016/j.jfms.2011.03.011.

MESTRINHO, Lisa A, SEBASTIÃO, Sónia SF, ZWIERUCHO, Maciej A, LUTCHMAN, Aaron, GASCHEN, Lorrie, GOLDSCHMIDT, Stephanie, THATCHER, Graham, IZUMISAWA, Yu et MEESON, Richard L, 2022. CT characterisation and classification of feline temporomandibular joint trauma: a case series of 79 cats. *Journal of Feline Medicine and Surgery.* 31 janvier 2022. pp. 1098612X211066654. DOI 10.1177/1098612X211066654.

MEURET, M., MOULIN, C.-H., BONNET, O., GARDE, L., NOZIÈRES-PETIT, M.-O., LESCUREUX, N., MEURET, M., MOULIN, C.-H., BONNET, O., GARDE, L., NOZIÈRES-PETIT, M.-O. et LESCUREUX, N., 2021. Missing shots: has the possibility of shooting wolves been lacking for 20 years in France's livestock protection measures? *The Rangeland Journal.* 20 janvier 2021. Vol. 42, n° 6, pp. 401-413. DOI 10.1071/RJ20046.

MINISTÈRE DE LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE ET SOLIDAIRE, 2019. *Arrêté du 3 juillet 2019 pris pour l'application de l'article R. 427-6 du code de l'environnement et fixant la liste, les périodes et les modalités de destruction des espèces susceptibles d'occasionner des dégâts - JORF n°0155* [en ligne]. juillet 2019. [Consulté le 1 juillet 2022]. Disponible à l'adresse : <https://www.legifrance.gouv.fr/loda/id/JORFTEXT000038730016/>

MOLNAR, Barbara, 2011. Evaluation de la situation biologique et sociopolitique de la présence du Loup (*Canis lupus*) en France. *Office Fédéral de l'Environnement.* 2011. pp. 11, 13.

MÖRNER, Torsten, ERIKSSON, Hanna, BRÖJER, Caroline, NILSSON, Kristina, UHLHORN, Henrik, AGREN, Erik, HÅRD AF SEGERSTAD, Carl, JANSSON, Désirée et GAVIER-WIDÉN, Dolores, 2005. Diseases and mortality in free-ranging brown bear (*Ursus arctos*), gray wolf (*Canis lupus*), and Wolverine (*Gulo gulo*) in Sweden. *Journal of wildlife diseases.* 1 mai 2005. Vol. 41, pp. 298-303. DOI 10.7589/0090-3558-41.2.298.

MUIR, William, 2006. Trauma: physiology, pathophysiology, and clinical implications. *Journal of Veterinary Emergency and Critical Care.* 2006. Vol. 16, n° 4, pp. 253-263. DOI 10.1111/j.1476-4431.2006.00185.x.

MUNRO, H. M. C. et THRUSFIELD, M. V., 2001. Battered pets': non-accidental physical injuries found in dogs and cats. *Journal of Small Animal Practice.* 2001. Vol. 42, n° 6, pp. 279-290. DOI 10.1111/j.1748-5827.2001.tb02041.x.

MURRAY, Dennis L., BOUTIN, Stan, O'DONOGHUE, Mark et NAMS, Vilis O., 1995. Hunting behaviour of a sympatric felid and canid in relation to vegetative cover. *Animal Behaviour.* 1 janvier 1995. Vol. 50, n° 5, pp. 1203-1210. DOI 10.1016/0003-3472(95)80037-9.

MUSTO, Carmela, CANIGLIA, Romolo, FABBRI, Elena, GALAVERNI, Marco, ROMAGNOLI, Noemi, PINNA, Stefania, BERTI, Elisa, NALDI, Marzia, BOLOGNA, Emanuela, MOLINARI, Luigi, DEL MAGNO, Sara et DELOGU, Mauro, 2020. Conservation at the individual level: successful rehabilitation and post-release monitoring of an Italian wolf (*Canis lupus italicus*) injured in a car accident. *Veterinarski Arhiv.* 2020. Vol. 90, n° 2, pp. 205-212. DOI 10.24099/vet.arhiv.0727.

NAZHVANI, Dehghani et JAHROMI, Raayat, 2013. Surgical repair of distal femoral fracture in a wild gray wolf (*Canis lupus*). *Iranian Journal of Veterinary Research*. 2013. Vol. 14, n° 2, pp. 4.

NIELSEN, Carol A, 1977. Wolf Necropsy Report: Preliminary Pathological Observations. . 1977. pp. 131.

NOWAK, Sabina, MYŚLAJEK, Robert W et JEŃDRZEJEWSKA, Bogumiła, 2008. Density and demography of wolf, *Canis lupus* population in the western-most part of the Polish Carpathian Mountains, 1996–2003. . 2008.

O'BRIEN, Daniel J., BEYER, Dean E. Jr Jr, LARGENT, Erin, MELOTTI, Julie R., OTT-CONN, Caitlin N., LONSWAY, Donald H., COOLEY, Thomas M., ATKINSON, Robert, CLAYSON, Michelle et STRAKA, Kelly A., 2022. Foot Injuries in Michigan, Usa, Gray Wolves (*canis Lupus*), 1992-2014. *Journal of Wildlife Diseases*. janvier 2022. Vol. 58, n° 1, pp. 148-157. DOI 10.7589/JWD-D-21-00022.

OFB, 2018. Le loup. *Le loup en France* [en ligne]. 2018. [Consulté le 22 juillet 2022]. Disponible à l'adresse : <https://www.loupfrance.fr/le-loup/>

OLEAGA, Alvaro, GARCÍA, Amalia, BALSEIRO, Ana, CASAIS, Rosa, MATA, Enrique et CRESPO, Elena, 2019. First description of sarcoptic mange in the endangered Iberian lynx (*Lynx pardinus*): clinical and epidemiological features. *European Journal of Wildlife Research*. 24 avril 2019. Vol. 65, n° 3, pp. 40. DOI 10.1007/s10344-019-1283-5.

ÖZCAN, Ali et ÖZKAZANÇ, Nuri, 2017. Identifying the hotspots of wildlife-vehicle collision on the Çankırı-Kırıkkale highway during summer. *Turkish Journal of Zoology*. 1 janvier 2017. Vol. 41, n° 4, pp. 722-730. DOI 10.3906/zoo-1601-64.

PAPAZOGLU, L. G., GALATOS, A. D., PATSIKAS, M. N., SAVAS, I., LEONTIDES, L., TRIFONIDOU, M. et KARALANOPOULOU, M., 2001. High-rise syndrome in cats: 207 cases (1988-1998). *Australian Veterinary Practitioner*. septembre 2001. Vol. 31, n° 3, pp. 98-102.

PHILLIPS, I. R., 1979. A survey of bone fractures in the dog and cat. *Journal of Small Animal Practice*. 1979. Vol. 20, n° 11, pp. 661-674. DOI 10.1111/j.1748-5827.1979.tb06679.x.

POOLE, K., ELKIN, B., PISZ, T., ELKIN, K. E., ROBERTSON, D. et SABOURIN, M., 1998. Surgical Plating of a Fractured Radius and Ulna in a Wild Canada Lynx. In : *Journal of wildlife diseases*. 1998.

PRATSCHKE, K. et KIRBY, B., 2002. High rise syndrome with impalement in three cats. *The Journal of small animal practice*. 2002. DOI 10.1111/J.1748-5827.2002.TB00070.X.

RANDI, Ettore, 2011. Genetics and conservation of wolves *Canis lupus* in Europe. *Mammal Review*. 18 janvier 2011. Vol. 41, pp. 99-111. DOI 10.1111/j.1365-2907.2010.00176.x.

RÉSEAU LOUP-LYNX, 2022. Lynx flash info - Lettre d'information du réseau Loup-lynx. . février 2022.

RICHARD, Cassie et REESE, Laura A., 2019. The Interpersonal Context of Human/Nonhuman Animal Violence. *Anthrozoös*. 2 janvier 2019. Vol. 32, n° 1, pp. 65-87. DOI 10.1080/08927936.2019.1550282.

ROCHLITZ, I., 2004. Clinical study of cats injured and killed in road traffic accidents in Cambridgeshire. *The Journal of Small Animal Practice*. août 2004. Vol. 45, n° 8, pp. 390-394. DOI 10.1111/j.1748-5827.2004.tb00253.x.

ROLLINGS, Christopher, ROZANSKI, Elizabeth A., DELAFORCADE, Armelle, KOWALESKI, Michael et RUSH, John E., 2001. Traumatic Mesenteric Avulsion and Subsequent Septic Peritonitis in a Dog. *Journal of Veterinary Emergency and Critical Care*. 2001. Vol. 11, n° 3, pp. 211-215. DOI 10.1111/j.1476-4431.2001.tb00086.x.

RUBIN, J. A., KIM, S. E. et BACON, N. J., 2013. Traumatic tympanic bulla fracture. *Journal of Small Animal Practice*. novembre 2013. Vol. 54, n° 11, pp. 605-609. DOI 10.1111/jsap.12114.

RYTWINSKI, Trina et FAHRIG, Lenore, 2015. The Impacts of Roads and Traffic on Terrestrial Animal Populations. In : *Handbook of Road Ecology* [en ligne]. John Wiley & Sons, Ltd. pp. 237-246. [Consulté le 18 mars 2022]. ISBN 978-1-118-56817-0. Disponible à l'adresse : <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/9781118568170.ch28>

SAENZ-DE-SANTA-MARIA, Antonio et TELLERIA, Jose L., 2015. Wildlife-vehicle collisions in Spain. *European Journal of Wildlife Research*. juin 2015. Vol. 61, n° 3, pp. 399-406. DOI 10.1007/s10344-015-0907-7.

SALVATORI, Valeria et LINNELL, John, 2005. Report on the Conservation Status and Threats for Wolf (*Canis lupus*) in Europe. . 1 novembre 2005.

SANROMAN-LLORENS, Fidel, WHYTE, Ana, GODINHO, Pedro, CASTELLS, Enrique et FRAGA, Eduardo, 2020. Traumatic Tympanic Bulla Fracture in a Cat With Severe Head Trauma. *Frontiers in Veterinary Science*. 7 août 2020. Vol. 7, pp. 372. DOI 10.3389/fvets.2020.00372.

SCHMIDT-POSTHAUS, Heike, BREITENMOSER-WÖRSTEN, Christine, POSTHAUS, Horst, BACCIARINI, Luca et BREITENMOSER, Urs, 2002. CAUSES OF MORTALITY IN REINTRODUCED EURASIAN LYNX IN SWITZERLAND. *Journal of Wildlife Diseases*. janvier 2002. Vol. 38, n° 1, pp. 84-92. DOI 10.7589/0090-3558-38.1.84.

SHAMIR, M. H., LEISNER, S., KLEMENT, E., GONEN, E. et JOHNSTON, D. E., 2002. Dog Bite Wounds in Dogs and Cats: a Retrospective Study of 196 Cases. *Journal of Veterinary Medicine Series A*. 2002. Vol. 49, n° 2, pp. 107-112. DOI 10.1046/j.1439-0442.2002.jv416.x.

SIGRIST, Nadja E., DOHERR, Marcus G. et SPRENG, David E., 2004. Clinical findings and diagnostic value of post-traumatic thoracic radiographs in dogs and cats with blunt trauma. *Journal of Veterinary Emergency and Critical Care*. 2004. Vol. 14, n° 4, pp. 259-268. DOI 10.1111/j.1476-4431.2004.04024.x.

SIMPSON, Stephen A., SYRING, Rebecca et OTTO, Cynthia M., 2009. Severe blunt trauma in dogs: 235 cases (1997-2003). *Journal of Veterinary Emergency and Critical Care (San Antonio, Tex.: 2001)*. décembre 2009. Vol. 19, n° 6, pp. 588-602. DOI 10.1111/j.1476-4431.2009.00468.x.

SINDIČIĆ, Magda, GOMERČIĆ, Tomislav, KUSAK, Josip, SLIJEPČEVIĆ, Vedran, HUBER, Đuro et FRKOVIĆ, Alojzije, 2016. Mortality in the Eurasian lynx population in



- Croatia over the course of 40 years. *Mammalian Biology*. 1 mai 2016. Vol. 81, n° 3, pp. 290-294. DOI 10.1016/j.mambio.2016.02.002.
- SPACKMAN, C. J., CAYWOOD, D. D., FEENEY, D. A. et JOHNSTON, G. R., 1984. Thoracic wall and pulmonary trauma in dogs sustaining fractures as a result of motor vehicle accidents. *Journal of the American Veterinary Medical Association*. 1 novembre 1984. Vol. 185, n° 9, pp. 975-977.
- STAHL, P. et VANDEL, J., 1999. Mortalité et captures de lynx (*Lynx lynx*) en France (1974-1998). *Mammalia*. 1999. N° 1, pp. 49-59. DOI 10.1515/mamm.1999.63.1.49.
- STHDA, 2017. ACP - Analyse en Composantes Principales avec R: L'Essentiel. *STHDA* [en ligne]. 15 octobre 2017. [Consulté le 3 juin 2022]. Disponible à l'adresse : <http://www.sthda.com/french/articles/38-methodes-des-composantes-principales-dans-r-guide-pratique/73-acp-analyse-en-composantes-principales-avec-r-l-essentiel/>
- STREETER, Elizabeth M., ROZANSKI, Elizabeth A., LAFORCADE-BURESS, Armelle de, FREEMAN, Lisa M. et RUSH, John E., 2009. Evaluation of vehicular trauma in dogs: 239 cases (January–December 2001). *Journal of the American Veterinary Medical Association*. 15 août 2009. Vol. 235, n° 4, pp. 405-408. DOI 10.2460/javma.235.4.405.
- TAYLOR, M. E., 1971. Bone diseases and fractures in East African Viverridae. *Canadian Journal of Zoology*. 1 juillet 1971. Vol. 49, n° 7, pp. 1035-1042. DOI 10.1139/z71-159.
- TONG, L. J., 2014. Fracture characteristics to distinguish between accidental injury and non-accidental injury in dogs. *The Veterinary Journal*. 1 mars 2014. Vol. 199, n° 3, pp. 392-398. DOI 10.1016/j.tvjl.2013.08.019.
- TROTT, A., 1988. Mechanisms of surface soft tissue trauma. *Annals of Emergency Medicine*. décembre 1988. Vol. 17, n° 12, pp. 1279-1283. DOI 10.1016/s0196-0644(88)80353-6.
- TRUKHACHEV, Vladimir Ivanovich, TCYGANSKY, Roman Aleksandrovich, NEKRASOVA, Irina Ivanovna, KHORISHKO, Peter Anatol'evich et SHULUNOVA, Angelina Nikolaevna, 2016. Ultrasound Characteristics of Traumatic Spleen Injuries in Small Animals. *Research Journal of Pharmaceutical Biological and Chemical Sciences* [en ligne]. décembre 2016. Vol. 7, n° 6. [Consulté le 18 mars 2022]. Disponible à l'adresse : <https://www.webofscience.com/wos/woscc/full-record/WOS:000410795300225>
- UICN FRANCE, MNHN, SFPEM et ONCFS, 2017. *La Liste rouge des espèces menacées en France*. 2017. Chapitre Mammifères de France métropolitaine. Paris, France.
- UMPHLET, Randall C. et JOHNSON, A. L., 1988. Mandibular Fractures in the Cat A Retrospective Study. *Veterinary Surgery*. 1988. Vol. 17, n° 6, pp. 333-337. DOI 10.1111/j.1532-950X.1988.tb01028.x.
- VANDEL, Jean-Michel et STAHL, Philippe, 2005. Distribution trend of the Eurasian lynx *Lynx lynx* populations in France. . 1 juillet 2005. Vol. 69, n° 2, pp. 145-158. DOI 10.1515/mamm.2005.013.
- VNUK, D., PIRKIĆ, B., MATIČIĆ, D., RADIŠIĆ, B., STEJSKAL, M., BABIĆ, T., KRESZINGER, M. et LEMO, N., 2004. Feline high-rise syndrome: 119 cases (1998–2001). *Journal of Feline Medicine and Surgery*. 1 octobre 2004. Vol. 6, n° 5, pp. 305-312. DOI 10.1016/j.jfms.2003.07.001.

WARNER, K. G. et DEMLING, R. H., 1986. The pathophysiology of free-fall injury. *Annals of Emergency Medicine*. septembre 1986. Vol. 15, n° 9, pp. 1088-1093. DOI 10.1016/s0196-0644(86)80134-2.

WHITNEY, W. O. et MEHLHAFF, C. J., 1987. High-rise syndrome in cats. *Journal of the American Veterinary Medical Association*. 1 décembre 1987. Vol. 191, n° 11, pp. 1399-1403.

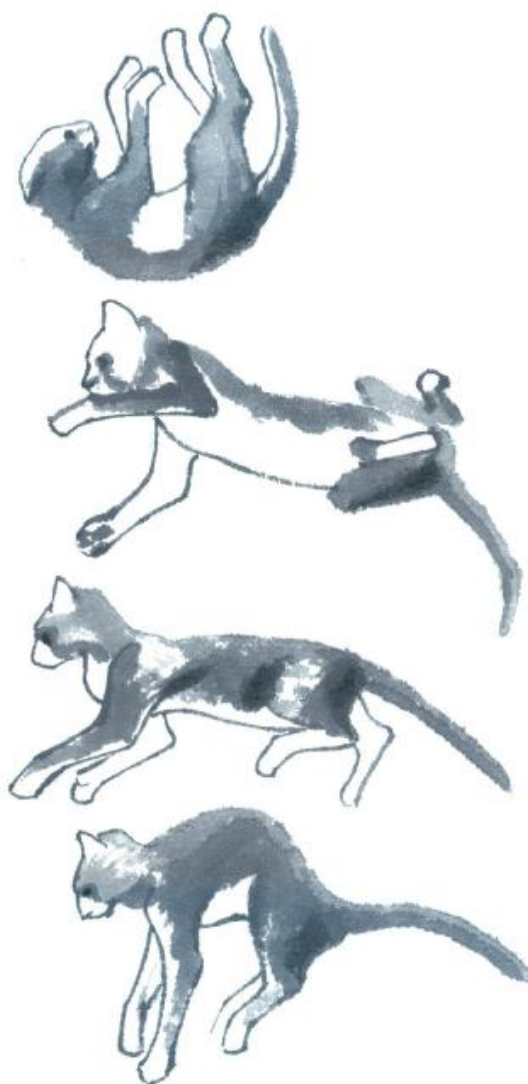
WILSON, J. L., GRUFFYDD-JONES, T. J. et MURRAY, J. K., 2017. Risk factors for road traffic accidents in cats up to age 12 months that were registered between 2010 and 2013 with the UK pet cat cohort ('Bristol Cats'). *Veterinary Record*. 2017. Vol. 180, n° 8, pp. 195-195. DOI 10.1136/vr.103859.

WOBESER, G., 1992. Traumatic, degenerative, and developmental lesions in wolves and coyotes from Saskatchewan. *Journal of Wildlife Diseases*. avril 1992. Vol. 28, n° 2, pp. 268-275. DOI 10.7589/0090-3558-28.2.268.

## **ANNEXES**



**Annexe 1 : Chronophotographie montrant la réaction de redressement d'un chat au cours de sa chute  
(Duhautois, Pucheu, Juillet 2010)**



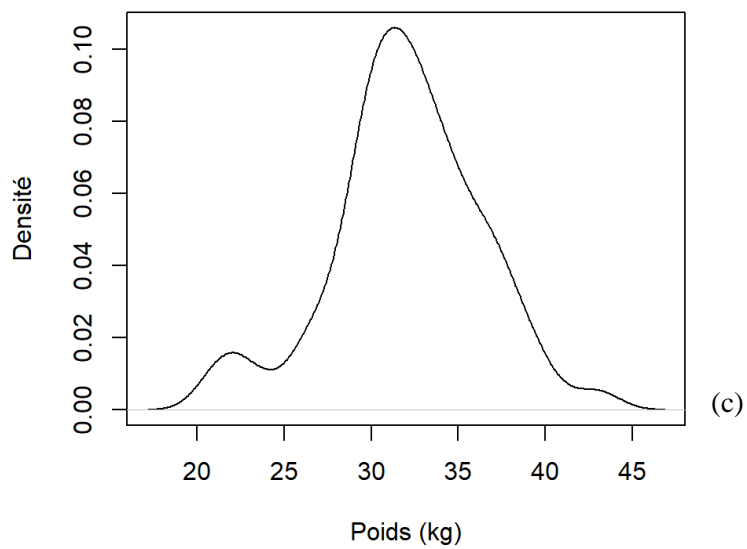
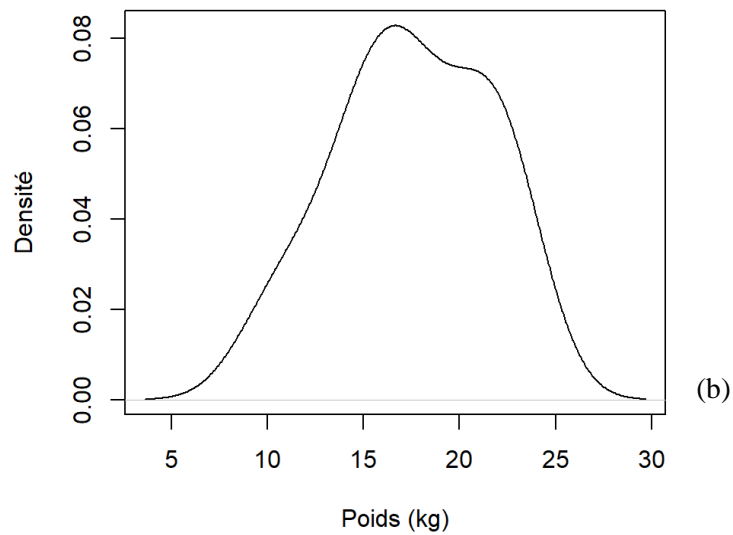
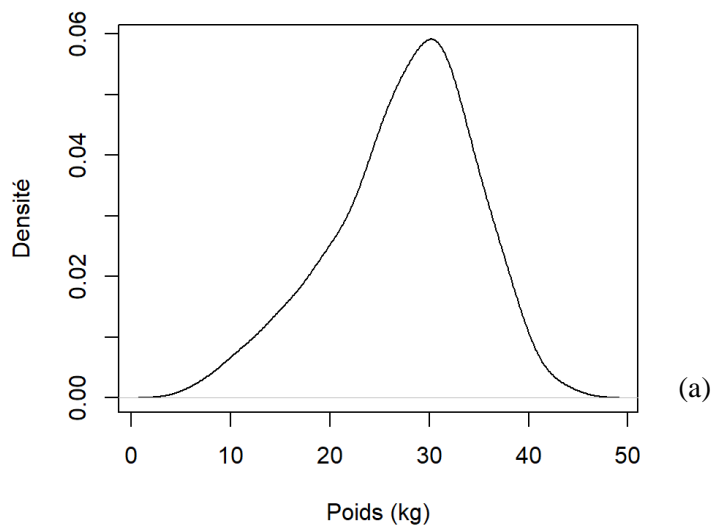
**Annexe 2 : Captures d'écran d'un extrait du tableau Excel présentant les événements dont la cause de la mort est d'origine traumatique**

Événement	Echantillon	Espèce	Plan	Matrice	Analyte Générique	Analyte Spécifique	Méthode	VPR	Commentaire
100520	100520-1	Renard roux	PLAN AUTOPSIE	Cadavre	Vasculaire	Anémie	Examen nécropsique	Présence	inconnu
100520	100520-1	Renard roux	PLAN AUTOPSIE	Noeud lymphatique	Inflammatoire	Congestif/Hémorragique	Examen nécropsique	Présence	+++adénite non caractérisée des NL
100520	100520-1	Renard roux	PLAN AUTOPSIE	Tissus sous-cutané	Inflammatoire	Exsudatif	Examen nécropsique	Présence	sevérefocalemement extensifsubaigu
100520	100520-1	Renard roux	PLAN AUTOPSIE	Plèvre	Inflammatoire	Fibreux	Examen nécropsique	Présence	+++adhérences
100520	100520-1	Renard roux	PLAN AUTOPSIE	Rate	Inflammatoire	Hyperplasique/hypertrophique	Examen nécropsique	Présence	++
100520	100520-1	Renard roux	PLAN AUTOPSIE	Peau	Mécanique et traumatique	Plaie profonde	Examen nécropsique	Présence	sevérefmultifocallsubaigu2 plaies to
100520	100520-1	Renard roux	PLAN CONCLUSION DEFINITIVE	Cadavre entier	Conclusion définitive	Processus pathologique principal	Méthode np	Traumatisme autre	Morsure
100520	100520-1	Renard roux	PLAN AUTOPSIE	Tissus sous-cutané	Inflammatoire	Suppuré	Examen nécropsique	Phlegmon	sevérefocalemement extensifsubaigu
100520	100520-1	Renard roux	PLAN AUTOPSIE	Bronches	Inflammatoire	Suppuré	Examen nécropsique	Présence	+++présence de mucopus
101847	101847-1	Loup gris	PLAN AUTOPSIE	Foie	Mécanique et traumatique	Fissure	Examen nécropsique	Présence	sevérefmultifocallaigu
101847	101847-1	Loup gris	PLAN AUTOPSIE	Cavité abdominale et rétropérinéale	Vasculaire	Hémorragie	Examen nécropsique	Présence	sevérefocallaigu sous la voule lomb.
101847	101847-1	Loup gris	PLAN AUTOPSIE	Poumons	Vasculaire	Hémorragie	Examen nécropsique	Présence	sevérefmultifocallaigu3 fragments d
101847	101847-1	Loup gris	PLAN AUTOPSIE	Cavité thoracique	Vasculaire	Hémorragie	Examen nécropsique	Présence	sevérefmultifocallaigu plusieurs frag
101847	101847-1	Loup gris	PLAN AUTOPSIE	Peau	Mécanique et traumatique	Plaie cutanée ou muqueuse	Examen nécropsique	Présence	sevérefmultifocallaigu fragments de
101847	101847-1	Loup gris	PLAN CONCLUSION DEFINITIVE	Cadavre entier	Conclusion définitive	Processus pathologique principal	Méthode np	Traumatisme tir	Braconnage. Lésions traumatiques e
101847	101847-1	Loup gris	PLAN AUTOPSIE	Estomac/caillette	Mécanique et traumatique	Rupture	Examen nécropsique	Présence	sevérefocallaigu2 fragments de pro
101847	101847-1	Loup gris	PLAN AUTOPSIE	Coeur	Mécanique et traumatique	Rupture	Examen nécropsique	Présence	sevérefmultifocallaigu vaisseaux pul
107567	107567-1	Renard roux	PLAN CONCLUSION DEFINITIVE	Cadavre entier	Conclusion définitive	Cause définitive de la mort (collision, sacrifice, entérotox)	Méthode np	Traumatisme tir	inconnu
107567	107567-1	Renard roux	PLAN AUTOPSIE	Muscle	Vasculaire	Hémorragie	Examen nécropsique	Hématomes	+++sur encolure et parois thoracique
107567	107567-1	Renard roux	PLAN AUTOPSIE	Cavité thoracique	Vasculaire	Hémorragie	Examen nécropsique	Hémorragie	
107567	107567-1	Renard roux	PLAN AUTOPSIE	Cavité thoracique	Mécanique et traumatique	Plaie profonde	Examen nécropsique	Présence	+++Perforation par les plombs côté L
109323	109323-1	Renard roux	PLAN AUTOPSIE	Os	Mécanique et traumatique	Fracture	Examen nécropsique	Comminutif/Multiple	sevérefmultifocallaigu5 côtes
109323	109323-1	Renard roux	PLAN AUTOPSIE	Tissus sous-cutané	Vasculaire	Hémorragie	Examen nécropsique	Hématomes	+++flanc droit
109323	109323-1	Renard roux	PLAN AUTOPSIE	Cavité abdominale et rétropérinéale	Vasculaire	Hémorragie	Examen nécropsique	Hémorragie	
109323	109323-1	Renard roux	PLAN AUTOPSIE	Cavité thoracique	Vasculaire	Hémorragie	Examen nécropsique	Hémorragie	
109323	109323-1	Renard roux	PLAN CONCLUSION DEFINITIVE	Cadavre entier	Conclusion définitive	Processus pathologique principal	Méthode np	Traumatisme autre	nature indéterminée : collision avec
109323	109323-1	Renard roux	PLAN AUTOPSIE	Foie	Mécanique et traumatique	Rupture	Examen nécropsique	Présence	sevérefmultifocallaigu
109323	109323-1	Renard roux	PLAN AUTOPSIE	Poumons	Mécanique et traumatique	Rupture	Examen nécropsique	Présence	sevérefmultifocallaigu

L'avez-vous achevé?	Comment l'avez-vous achevé?	Sexe	Age	Etat corporel_Labo	Poids	Milieu de prélèvement	Infrastructures à proximité	Type de prélèvement	Vos hypothèses pour expliquer la mortalité?	Cadavre de bord de route	Description du site
OUI	Coup de bâton derrière	MÂLE	ADULTE	Très maigre / E	NA	VILLE OU VILLAGE	zone habitée / AUTRE	DÉCOUVERTE ANIMAL MORT OU MALADE	-	-	-
OUI	Coup de bâton derrière	MÂLE	ADULTE	Très maigre / E	NA	VILLE OU VILLAGE	zone habitée / AUTRE	DÉCOUVERTE ANIMAL MORT OU MALADE	-	-	-
OUI	Coup de bâton derrière	MÂLE	ADULTE	Très maigre / E	NA	VILLE OU VILLAGE	zone habitée / AUTRE	DÉCOUVERTE ANIMAL MORT OU MALADE	-	-	-
OUI	Coup de bâton derrière	MÂLE	ADULTE	Très maigre / E	NA	VILLE OU VILLAGE	zone habitée / AUTRE	DÉCOUVERTE ANIMAL MORT OU MALADE	-	-	-
OUI	Coup de bâton derrière	MÂLE	ADULTE	Très maigre / E	NA	VILLE OU VILLAGE	zone habitée / AUTRE	DÉCOUVERTE ANIMAL MORT OU MALADE	-	-	-
OUI	Coup de bâton derrière	MÂLE	ADULTE	Très maigre / E	NA	VILLE OU VILLAGE	zone habitée / AUTRE	DÉCOUVERTE ANIMAL MORT OU MALADE	-	-	-
OUI	Coup de bâton derrière	MÂLE	ADULTE	Très maigre / E	NA	VILLE OU VILLAGE	zone habitée / AUTRE	DÉCOUVERTE ANIMAL MORT OU MALADE	-	-	-
OUI	Coup de bâton derrière	MÂLE	ADULTE	Très maigre / E	NA	VILLE OU VILLAGE	zone habitée / AUTRE	DÉCOUVERTE ANIMAL MORT OU MALADE	-	-	-
OUI	Coup de bâton derrière	MÂLE	ADULTE	Très maigre / E	NA	VILLE OU VILLAGE	zone habitée / AUTRE	DÉCOUVERTE ANIMAL MORT OU MALADE	-	-	-
NON	-	FEMELLE	9 mois / IMMATURE	17 kg / EXCELLE	17	-	-	-	Ne sait pas	-	-
NON	-	FEMELLE	9 mois / IMMATURE	17 kg / EXCELLE	17	-	-	-	Ne sait pas	-	-
NON	-	FEMELLE	9 mois / IMMATURE	17 kg / EXCELLE	17	-	-	-	Ne sait pas	-	-
NON	-	FEMELLE	9 mois / IMMATURE	17 kg / EXCELLE	17	-	-	-	Ne sait pas	-	-
NON	-	FEMELLE	9 mois / IMMATURE	17 kg / EXCELLE	17	-	-	-	Ne sait pas	-	-
NON	-	FEMELLE	9 mois / IMMATURE	17 kg / EXCELLE	17	-	-	-	Ne sait pas	-	-
NON	-	FEMELLE	9 mois / IMMATURE	17 kg / EXCELLE	17	-	-	-	Ne sait pas	-	-
NON	-	FEMELLE	9 mois / IMMATURE	17 kg / EXCELLE	17	-	-	-	Ne sait pas	-	-
NON	-	MÂLE	ADULTE	6,24Kg / BON	6,24	-	-	-	-	-	-
NON	-	MÂLE	ADULTE	6,24Kg / BON	6,24	-	-	-	-	-	-
NON	-	MÂLE	ADULTE	6,24Kg / BON	6,24	-	-	-	-	-	-
NON	-	MÂLE	ADULTE	6,24Kg / BON	6,24	-	-	-	-	-	-
NON	-	MÂLE	NE SAIT PAS	NE SAIT PAS	NA	NE SAIT PAS	NE SAIT PAS	DÉCOUVERTE ANIMAL MORT OU MALADE	-	-	-
NON	-	MÂLE	NE SAIT PAS	NE SAIT PAS	NA	NE SAIT PAS	NE SAIT PAS	DÉCOUVERTE ANIMAL MORT OU MALADE	-	-	-
NON	-	MÂLE	NE SAIT PAS	NE SAIT PAS	NA	NE SAIT PAS	NE SAIT PAS	DÉCOUVERTE ANIMAL MORT OU MALADE	-	-	-
NON	-	MÂLE	NE SAIT PAS	NE SAIT PAS	NA	NE SAIT PAS	NE SAIT PAS	DÉCOUVERTE ANIMAL MORT OU MALADE	-	-	-
NON	-	MÂLE	NE SAIT PAS	NE SAIT PAS	NA	NE SAIT PAS	NE SAIT PAS	DÉCOUVERTE ANIMAL MORT OU MALADE	-	-	-
NON	-	MÂLE	NE SAIT PAS	NE SAIT PAS	NA	NE SAIT PAS	NE SAIT PAS	DÉCOUVERTE ANIMAL MORT OU MALADE	-	-	-
NON	-	MÂLE	NE SAIT PAS	NE SAIT PAS	NA	NE SAIT PAS	NE SAIT PAS	DÉCOUVERTE ANIMAL MORT OU MALADE	-	-	-

Les colonnes de gauche correspondent aux informations relatives à l'échantillon et les colonnes de droite aux informations relatives à l'évènement.

**Annexe 3 : Courbes de densité de poids des loups mâles et des loups femelles (a), des loups avec un poids inférieur à 25 kg (b) et des loups avec un poids supérieur à 20 kg (c)**





#### Annexe 4 : Capture d'écran du tableau Excel final pour l'analyse factorielle des cas de loups

Echantillon	Trauma	Poids	Te_va	Th_va	Mt_va	Ab_va	Mp_va	Te_pl	Th_pl	Mt_pl	Ab_pl	Mp_pl	Te_fra	Th_fra	Ab_fra	Mt_fra	Mp_fra	Th_rup	Ab_rup
117282-1	Indéterminé	NA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
125629-1	Indéterminé	[24-43]	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
132758-1	Indéterminé	NA	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
136104-1	Indéterminé	[24-43]	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
139437-1	Indéterminé	[24-43]	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
139501-1	Indéterminé	NA	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
139523-1	Indéterminé	NA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
142869-1	Indéterminé	NA	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
143547-1	Indéterminé	NA	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
146077-1	Indéterminé	NA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
101847-1	Tir	[0-24]	0	1	0	1	0	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1
112413-1	Collision	NA	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	1
113452-1	Collision	[0-24]	1	1	0	Collision	1	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1
115492-1	Collision	[0-24]	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
115919-1	Collision	[24-43]	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	1	1	1	0	0	1	1
115945-1	Collision	NA	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
117281-1	Indéterminé	NA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
117726-1	Tir	[24-43]	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
118130-1	Collision	[0-24]	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
118174-1	Tir	[0-24]	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
118235-1	Tir	[0-24]	0	1	0	Tir	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
118243-1	Tir	[24-43]	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0
118247-1	Tir	[24-43]	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
118250-1	Morsure	[24-43]	1	1	1	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
118251-1	Tir	[0-24]	0	1	0	Tir	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1
118702-1	Tir	[0-24]	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
118703-1	Tir	[24-43]	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0
118704-1	Tir	[24-43]	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0
118705-1	Tir	[0-24]	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
118711-1	Tir	[24-43]	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
119477-1	Indéterminé	NA	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
119478-1	Indéterminé	NA	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1
119479-1	Tir	NA	1	1	0	Tir	0	0	0	1	0	0	1	1	0	1	0	1	0
119498-1	Indéterminé	NA	1	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	0	0

**Annexe 5 : Détail des lésions présentes dans les catégories Atteinte ostéo-articulaire (a) et Rupture ou fissure de tissus mous (b) chez les espèces sauvages**

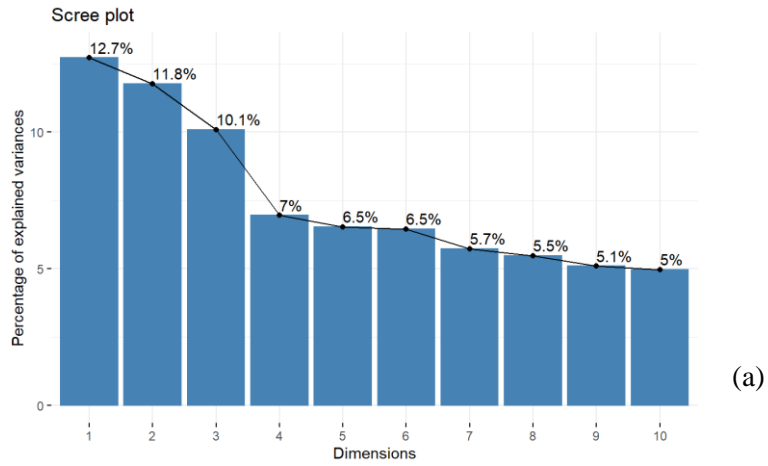
(a)	<b>Tête et cou</b>	<b>Thorax</b>	<b>Membre thoracique</b>	<b>Abdomen</b>	<b>Membre pelvien</b>
Fracture	Os du crâne Os de la face Mâchoire Dent  Vertèbres cervicales	Côtes Vertèbres thoraciques	Scapula Humérus Radius/Ulna Os du carpe Phalanges	Vertèbres lombaires Vertèbres sacrales	Bassin Fémur Tibia/Fibula Os du tarse et métatarse Phalanges
Luxation		Côtes Vertèbres thoraciques	Epaule Coude	Vertèbres lombaires	Hanche Genou

(b)	<b>Tête et cou</b>	<b>Thorax</b>	<b>Abdomen</b>
Rupture ou fissure de tissus mous	Œil Trachée (partie cervicale) Muscles cervicaux Cerveau	Poumon Cœur Diaphragme Trachée (partie thoracique) Œsophage	Foie Rein Rate Intestins Estomac Utérus
Hernie		Thoracique	Abdominale

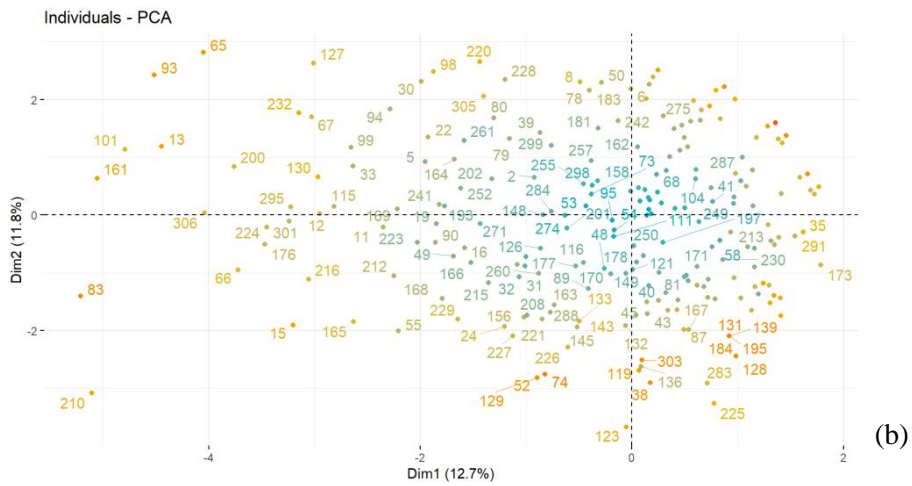
**Annexe 6 : Détail des lésions présentes dans la catégorie Atteinte ostéo-articulaire chez les espèces domestiques**

	<b>Tête et cou</b>	<b>Thorax</b>	<b>Membre thoracique</b>	<b>Abdomen</b>	<b>Membre pelvien</b>
Fracture	Os du crâne Dents Os de la face Mâchoire	Côtes Vertèbres thoraciques	Scapula Humérus Radius/Ulna	Vertèbres lombaires Vertèbres sacrales	Bassin Fémur Tibia/Fibula Os du tarse et métatarse
Luxation	Articulation temporo-mandibulaire Dentaire	Côtes Vertèbres thoraciques	Coude Carpe	Vertèbres lombaires	Bassin Genou

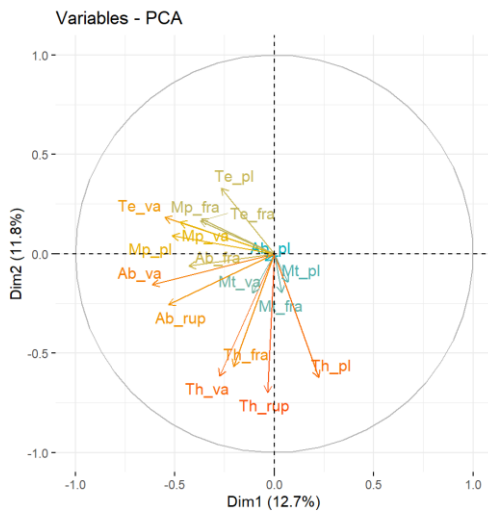
**Annexe 7 : Graphiques générés par l'ACP des cas de loups sans les cas de morsures et de dérochages**  
**(a) Graphique des valeurs propres / (b) Nuage de points / (c) et (d) Graphiques de corrélation des variables sur les axes 1 et 2, et sur les axes 1 et 3**



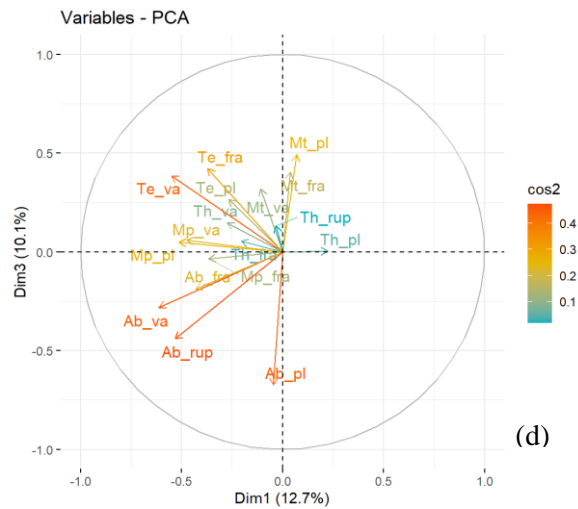
(a)



(b)



(c)



(d)



**NOM:** Bouillot **PRENOM:** Pauline

**TITRE :** Etude rétrospective des lésions associées aux traumatismes physiques chez les carnivores sauvages (Loup, Lynx, Renard) et domestiques (Chien et Chat) en France

**RESUME :** Déterminer la cause d'un traumatisme peut se révéler difficile, particulièrement pour la faune sauvage. Afin de mieux comprendre les associations entre causes de traumatismes, lésions et espèces, nous avons, dans un premier temps, réalisé une synthèse de la bibliographie relative aux traumatismes chez les espèces Loup, Lynx, Renard, Chien et Chat. Dans un deuxième temps, l'analyse des données nécropsiques de cadavres des carnivores sauvages collectés par le réseau SAGIR entre 2014 et 2022 (Office Français de la Biodiversité), et des dossiers médicaux des carnivores domestiques reçus à l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse entre 2011 et 2022 a mis en évidence des associations entre lésions, espèces et nature des traumatismes. Ces résultats pourront servir de pistes dans l'identification des causes de traumatismes lors d'autopsies de carnivores sauvages, et ainsi participer à la distinction entre une destruction illégale et toute cause accidentelle ou naturelle de mort, lors d'enquêtes médico-légales.

**MOTS-CLES :** Traumatisme, lésions, fractures, mortalité, destruction illégale, carnivores sauvages, carnivores domestiques, analyse factorielle

---

**TITLE:** Retrospective study of lesions associated with physical trauma in wild carnivores (Wolf, Lynx, Fox) and domestic carnivores (Dog and Cat) in France

**ABSTRACT:** Defining the cause of trauma can be difficult, especially for wildlife. In order to better understand the associations between causes of trauma, lesions and species, a synthesis of the bibliography relating to trauma in Wolf, Lynx, Fox, Dog and Cat species, was first realized. In a second part, necropsy data from the corpses of wild carnivores collected by SAGIR (a national epidemiological surveillance system conducted by the French Office for Biodiversity) between 2014 and 2022, and the medical files of domestic carnivores received at the National Veterinary School of Toulouse between 2011 and 2022, have been analyzed. Analyses highlighted associations between lesions, species and nature of trauma. These results could serve as leads in identifying the causes of trauma during autopsies of wild carnivores, and thus they could contribute to distinguish between illegal destruction and any accidental or natural cause of death, during forensic investigations.

**KEY WORDS:** Trauma, lesions, fractures, mortality, illegal destruction, wild carnivores, domestic carnivores, multivariate analysis