



HAL
open science

Élaboration d'une méthode d'évaluation sanitaire par piégeage photographique du lynx boréal lynx lynx et description spatio-temporelle des affections détectées en France entre 1997 et 2020

Laura Lenglin

► **To cite this version:**

Laura Lenglin. Élaboration d'une méthode d'évaluation sanitaire par piégeage photographique du lynx boréal lynx lynx et description spatio-temporelle des affections détectées en France entre 1997 et 2020. Sciences du Vivant [q-bio]. 2024. dumas-04646018

HAL Id: dumas-04646018

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-04646018v1>

Submitted on 12 Jul 2024

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.

**ÉLABORATION D'UNE MÉTHODE D'ÉVALUATION
SANITAIRE PAR PIÉGEAGE PHOTOGRAPHIQUE DU
LYNX BORÉAL *LYNX LYNX* ET DESCRIPTION SPATIO-
TEMPORELLE DES AFFECTIONS DÉTECTÉES EN
FRANCE ENTRE 1997 ET 2020**

TOME I - Manuscrit

THÈSE

pour l'obtention du diplôme d'État de

DOCTEUR VÉTÉRINAIRE

présentée et soutenue publiquement

le **15 mars 2024**

par

Laura LENGLIN

Née le 5 mars 1997 à Saint-Lô (50)

Sous la direction de

Monsieur Philippe Gourlay

Président du jury : Monsieur François Beaudeau, DVM, Professeur, Oniris

Membres du jury : Monsieur Philippe Gourlay, DVM, PhD, Oniris

Madame, Nora Navarro-Gonzalez, DVM, PhD, Oniris

Membres invités : Madame, Anouk Decors, DVM, Office Français de la Biodiversité

Madame, Delphine Chenesseau, Office Français de la Biodiversité

**ÉLABORATION D'UNE MÉTHODE D'ÉVALUATION
SANITAIRE PAR PIÉGEAGE PHOTOGRAPHIQUE DU
LYNX BORÉAL *LYNX LYNX* ET DESCRIPTION SPATIO-
TEMPORELLE DES AFFECTIONS DÉTECTÉES EN
FRANCE ENTRE 1997 ET 2020**

TOME I - Manuscrit

THÈSE

pour l'obtention du diplôme d'État de

DOCTEUR VÉTÉRINAIRE

présentée et soutenue publiquement

le **15 mars 2024**

par

Laura LENGLIN

Née le 5 mars 1997 à Saint-Lô (50)

Sous la direction de

Monsieur Philippe Gourlay

Président du jury : Monsieur François Beaudeau, DVM, Professeur, Oniris

Membres du jury : Monsieur Philippe Gourlay, DVM, PhD, Oniris

Madame, Nora Navarro-Gonzalez, DVM, PhD, Oniris

Membres invités : Madame, Anouk Decors, DVM, Office Français de la Biodiversité

Madame, Delphine Chenesseau, Office Français de la Biodiversité

Département BPSA Biologie, Pathologie et Sciences de l'Aliment

Responsable : Emmanuel JAFFRES – Adjointe : Frédérique NGUYEN

Pharmacologie et Toxicologie	Jean-Claude DESFONTIS (Pr) Yassine MALLEM (Pr) Hervé POULIQUEN (Pr)	Antoine ROSTANG (MC) Meg-Anne MORICEAU (CERC) Martine KAMMERER (PR émérite)
Physiologie fonctionnelle, cellulaire et moléculaire	Jean-Marie BACH (Pr) Lionel MARTIGNAT (Pr) Julie HERVE (MC HDR) Grégoire MIGNOT (MC)	Solenn GAVAUD (CERC)
Histologie et anatomie pathologique	Marie-Anne COLLE (Pr) Pierre CORDIER (CERC) Jérôme ABADIE (MC)	Laetitia JAILLARDON (MC) Frédérique NGUYEN (MC)
Biochimie alimentaire industrielle	Carole PROST (Pr) Joëlle GRUA (MC)	Clément CATANEO (MC) Alix KHALIL (MC) Laurent LE THUAUT (MC)
Microbiotech	Hervé PREVOST (Pr) Géraldine BOUE (MC) Nabila HADDAD (MC HDR) Emmanuel JAFFRES (MC HDR)	Mathilde MOSSER (MC) Boris MISERY (MC) Raouf TAREB (MC) Quentin PRUVOST (CEC)
PACENV = VET1	Eléonore BOUGUYON (PRAG) Nicolas BROSSAUD (PRAG)	Charlotte MOCQUARD (PRAG) Aurore CALVEL (PRAG)

Département SAESP Santé des Animaux d'Élevage et Santé Publique

Responsable : Raphaël GUATTEO – Adjoint : Jean-Michel CAPPELIER

Élevage, nutrition et santé des animaux domestiques	Nathalie BAREILLE (Pr) François BEAUDEAU (Pr) Christine FOURICHON (Pr)	Juan Manuel ARIZA CHACON (MC) Ségoène CALVEZ (Pr) Aurélien MADOUASSE (MC HDR) Nora NAVARRO-GONZALES (MC)
Infectiologie	Alain CHAUVIN (Pr) François MEURENS (Pr) Emmanuelle MOREAU (Pr) Nathalie RUVOEN-CLOUET (Pr) Pauline MAISONNASSE (CERC)	Albert AGOULON (MC) Suzanne BASTIAN (MC) Léa LOISEL (AERC) Kenny OBERLE (MC) Nadine RAVINET (MC)
Médecine des animaux d'élevage	Catherine BELLOC (Pr) Christophe CHARTIER (Pr émérite) Raphaël GUATTEO (Pr) Anne RELUN (MC)	Sébastien ASSIE (MC) Isabelle BREYTON (MC) Mily LEBLANC MARIDOR (MC) Maud ROUAULT (AERC)
Hygiène et qualité des aliments	Jean-Michel CAPPELIER (Pr) Louis DELAUNAY (CERC) Bruno LE BIZEC (Pr) Marie-France PILET (Pr)	Sofia STRUBBIA (MC) Fanny RENOIS-MEURENS (MC HDR)

Département DSC Sciences cliniques		
Responsable : Catherine IBISCH – Adjoint : Marion FUSELLIER		
Anatomie comparée	Eric BETTI (MC) Claude GUINTARD (MC)	
Pathologie chirurgicale et anesthésiologie	Eric AGUADO (Pr) Olivier GAUTHIER (Pr) Eric GOYENVALLE (Pr)	Pierre MAITRE (MC) Caroline TESSIER (MC) Gwénola TOUZOT-JOURDE (MC) Claire DEFOURMESTRAUX (MC)
Dermatologie, parasitologie des carnivores et des équidés, mycologie	Jacques GUILLOT (Pr) Emmanuel BENSIGNOR (Pr Ass)	Sabrina VIEU (AERC) Maria Dolores SANCHEZ (CERC)
Médecine interne, imagerie médicale et législation professionnelle vétérinaire	Anne COUROUCE (Pr) Jack-Yves DESCHAMPS (Pr) Françoise ROUX (Pr) Juan HERNANDEZ-RODRIGUEZ (Pr Ass) Nora BOUHSINA (MC)	Nicolas CHOUIN (MC) Amandine DRUT (MC) Marion FUSELLIER-TESSON (Pr) Catherine IBISCH (MC HDR) Aurélia LEROUX (MC) Odile SENECAT (MC)
Biotechnologies et pathologie de la reproduction	Jean-François BRUYAS (Pr) François FIENI (Pr)	Djemil BENCHARIF (Pr) Lamia BRIAND (Pr)
Département GPA Génie des procédés alimentaires		
Responsable : Vanessa JURY – Adjointe : Cyril TOUBLANC		
Lionel BOILLEREAUX (Pr) Sébastien CURET-PLOQUIN (Pr) Marie DE LAMBALLERIE (Pr) Francine FAYOLLE (Pr) Michel HAVET (Pr)	Alain LEBAIL (Pr) Olivier ROUAUD (Pr) Kévin CROUVISIER-URION (MC) Vanessa JURY (Pr) Emilie KORBEL (MC)	Jean-Yves MONTEAU (MC HDR) Eve-Anne NORWOOD (MC) Raphaël PORYLES (MC) Laurence POTTIER (MC) Cyril TOUBLANC (MC)
PAC-ING	Cyril Gaillard (PCEA)	
Département MSC Management, statistiques et communication		
Responsable : Samira ROUSSELIERE – Adjointe : Véronique CARIOU		
Mathématiques, statistiques, informatique	Chantal THORIN (PRAG) Evelyne VIGNEAU (Pr) Jean-Michel GALHARRET (MC stagiaire)	Véronique CARIOU (Pr) Benjamin MAHIEU (MC) Michel SEMENOU (MC)
Economie, gestion, législation	Pascal BARILLOT (MC) Ibrahima BARRY (MC) Florence BEAUGRAND (MC) Sibylle DUCHAINE (MC)	Jean-Marc FERRANDI (Pr) Sonia MAHJOURB (MC) Samira ROUSSELIERE (MC) Christophe PAPINEAU (Ens. Cont.)
Langues et communication	Marc BRIDOU (PLPA) David GUYLER (Ens. Cont.) Nathalie GOODENOUGH (PCEA) Patricia JOSSE (Ens. Cont.)	Shaun MEEHAN (Ens. Cont.) Linda MORRIS (PCEA) Ian NICHOLSON (ENS. Cont.)

Pr Ag : Professeur Agrégé, Pr : Professeur, MC : Maître de Conférence, MCC : MC contractuel,
PLPA : Professeur Lycée Professionnel Agricole, PCEA : Professeur Certifié Enseignement Agricole,
HDR : Habilité à Diriger des Recherches, CERC : Chargé d'Enseignement et de Recherche Contractuel, Ens.
Cont. : Enseignant Contractuel

La reproduction d'extraits est autorisée avec mention de la source. Toute reproduction partielle doit être fidèle au texte utilisé. Cette thèse devra donc être citée comme suit :

LENGLIN L. (2024). Elaboration d'une méthode d'évaluation sanitaire par piégeage photographique du Lynx boréal *lynx lynx* et description spatio-temporelle des affections détectées en France entre 1997 et 2020. Tome I. Thèse de doctorat vétérinaire, Faculté de Médecine, Nantes. Oniris : Ecole Nationale Vétérinaire, Agroalimentaire et de l'Alimentation Nantes Atlantique, 130 p.

Le défaut de citation est considéré comme du plagiat. Ce dernier est puni par la loi française et passible de sanctions allant jusqu'à 3 ans d'emprisonnement et 300 000 € d'amende.

REMERCIEMENTS

Aux membres du Jury

A Monsieur François BEAUDEAU

Professeur à l'Ecole Nationale Vétérinaire de Nantes - Oniris

Département de la Santé des Animaux d'Elevage et Santé Publique - Elevage, nutrition et santé des animaux domestiques

De m'avoir fait l'honneur d'accepter de présider ce jury de thèse,

Hommages respectueux.

A Monsieur Philippe GOURLAY

Praticien Hospitalier en Médecine et Santé de la Faune sauvage CVFSE

UMR BIOEPAR INRAE Oniris

De m'avoir fait l'honneur d'encadrer et diriger ces travaux de thèse,

Pour sa bienveillance, sa disponibilité, ses précieux conseils et son soutien à tous égards,

Pour ses nombreuses relectures attentives,

Qu'il trouve ici l'expression de ma profonde gratitude.

A Madame la Maitre de Conférences Nora NAVARRO GONZALEZ

Maître de conférences à l'Ecole Nationale Vétérinaire de Nantes - Oniris

Département de la Santé des Animaux d'Elevage et Santé Publique - Elevage, nutrition et santé des animaux domestiques

Qui a accepté de faire partie de mon jury de thèse,

Sincères remerciements.

Aux membres invités

A Madame Anouk DECORS

Cheffe de projet surveillance événementielle à l'Office Français de la Biodiversité (OFB)
Direction de la Recherche et de l'Appui Scientifique

Pour son suivi et ses conseils, de la proposition du sujet jusqu'à l'aboutissement de ce travail de thèse,
Pour son aide précieuse lors de l'observation des données,
Pour ses nombreuses relectures attentives,
Mes plus sincères remerciements.

A Madame Delphine CHENESSEAU

Animatrice du Réseau Loup-Lynx en Bourgogne-Franche-Comté (OFB)

Pour son accueil et son encadrement au sein de l'équipe de l'OFB Bourgogne-Franche-Comté,
Pour m'avoir transmis sa passion pour le Lynx boréal,
Pour ses nombreuses relectures attentives,
Mes plus sincères remerciements.

Aux autres personnes impliquées dans ce travail

A Madame Suzanne Bastian

Maitre de conférences Biodiversité et maladies émergentes à Oniris

Pour son aide et sa disponibilité dans le traitement des données
Sincères remerciements

A Madame Karin Lemberger

Consultante et spécialiste européenne en Pathologie de la Faune Sauvage à Vetdiagnostics

Pour son accueil, sa pédagogie et son aide dans l'analyse de la base de données histopathologique du
Lynx boréal français
Sincères remerciements

A l'équipe de l'OFB et particulièrement à Monsieur Nicolas Toulet et Monsieur Sylvain Gatti

Pour leur aide dans la réalisation de la partie cartographie et leurs conseils

Sincères remerciements

Aux membres du Réseau Loup-Lynx,

Pour tout le travail de terrain réalisé pour le suivi de l'espèce.

Sans ce travail préalable, cette thèse n'aurait jamais vu le jour. Je tiens également à remercier les inspecteurs de l'environnement des services départementaux du Doubs (SD25) et du Jura (SD39) pour nous avoir permis de participer à la pose des pièges photographiques sur le terrain.

Sincères remerciements

A Madame Marie Pierre Ryser-Degiorgis

Professeure à l'Université de Berne et spécialiste européenne en Médecine de population de la Faune Sauvage libre

Pour son expertise et sa grande connaissance du lynx. J'aurai beaucoup aimé pouvoir échanger plus longuement sur le sujet avec vous. Vous resterez un modèle pour nous, vétérinaires engagés dans la conservation de la faune sauvage.

Sincères remerciements

A Louison Blin

Pour m'avoir proposé de travailler avec toi sur le lynx.

Pour toutes ces heures passées ensemble à observer les données en stage à Dijon avec Delphine.

Pour m'avoir toujours soutenu tout au long de nos travaux.

Je sais que tu deviendras un grand vétérinaire qui continuera de défendre ses idées en faveur de la conservation du vivant.

Merci pour tout

A mon Grand-Père Bernard,

Depuis mon plus jeune âge tu as toujours suivi et encouragé mes rêves et moi j'ai toujours voulu te rendre fier. Aujourd'hui s'accomplit le plus important de tous, devenir Docteur Vétérinaire. Même si tu n'as pas pu voir ce rêve s'accomplir jusqu'au bout, à cause de cette stupide maladie, je sais que tu serais le plus heureux des grands-pères en ce jour. C'est pourquoi je tiens à te dédier ce travail.

TOME I

Ce travail se décompose en deux tomes. Le premier comprend l'introduction, la partie bibliographie, les matériels et méthodes, les résultats, la discussion, la conclusion ainsi que des annexes. Le second comprend deux référentiels photographiques de lynx boréaux en état de bonne santé apparente et avec des troubles observables. Le second référentiel peut ainsi être consulté facilement à la lecture du premier.

SOMMAIRE

TABLE DES FIGURES.....	P.14
TABLE DES TABLEAUX.....	P.17
TABLES DES ANNEXES.....	P.19
TABLES DES ABREVIATIONS.....	P.20
INTRODUCTION.....	P.21
I. ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE.....	P.23
1) LE LYNX BOREAL (<i>LYNX LYNX</i>) : BIOLOGIE ET ETAT DE CONSERVATION DE L'ESPECE.....	P.23
A. Présentation de l'espèce <i>Lynx lynx</i>	p.23
i) Taxonomie	p.23
ii) Caractéristiques morphologiques, mode de vie et cycle de reproduction.....	p.24
iii) Habitat, aire de distribution et régime alimentaire.....	p.25
B. Conservation du Lynx boréal en France et en Europe.....	p.27
i) Etat de la population en France et en Europe.....	p.27
ii) Présentation du Plan National d'Action.....	p.28
2) SURVEILLANCE EPIDEMIOLOGIQUE ET SUIVI POPULATIONNEL DU LYNX BOREAL.....	P.29
A. Surveillance épidémiologique en France	p.29
B. Principales causes de maladie et de mortalité détectées.....	p.29
C. Suivi de population.....	p.31
i) En Europe : organismes nationaux en réseaux et programmes européens.....	p.31
ii) En France : la photo identification, un outil en développement.....	p.31
3) LE PIEGEAGE PHOTOGRAPHIQUE POUR LE SUIVI EPIDEMIOLOGIQUE DES AFFECTIONS D'ESPECES SAUVAGES : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE ET ANALYSE CRITIQUE	P.32
4) OBJECTIFS	P.35

II. DEVELOPPEMENT D'UNE METHODE D'EVALUATION CLINIQUE ET DE SURVEILLANCE EPIDEMIOLOGIQUE AUDIOVISUELLE.....P.36

1) MATERIELS ET METHODES.....P.36

Introduction : Présentation des données utilisées pour la réalisation de la méthode d'évaluation sanitaire par piégeage photographique.....p.36

- A. Origine et description des images et vidéos utilisées.....p.36
- B. Description de la base de données française de photo-identification du Lynx boréal..p.37

Partie 1 : Développement d'une méthode d'évaluation clinique et surveillance épidémiologique par piégeage photographique.....p.39

- A. Conception des référentiels photographiques utilisables comme outils supports du suivi sanitaire par piégeage photographiquep.39
 - i) Réalisation d'un référentiel photographique du Lynx boréal en bonne santé apparente.....p.39
 - ii) Réalisation d'un référentiel photographique des affections observables du Lynx boréal.....p.40
- B. Conception d'un protocole d'observation clinique par piégeage photographique.....p.40
- C. Détermination de la sensibilité et de la spécificité de l'observation clinique par un non vétérinaire.....p.41

Partie 2 : Méthode de description spatio-temporelle des affections détectées par piégeage photographique.....p.42

- A. Sélection, validation et classement des images/vidéos montrant des individus avec troubles.....p.42
- B. Définition des variables intrinsèques et extrinsèques étudiés dans l'analyse des donnéesp.42

Partie 3 : Comparaison des résultats issus de la surveillance événementielle du réseau SAGIR et du suivi photographique.....p.43

2) RESULTATS.....P.44

Partie 1 : Résultats de la conception de la méthode d'évaluation sanitaire par piégeage photographique.....p.44

- A. Les référentiels de données standardisées et images de référencep.44
- B. Protocole d'observation clinique du Lynx boréal par piégeage photographique.....p.45
- C. Détermination de la sensibilité et de la spécificité de l'observation clinique par un non vétérinaire.....p.45

Partie 2 : Analyse descriptive des données vidéo-photographiques.....p.47

- A. Description de l'échantillon étudiép.48
 - i) Nombre d'individus, répartition des sexes et types de pelage.....p.49
 - ii) Nombre d'événements par année.....p.50
 - iii) Nombre d'événements par lynx, de photos/vidéos par événement, durée de suivi et âge estimé.....p.51
 - iv) Contexte d'observation.....p.52
- B. Description des affections observéesp.53
 - i) Fréquences de détection de troubles à l'échelle individuelle et événementielle.....p.53

ii)	Niveau de confiance accordé aux observations.....	p.55
iii)	Détection des troubles selon le contexte d'observation.....	p.57
iv)	Suivi temporel d'apparition et de persistance des troubles.....	p.58
v)	Possibilité de suivre l'évolution des troubles à travers la recapture.....	p.59
vi)	Types de troubles observés et caractérisation spatiale.....	p.61
vii)	Zoom sur les troubles cutanés.....	p.64
	a. Répartition des troubles cutanés selon le type de pelage et le sexe des individus.....	p.64
	b. Proportion de la population de lynx atteints de troubles cutanés au cours du temps.....	p.65
	c. Description des troubles cutanés observés et âge minimum d'apparition des troubles.....	p.66
	d. Niveau de confiance accordé aux observations cliniques selon le type de trouble cutané.....	p.67
	e. Répartition des lynx avec troubles cutanés observés selon la saison de détection.....	p.68
viii)	Zoom sur les troubles de l'état corporel.....	p.70
	a. Répartition des troubles de l'état corporel selon le sexe et l'âge minimum des individus.....	p.71
	b. Répartition des lynx avec troubles de l'état corporel observés selon la saison de détection.....	p.71
ix)	Zoom sur les troubles oculaires.....	p.72
	a. Répartition des troubles oculaires selon le sexe et l'âge minimum des individus.....	p.72
	b. Description des types de troubles oculaires observés.....	p.73
	c. Répartition des lynx avec troubles oculaires observés selon la saison de détection.....	p.74
x)	Zoom sur les autres types de troubles.....	p.75

Partie 3 : Synthèse des troubles observés lors des examens nécropsiques des cadavres retrouvés par le SAGIR pour comparaison avec les résultats du suivi par piégeage photographiquep.77

A.	Comparaison de la détection des troubles cutanés pour les deux méthodes de suivi.....	p.78
i)	Effectifs et proportions de lynx atteints pour les deux méthodes de suivi.....	p.78
ii)	Comparaison des types de troubles cutanés observés pour les deux méthodes de suivi.....	p.80
iii)	Etiologies probables et confirmées de certaines lésions cutanées observées lors des nécropsies effectuées par le réseau SAGIR.....	p.81
B.	Comparaison de la détection des troubles de l'état corporel pour les deux méthodes de suivi.....	p.83
C.	Comparaison de la détection des troubles oculaires pour les deux méthodes de suivi.....	p.84
i)	Effectifs et proportions de lynx atteints pour les deux méthodes de suivi.....	p.85
ii)	Comparaison des types de troubles oculaires observés pour les deux méthodes de suivi.....	p.86
D.	Comparaison de la détection des troubles locomoteurs pour les deux méthodes de suivi.....	p.87
E.	Comparaison de la détection des autres types de troubles pour les deux méthodes de suivi.....	p.87

3) DISCUSSION.....P.88

A.	Détectabilité des troubles par PP et efficacité de la méthode.....	p.88
i)	Détectabilité des troubles : Capacité de détection et biais d'observations.....	p.88

ii)	Sensibilité et spécificité de la méthode utilisée par un observateur non vétérinaire.....	p.90
iii)	Evolution temporelle de la base de données et capacité de détection.....	p.91
B.	Retour sur les caractéristiques des individus atteints et les paramètres étudiés.....	p.93
i)	Caractérisation globale de la population atteinte de troubles.....	p.93
ii)	Caractérisation des individus atteints de troubles.....	p.93
iii)	Influence des paramètres environnementaux étudiés.....	p.94
C.	Comparaison des méthodes de suivi	p.96
i)	Comparaison des méthodes de suivi pour la détection de troubles cutanés.....	p.96
ii)	Comparaison des méthodes de suivi pour la détection des troubles de l'état corporel.....	p.97
iii)	Comparaison des méthodes de suivi pour la détection de troubles oculaires.....	p.98
iv)	Comparaison des méthodes de suivi pour la détection de troubles locomoteurs.....	p.99
v)	Comparaison des méthodes de suivi pour la détection de autres types de troubles.....	p.99
D.	Diagnostics différentiels des troubles observés.....	p.100
i)	Diagnostic différentiel des troubles cutanés.....	p.100
ii)	Diagnostic différentiel des troubles oculaires.....	p.103
iii)	Diagnostic différentiel des autres troubles observés.....	p.104
E.	Perspectives futures de l'étude.....	p.105

CONCLUSION.....	P.107
-----------------	-------

BIBLIOGRAPHIE.....	P.108
--------------------	-------

ANNEXES	P.113
---------------	-------

Annexe 1 : Fiche Technique 2 - Liste des troubles observables par PP pour le lynx boréal....	p.114
Annexe 2 : Fiche Technique 4 - Méthodologie du suivi sanitaire du lynx boréal par PP.....	p.118
Annexe 3 : Comparaison de lésions cutanées observées par PP avec une base de données histopathologique de lynx boréaux sauvages français.....	p.121

TABLE DES FIGURES

Figure 1 : Photographie des quatre espèces de lynx présentes dans le monde : a) Le Lynx du Canada, b) Le Lynx roux, c) Le Lynx pardelle, d) Le Lynx boréal.....	p.23
Figure 2a et 2b : Exemple d'individu à pelage dit « Ocelle » (a) et d'individu à pelage dit « Spot » (b).....	p.24
Figure 3 : Portions centrales des domaines vitaux de lynx mâles (M) et femelles (F) dans le Jura Suisse, montrant la juxtaposition des territoires des femelles et le recouvrement avec de celui des mâles (Breitenmoser et al., 2007).....	p.25
Figure 4a et 4b : Aire de distribution du Lynx boréal dans le Monde (a) et en Europe (b).....	p.26
Figure 5a et 5b : Dynamique de colonisation du Lynx boréal dans les différents massifs montagneux français : a) Localisation des aires de présence en 2020, b) Evolution de la taille de l'aire de présence du lynx (OFB, 2022).....	p.28
Figure 6 : Photographie d'un lynx à proximité d'une habitation fixant du regard un chat domestique..	p.30
Figure 7 : Exemple de piège photographique utilisé pour le suivi du Lynx boréal, ici de marque Browning®.....	p.37
Figure 8 : Etapes d'identification d'un individu par le logiciel Extract Compare (Individu F25_006 suivi de 2005 à 2017).....	p.38
Figure 9 : Extrait du référentiel pour l'observation par PP du Lynx boréal en état de bonne santé apparente (Tome II).....	p.44
Figure 10 : Extrait du référentiel pour l'observation par PP du Lynx boréal avec troubles observables (Tome II).....	p.45
Figure 11a : Nombre de lynx identifiés observés par PP chaque année entre 1997 et 2020, avec distinction annuelle du nombre de lynx observés précédemment et du nombre de lynx nouvellement observés (n=270 lynx distincts au total sur la durée du suivi).....	p.49
Figure 11b : Nombre de lynx partiellement identifiés observés par PP chaque année entre 1997 et 2020, avec distinction annuelle du nombre lynx observés précédemment et du nombre de lynx nouvellement observés (n=275 lynx au total sur la durée du suivi).....	p.50
Figures 12a et 12b : Nombre d'événements par année de capture : a) ID (n=3574 événements), b) PID (n=461 événements).....	p.50
Figures 13a et 13b : Pourcentage d'événements représenté selon le type de contexte d'observation : a) ID (n=3574 événements), b) PID (n=461 événements).....	p.53

Figures 14a et 14b : a) Proportion d'événements associés à un lynx ID présentant un trouble (n=3574 événements au total), b) Proportion d'ID présentant au moins un trouble (n=270 lynx au total).....	p.54
Figures 15a et 15b : a) Proportion d'événements associés à un lynx PID présentant un trouble (n=461 événements), b) Proportion de PID présentant un trouble (n=275 lynx).....	p.54
Figures 16a et 16b : Répartition des niveaux de confiance accordés aux troubles observés concernant : a) évènements concernant les ID (n=102 événements), b) évènements concernant les PID (n=33 événements).....	p.55
Figures 17a et 17b : Répartition des niveaux de confiance en fonction du type de trouble observé chez : a) évènements concernant les ID (n=102 événements), b) évènements concernant les PID (n=33 événements).....	p.56
Figure 18a et 18b : Proportion d'événements avec un ou des trouble(s) selon le contexte d'observation : a) événements correspondant aux ID (n=3574 événements), b) événements correspondant aux PID (n=461 événements).....	p.57
Figure 19 : Nombre et proportion d'ID présentant des troubles (tous types confondus) parmi la population française en fonction des années (n=270 ID).....	p.58
Figure 20 : Nombre de lynx observés chaque année avec un ou plusieurs troubles (n=270 lynx avec troubles : en gris uniforme, les lynx ayant un trouble persistant (trouble déjà vu l'année n-1) et en pointillés gris l'incidence des troubles).....	p.58
Figures 21 : Nombre et proportion de PID présentant des troubles (tous types confondus) parmi la population française en fonction des années (n=275 PID).....	p.59
Figure 22 : Répartition spatiale des troubles observés sur les ID entre 1997 et 2020 en France – la précision de la localisation des points est l'échelle communale (Réalisé avec la participation de N.Toulet-Sigiste à l'OFB).....	p.63
Figure 23 : Nombre et proportion d'ID présentant des troubles cutanés en fonction des années (n=270 lynx).....	p.65
Figures 24a et 24b : Classement, par niveau de confiance accordé à l'observation et par type de troubles, des événements illustrant des troubles cutanés pour : a) les ID (n=60 événements), b) les PID (n= 19 événements).....	p.68
Figure 25a : Effectifs cumulés (1997-2020) et proportion d'ID atteints de troubles cutanés selon les saisons (n=26 ID atteints de troubles cutanés).....	p.69
Figure 25b : Effectifs cumulés (1997-2020) et proportion d'ID atteints de troubles cutanés selon les saisons (n=15 ID atteints de troubles cutanés).....	p.70

Figure 26 : Effectifs cumulés (1997-2020) et proportion d'ID atteints de troubles de l'état corporel selon les saisons (n=12 ID atteints de troubles de l'état corporel).....p.72

Figure 27 : Répartition des ID selon le type de trouble oculaire observé (n=9 lynx atteints).....p.74

Figure 28 : Répartition des lynx avec troubles cutanés nécropsiés après une suspicion de mort par collision (n1=15) ou autre cause (n2=12) selon le type trouble cutané comparé à la répartition pour les ID suivi par PP (N=26).....p.80

Figure 29 : Images d'un cadavre de lynx mâle d'au moins 9 ans autopsié par le réseau SAGIR en juillet 2018, vu pour la dernière fois par PP en février 2017 sur images PP, aucun trouble observé durant sa vie (vu six fois entre 2011 et 2017).....p.83

Figure 30 : Répartition des lynx avec troubles oculaires nécropsiés après une suspicion de mort par collision selon le type trouble oculaire (n=7 lynx atteints d'un trouble oculaire) comparé à la répartition pour les ID suivi par PP (N=9 ID atteints d'un trouble oculaire).....p.86

TABLE DES TABLEAUX

Tableau I : Synthèse bibliographique multi espèces des études utilisant le PP comme outil de suivi sanitaire.....	p.32
Tableau II : Nombre d'images, de vidéos et d'événements concernant les ID et PID suivis en France de 1997 à 2020.....	p.39
Tableaux IIIa et IIIb : Tableaux de contingence comparant les résultats obtenus par le vétérinaire (Gold Standard) et le biologiste (Test) : a) Les troubles considérés douteux par le vétérinaire sont comptés dans les positifs, b) Les troubles considérés douteux par le vétérinaire sont comptés comme Almid.....	p.46
Tableaux IIIc : Récapitulatif des intervalles de sensibilité et spécificité selon la prise en compte positive ou négative des cas douteux de troubles pour le vétérinaire.....	p.47
Tableaux IVa et IVb : Répartition par sexe et par type de pelage : a) ID, b) PID dans l'ensemble de la BDDi entre 1997 et 2020.....	p.48
Tableau Va : Caractéristiques de suivi des ID (n=270 ID).....	p.51
Tableau Vb : Caractéristiques de suivi des PID (n=275 PID).....	p.52
Tableau VIa : Recapture des ID (n=270) et des ID avec troubles (n=46).....	p.60
Tableau VIb : Recapture des PID (n=275) et des PID avec troubles (n=26).....	p.60
Tableau VIIa : Nombre d'ID atteints de troubles et proportion selon les types de troubles dans la population de lynx atteints et dans l'ensemble de la population (respectivement : n = 46 ID atteints d'un ou plusieurs troubles, N = 270 ID).....	p.61
Tableau VIIb : Nombre de PID atteints de troubles et fréquence d'observation selon les types de troubles dans la population de lynx atteints et dans l'ensemble de la population (respectivement : n = 26 ID atteints d'un ou plusieurs troubles, N = 275 ID).....	p.62
Tableaux VIIIa et VIIIb : Répartition par sexe et par type de pelage des individus présentant des affections cutanées : a) ID (n=26), b) PID (n=15).....	p.64
Tableau IXa : Répartition des types de troubles cutanés observés en fonction de l'âge minimum des ID lors de la première observation du trouble (n=26 individus, un individu peut être compté plusieurs fois s'il présente différents troubles cutanés distincts).....	p.66
Tableau IXb : Répartition des types de troubles cutanés observés chez les PID (n=15 individus, un individu peut être compté plusieurs fois s'il présente différents troubles cutanés distincts).....	p.67
Tableau X : Répartition par sexe et par âge minimum des ID présentant des affections de l'état corporel (n=12 ID atteints de troubles de l'état corporel).....	p.71

Tableau XI : Répartition par sexe et par âge minimum des ID présentant des affections oculaires (n=12 ID atteints de troubles oculaires).....	p.73
Tableau XII : Répartition des lynx avec troubles oculaires observés selon la saison de détection (n= 9 ID avec troubles oculaires).....	p.74
Tableau XIIIa : Détails des résultats obtenus pour les ID sur les autres types de troubles.....	p.75
Tableau XIIIb : Détails des résultats obtenus pour les PID sur les autres types de troubles.....	p.75
Tableau XIV : Effectifs comparés des lynx atteints de différents types de troubles selon la méthode de capture : Suivi par PP des ID (N = 46) et suivi post mortem individus nécropsiés (n=104).....	p.77
Tableau XV : Effectifs et proportions de lynx atteints de troubles cutanés parmi les lynx nécropsiés suspects de mort par collision (n1=77) ou autre cause (n2=27) comparés à la répartition pour les ID atteints de troubles suivi par PP (N=46).....	p.79
Tableau XVI : Recensement des cas de lésions cutanées collectés par le réseau SAGIR, observés lors des examens nécropsiques de lynx boréals français.....	p.82
Tableau XVII : Effectifs et proportions de lynx atteints de troubles de l'état corporel parmi les lynx nécropsiés suspects de mort par collision (n1=77) ou autre cause (n2=27) comparés à la répartition pour les ID atteints de troubles suivi par PP (N=46).....	p.84
Tableau XVIII : Effectifs et proportions de lynx atteints de troubles oculaires parmi les lynx nécropsiés suspects de mort par collision (n1=77) ou autre cause (n2=27) comparés à la répartition pour les ID atteints de troubles suivi par PP (N=46).....	p.85

TABLE DES ANNEXES

Annexe 1 : Fiche Technique 2 – Liste des troubles observables par PP pour le lynx boréal.....	p.114
Annexe 2 : Fiche Technique 4 – Méthodologie du suivi sanitaire du lynx boréal par PP.....	p.118
Annexe 3 : Comparaison de lésions cutanées observées par PP avec une base de données histopathologique de lynx boréals sauvages français.....	p.121

TABLE DES ABREVIATIONS

Almid = Absence de lésion macroscopiquement identifiable

BDDi = Banque De Données de photo-Identification

CMR = Capture Marquage Recapture

Ex = Exemple

ID = individu « Identifié »

IR = Intervalle de Recapture

IUCN = Union International pour la Conservation de la Nature

KORA = Ecologie des carnivores et gestion de la faune sauvage suisse

LCIE = Initiative Européenne pour les grands carnivores

MICI = Maladie inflammatoire chronique de l'intestin

Nb = Nombre

NR = Non réalisé ou non renseigné

OFB = Office Français de la Biodiversité

PCR = Polymerase Chain Reaction

PID = individu « Partiellement Identifié »

PP = Piège Photographique

SCALP = Statut et conservation de la population de lynx alpin

INTRODUCTION

L'augmentation de la densité de population humaine accélère l'anthropisation des espaces naturels et augmente le risque de contacts entre la faune sauvage, les animaux domestiques et la population humaine. Santé humaine, santé animale et celle des écosystèmes sont donc intimement liées. Dans ce contexte, les maladies doivent être étudiées en ayant à l'esprit les enjeux de santé globaux, à l'échelle du vivant. Ce concept, nommé « One Health », a émergé dans les années 2000. L'équilibre des écosystème est actuellement menacé par la perte de biodiversité croissante depuis le début de l'« Anthropocène » (nom donné à la sixième ère d'extinction massive d'espèces, première liée au mode de vie humain). Dans le but d'étudier cette érosion et d'inciter la mise en place de projets efficaces de conservation, chaque année l'UICN (Union International pour la Conservation de la Nature) met à jour la liste rouge des espèces menacées et attribue un statut de conservation aux différentes espèces. En 2022, l'IUCN a montré qu'une espèce de mammifères sur quatre était menacée d'extinction. Cet état des lieux rapporte que la France (rassemblant la métropole et les DROM) fait partie des 10 pays hébergeant le plus grand nombre d'espèces menacées au monde. Parmi ces espèces menacées se trouve le Lynx boréal, plus grande espèce de félin sauvage présente sur le territoire métropolitain, classée aujourd'hui en danger d'extinction sur le territoire français. Il fait d'ailleurs l'objet d'un Plan National d'Action (PNA). Produit en 2022, il vise à faire travailler ensemble les différents acteurs interagissant avec l'espèce afin d'identifier les causes limitant son développement et de mettre en place des mesures de conservation adaptées. Ces mesures comprennent un volet sanitaire. La surveillance des maladies est en effet primordiale dans la conservation d'une espèce présentant un si faible effectif. En effet, dans un contexte actuel où les interfaces entre la faune sauvage et la faune domestique sont de plus en plus nombreuses, les réservoirs de populations sauvages naïves de tout contact avec la faune domestique sont de plus en plus rares, ce qui met en péril l'état sanitaire de la population globale, d'autant plus si l'on s'intéresse à une espèce représentée par un faible effectif d'individus. Le lynx, en tant que super prédateur et donc espèce clé de voute de son écosystème, est au sommet de la chaîne alimentaire, ainsi les conséquences de cette menace ne sont pas seulement à l'échelle de cette espèce mais bien à l'échelle de son écosystème. Par exemple, la perte des effectifs de grands prédateurs sur le territoire français explique aujourd'hui la surpopulation d'ongulés sauvages. Afin d'illustrer ce concept de spillover des maladies entre la faune domestique et sauvage on peut s'intéresser, entre autres, au cas d'une autre espèce de félin, le Lion (*Panthera leo*), il a été montré récemment que l'ensemble de la population du Parc Kruger en Afrique du Sud est mis en danger par la tuberculose bovine (*Mycobacterium bovis*) qui affecte localement les troupeaux de ruminants domestiques (Miller et Al, 2019). Le rôle des maladies dans la disparition des espèces est très peu étudié et pourrait représenter un facteur loin d'être négligeable pour certaines espèces (Preece, 2017). Actuellement, en France, le suivi sanitaire du Lynx boréal est

effectué post-mortem par nécropsie systématique des cadavres dans le cadre du réseau SAGIR¹. Jusqu'à présent, aucun suivi épidémiologique n'était réalisé en France sur lynx vivants. Seuls les quelques animaux soignés en centre de soins reçoivent un suivi sanitaire ponctuel de leur vivant. Or certaines lésions sont très difficilement détectables lors de la nécropsie. Certains organes comme les yeux par exemple se dégradent rapidement, ne permettant pas un examen complet dans de bonnes conditions. Certains signes cliniques orientent également vers le siège de la douleur et ne se traduisent pas toujours par des lésions à l'examen nécropsique. Enfin, la surveillance sur animaux morts permet surtout de détecter les affections létales. Elle est peut-être moins efficace pour la détection des affections sublétales. Ainsi, afin d'obtenir un suivi sanitaire le plus complet possible il semble intéressant de rassembler les ressources disponibles : diagnostic post mortem et diagnostic sur individus vivants (via les données collectées par les centres de soins et celles collectées par PP). Pour cela, il est indispensable que les différents acteurs intéressés par l'espèce et réalisant ces différents types de suivi travaillent en collaboration. Pour la surveillance par PP, il est nécessaire qu'elle soit réalisée directement par l'équipe de biologistes en charge de l'espèce afin d'avoir un suivi pérenne à long terme. L'objectif de cette thèse est donc de développer une méthode d'évaluation clinique qui soit appropriable par les biologistes mais dont les données seront utilisées par des épidémiologistes. Puis dans un second temps, il faudra comparer les premiers résultats de cette nouvelle méthode aux résultats existants avec les méthodes de suivi en place. Il sera ensuite nécessaire d'organiser la mise en œuvre de ce travail de thèse au sein des équipes de biologistes de l'OFB.

Cette étude présentera tout d'abord une étude bibliographique s'intéressant au Lynx boréal : sa biologie, les enjeux de conservation de l'espèce, ses causes de mortalité ainsi que les moyens disponibles actuellement pour son suivi populationnel et sanitaire. Dans une seconde partie, sera décrite la méthode élaborée, de suivi sanitaire par piégeage photographique ainsi que les premiers résultats de cette méthode appliquée aux données de la banque de données de photo-identification française du Lynx boréal de 1997 à 2020. La méthode de surveillance développée s'appuie de façon opportuniste sur le suivi écologique par piégeage photographique (PP) formant un outil de détection rapide, utilisable par les biologistes en charge du suivi. A posteriori, les différentes méthodes de suivi seront comparées afin de voir si cette nouvelle méthode de surveillance complète utilement les méthodes de suivi sanitaire déjà en place.

¹ SAGIR = Réseau français de surveillance épidémiologique des maladies des mammifères et des oiseaux sauvages en France animé par l'OFB (Office Français de la Biodiversité).

I. ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

1) LE LYNX BOREAL (*LYNX LYNX*) : BIOLOGIE ET ETAT DE CONSERVATION DE L'ESPECE

A. Présentation de l'espèce *Lynx lynx*

i) *Taxonomie*

Le Lynx boréal fait partie de la famille des Félidés. Il représente la plus grande espèce de félin sauvage en Europe. Il existe trois autres espèces de Lynx dans le monde : le Lynx du Canada (*Lynx canadiens*), le Lynx roux (*Lynx rufus*) et le Lynx pardelle (*Lynx pardinus*). Les quatre espèces sont présentées en images sur la Figure 1 ci-dessous. Seul les Lynx boréal et pardelle sont présents en Europe.



Figure 1 : Photographie des quatre espèces de lynx présentes dans le monde : a) Le Lynx du Canada, b) Le Lynx roux, c) Le Lynx pardelle, d) Le Lynx boréal (Sources : <https://fr.depositphotos.com/stock-photos/lynx.html>)

ii) *Caractéristiques morphologiques, mode de vie et cycle de reproduction*

Le Lynx boréal est caractérisé morphologiquement par un corps court, une tête arrondie avec la présence de « favoris » au niveau des joues, des « pinceaux » noirs au niveau des oreilles et possède la queue la plus courte de tous les félins. Sa masse corporelle à l'âge adulte peut varier de 17 à 30 kg, à noter que les mâles sont en moyenne plus lourds que les femelles (Marti, 2018). Deux types de pelage sont observés pour les lynx présents en France : le pelage majoritaire présente de petites tâches, il est appelé « Spot », et le pelage minoritaire présente de grandes tâches de couleur non homogène, appelé « Ocelle ». La Figure 2 ci-dessous montre un exemple d'individu pour chacun des types de pelage. Le motif du pelage est unique et permet d'identifier chaque individu (les deux flancs de chacun des individus sont aussi différents, non symétriques). Cette particularité est un outil clé pour le suivi individuel de chaque individu.

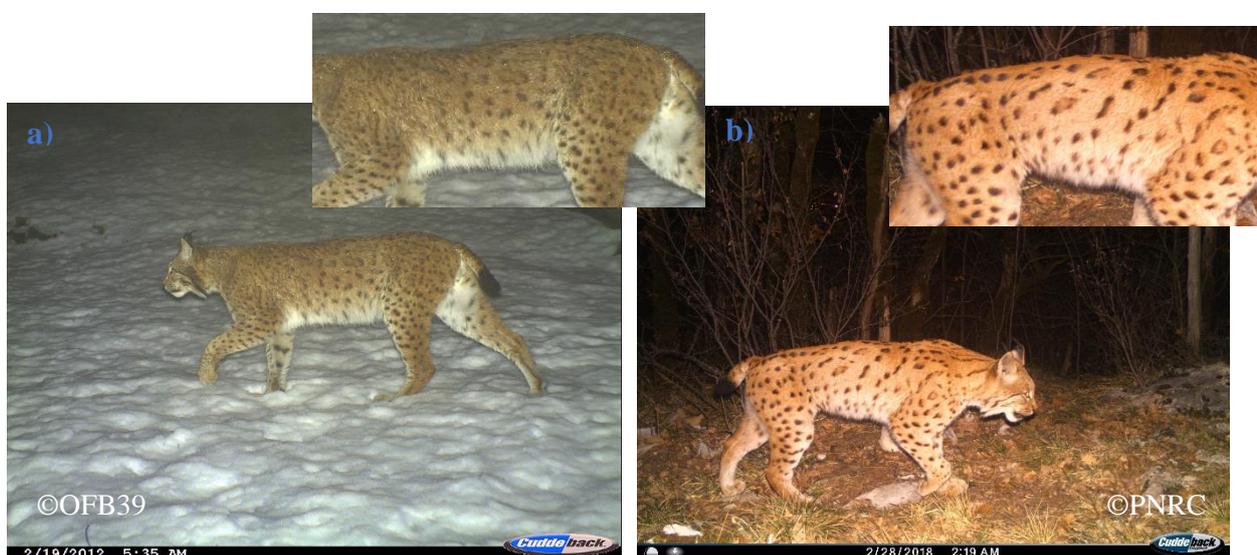


Figure 2a et 2b : Exemple d'individu à pelage dit « Ocelle » (a) et d'individu à pelage dit « Spot » (b)
(OFB 39, PNRC)

Le lynx est un animal solitaire. Les mâles et les femelles peuvent être vus en couple uniquement lors de la période de reproduction, qui a lieu en février-mars. La maturité sexuelle est atteinte vers l'âge de deux ans. Les lynx sont des reproducteurs saisonniers stricts, avec une seule portée maximum par an, la taille des portées varie de 1 à 4 petits avec une moyenne de deux petits par femelle et par an. La gestation dure entre 67 et 72 jours, les naissances ont donc lieu en mai-juin. La mère va élever ses petits dans un gîte qui pourra changer au cours de la croissance des petits. Les petits commencent à sortir à partir de l'âge de quatre semaines, à deux mois ils sont capables de suivre leur mère pour s'alimenter sur les proies chassées par celle-ci.

A l'âge de 10 mois, les individus subadultes se séparent de leur mère. Souvent ils restent quelques mois sur le territoire de leur mère afin de chasser en territoire connu puis partent à la recherche d'une

zone disponible en périphérie. Les mâles parcourent en moyenne de plus grandes distances avant de s'établir sur un territoire. La période de dispersion est un moment critique de survie, en moyenne plus d'un subadulte sur deux n'atteint pas l'âge adulte. Les causes de cette mortalité sont liées à des difficultés de prédation (peu de proies disponibles ou manque d'expérience dans les techniques de prédation), d'infestations parasitaires et de plus en plus de collisions routières. Les territoires des mâles sont plus étendus que ceux des femelles et peuvent recouvrir en partie le territoire d'une à trois femelles. Par exemple, dans le Massif du Jura, les domaines vitaux des mâles mesurent entre 260 à 280 km² et ceux des femelles entre 150 et 180 km² (OFB-Réseau Loup Lynx, 2022). Cela est illustré par la Figure 3, qui schématise l'étendu de plusieurs territoires de lynx juxtaposés dans le Jura (Breitenmoser et al., 2007).

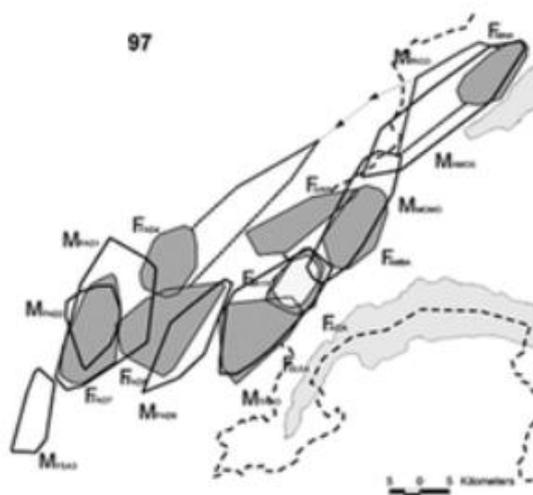


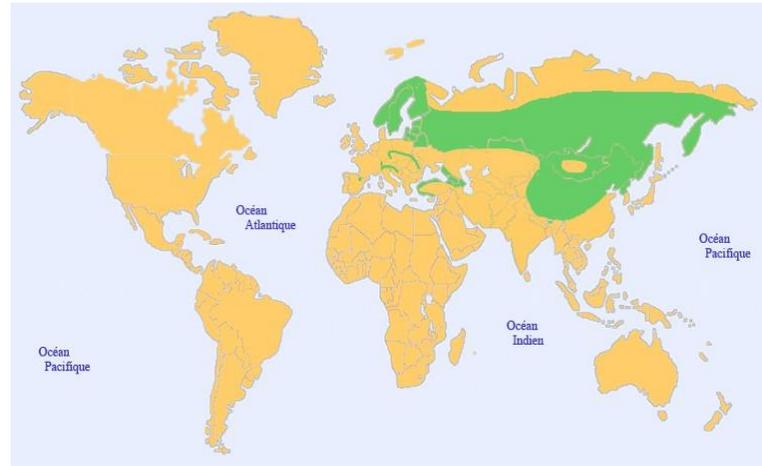
Figure 3 : Portions centrales des domaines vitaux de lynx mâles (M) et femelles (F) dans le Jura Suisse, montrant la juxtaposition des territoires des femelles et le recouvrement avec de celui des mâles (Breitenmoser et al., 2007)

La colonisation se fait de proche en proche. De plus, la fragmentation du territoire par les routes et les zones urbanisées limite les déplacements des lynx.

iii) Habitat, aire de distribution et régime alimentaire

Le Lynx boréal se localise en Europe et en Asie. Il est particulièrement présent au nord de l'Europe, en Sibérie et en Chine (cf. Figure 4a). En Europe, il existe une dizaine de populations réparties sur 23 pays européens (cf. Figure 4b), les zones de densité importante se situent dans les pays scandinaves, où se trouvent des populations autochtones. Les populations issues des réintroductions dans le centre de l'Europe sont de petite taille et très fragmentées (OFB, 2020a).

a)



b)

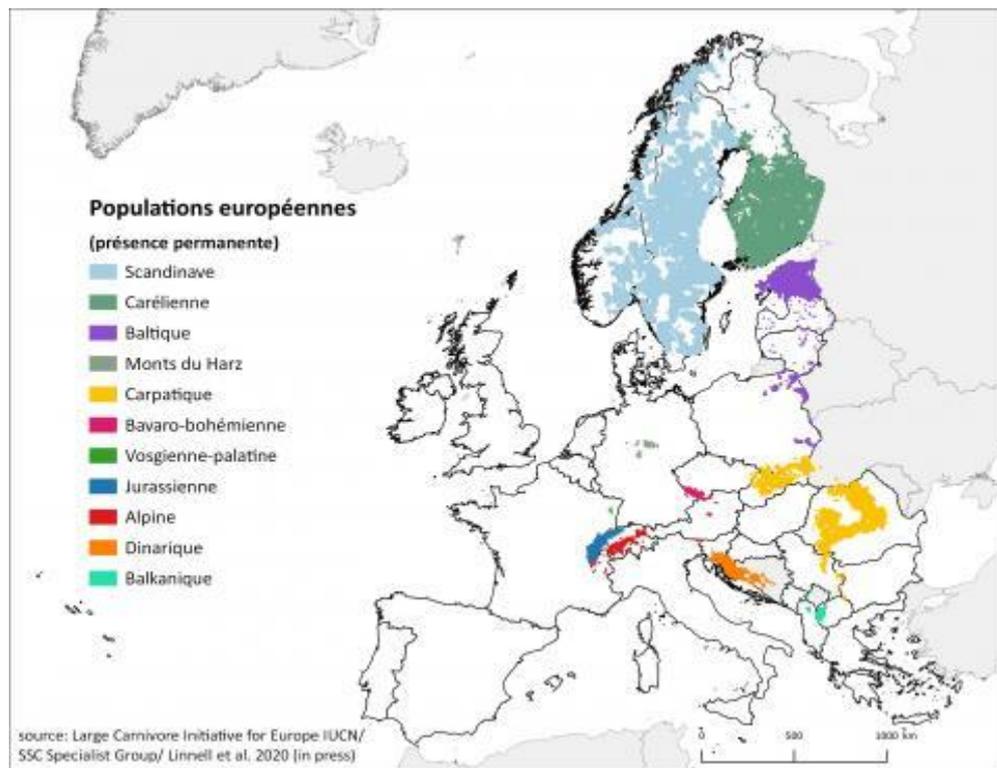


Figure 4a et 4b : Aire de distribution du *Lynx boréal* dans le Monde (a) et en Europe (b) (Sources : a) <http://www.atlas-mammiferes.fr/>, b) Linnell et al 2020)

Il vit préférentiellement dans les habitats forestiers avec un couvert végétal important. Le Lynx est un carnivore strict, qui chasse à l'affût. Il se nourrit d'ongulés (chevreuils *Capreolus capreolus* principalement, chamois *Rupicapra rupicapra* et jeunes cerfs élaphe *Cervus elaphus* très rarement). Moins fréquemment il peut se nourrir de renards roux (*Vulpes vulpes*), de lièvres (*Lepus europaeus* et *L. timidus*), de chats domestiques et sauvages (respectivement *Felis silvestris catus* et *Felis silvestris silvestris*), de sangliers (*Sus scrofa*), de martres (*Martes martes*), de fouines (*Martes foina*), de micromammifères et d'oiseaux (OFB, 2022a). Certains individus peuvent parfois prédater des ruminants domestiques (chèvres, moutons). Cependant ces prédatations restent rares et concentrées dans certaines zones d'élevage extensif en bordure de milieu forestier. En France, sur les 20 dernières années, 140

animaux domestiques en moyenne ont été consommés par an par des lynx. Les éleveurs sont indemnisés pour leurs pertes. Quelle que soit sa proie, le lynx va revenir plusieurs jours de suite pour la consommer, pendant trois à sept jours si la proie est un ongulé. La proie peut aussi faire l'objet de nécrophagie opportuniste (par le renard roux, les chats domestique et forestier, le sanglier, la martre, la fouine ou encore le chien domestique (*Canis lupus familiaris*) durant cette période. Il peut donc y avoir un contact indirect entre ces espèces qu'il est important de garder en tête pour comprendre la circulation de certains agents infectieux (Gatti, 2022).

B. Conservation du Lynx boréal en France et en Europe

i) Etat de la population en France et en Europe

Le Lynx boréal est une espèce menacée en France. Autrefois présent sur l'ensemble du territoire français, le Lynx avait disparu de notre territoire à la fin du XIXème siècle. Les causes de cette disparition sont principalement liées à la destruction et la fragmentation de son habitat ainsi qu'à la raréfaction des proies. Le Lynx est à nouveau présent en France depuis les années 1970 suite à des programmes de réintroduction réalisés dans le Jura Suisse (1970-1975), dans le massif vosgien (1983-1993) et plus récemment dans le massif du Palatinat (2016-2020), versant allemand des Vosges du Nord. La population française est actuellement principalement localisée dans le massif du Jura, où les effectifs sont en lente croissance comme dans les autres massifs même si les effectifs y sont beaucoup plus réduits (cf. Figure 5 ; OFB, 2022).

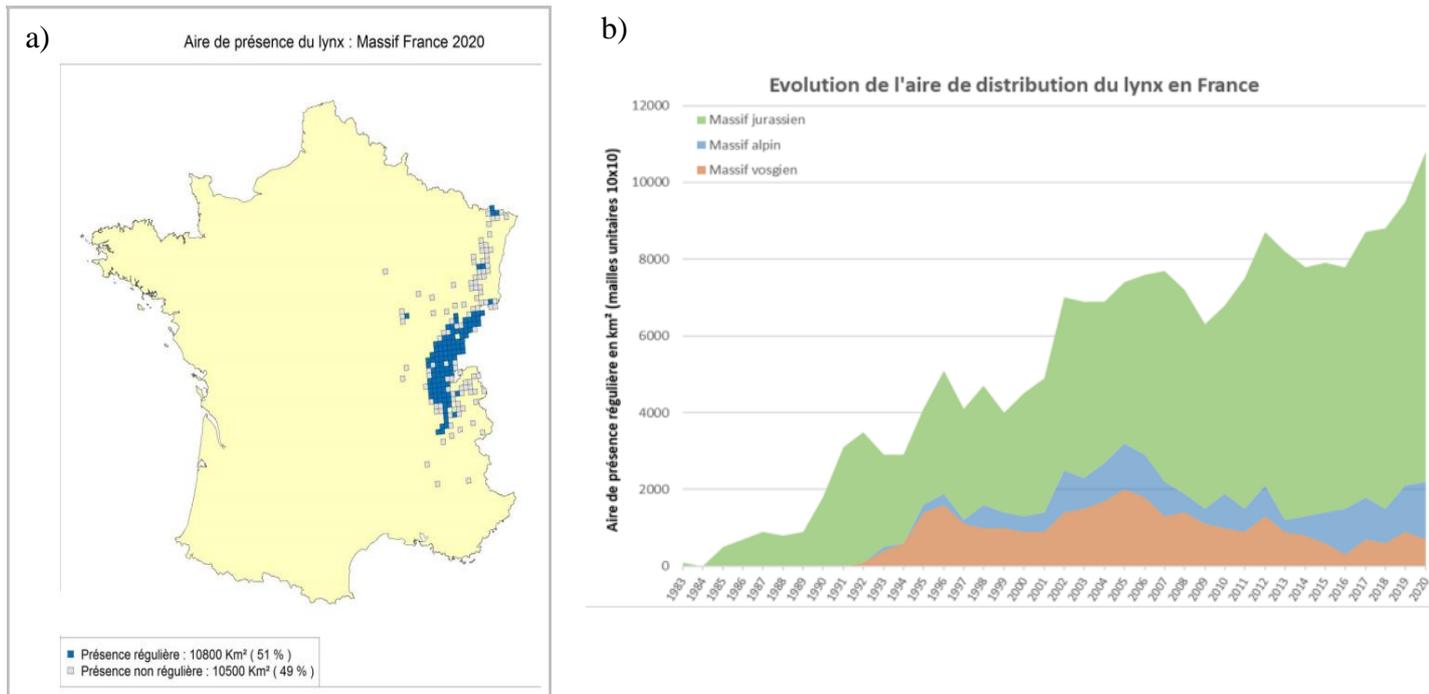


Figure 5a et 5b : Dynamique de colonisation du Lynx boréal dans les différents massifs montagneux français : a) Localisation des aires de présence en 2020, b) Evolution de la taille de l'aire de présence du lynx (OFB, 2022)

Il est inscrit sur la liste de rouge de l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature (UICN) au niveau français comme « en danger d'extinction ». Cependant, le Lynx boréal représente une « préoccupation mineure » à l'échelle européenne comme mondiale (UICN,2017). En effet, la population française initialement fragile car issue de quelques individus réintroduits est soumise à de nombreuses pressions : la fragmentation de son habitat qui sépare les sous populations et limite le brassage génétique, la cohabitation avec les activités anthropiques, les risques de collision routière. De plus, comme cela a été précisé précédemment, les jeunes lynx s'installent généralement sur un territoire disponible autour de celui de leur mère ce qui explique une recolonisation lente du territoire français (OFB, 2022).

ii) Présentation du Plan National d'Action

En 2022 a été publié le premier PNA (Plan National d'Action) en faveur du rétablissement de l'état de conservation de l'espèce (<https://www.plan-actions-lynx.fr/>). Ce plan a pour but de faire travailler ensemble et vers un même objectif les acteurs concernés par cette espèce afin de mieux la connaître et la suivre, aider à sa coexistence avec les activités humaines et sensibiliser le grand public à l'importance de la présence du Lynx boréal sur notre territoire (Gatti, 2022).

2) SURVEILLANCE EPIDEMIOLOGIQUE ET SUIVI POPULATIONNEL DU LYNX BOREAL

A. Surveillance épidémiologique en France

Le réseau SAGIR est un réseau de surveillance événementielle des maladies des oiseaux, mammifères (hors mammifères marins), amphibiens sauvages en France. Le réseau détecte et prend en charge tout signal anormal de mortalité ou morbidité. Il représente un outil de vigilance des maladies présentes et émergentes sur le territoire français en réalisant une collecte quotidienne des informations de mortalité de la faune sauvage récoltées par l'OFB, les fédérations de chasseurs et les laboratoires vétérinaires départementaux (Decors, 2022). Le lynx fait l'objet d'une surveillance événementielle renforcée et s'appuie sur la synergie de deux réseaux : le réseau Loup/Lynx et le réseau SAGIR. Tout lynx trouvé mort quel que soit son état d'intégrité et de décomposition fait l'objet d'un examen nécropsique systématique harmonisé, dans le cadre du réseau SAGIR (Léna et al., 2020).

B. Principales causes de maladie et de mortalité détectées

En France, le suivi sanitaire du Lynx mis en place depuis une vingtaine d'années a permis d'identifier les causes principales de mortalité de l'espèce en France et de mettre en évidence les principaux agents étiologiques responsables de maladies. En 2020, une étude de synthèse sur 175 événements de mortalité en France entre 1990 et 2019 a permis de montrer que 72 % d'entre eux était dus à des causes traumatiques (dont 80 % suite à des collisions avec des véhicules) et 9 % d'origine anthropique autre (intoxication, destruction illégale, interaction interspécifique). D'après cette étude, seulement 7 % de la mortalité serait d'origine infectieuse. On note aussi 4 % de mortalité liée à une misère physiologique, spécialement chez les jeunes et les subadultes, donc chez des individus inexpérimentés et immunologiquement plus vulnérables. Enfin, pour les 8% restant la cause de la mort n'a pas pu être déterminée ; dans certains cas, cela est dû à l'état avancé de décomposition des cadavres (Léna et al., 2020). Le nombre de lynx morts de cause non traumatique est probablement sous-estimé car il est certainement plus probable de trouver les cadavres présents au bord des routes que les cadavres de lynx morts dans des zones peu anthropisées et isolées (Schmidt-Posthaus et al., 2002).

Le lynx est sensible à de nombreuses maladies qui touchent les autres carnivores sauvages et domestiques. En tant que prédateur, il peut se contaminer par ses proies. Il est important de noter que le chat domestique (Nájera, 2019), le chat forestier et le renard roux peuvent entrer occasionnellement dans

le régime alimentaire du lynx et peuvent par ce biais partager certains agents infectieux. L'exposition du lynx peut notamment être accrue du fait qu'il va revenir s'alimenter sur sa proie plusieurs jours de suite. De plus, la croissance de l'urbanisation augmente les interfaces lynx/homme/animaux domestiques, ce qui favorise les contaminations interspécifiques, l'image de la Figure 6 ci-dessous, illustre un cas d'interaction directe entre un lynx et un chat domestique à proximité d'une habitation. Par exemple, la gale notoédrique (*Notoedres cati*), qui est une ectoparasitose peu commune chez les félins sauvages mais commune chez le chat domestique qui a été montrée comme cause de mortalité sur des individus suisses (Ryser-Degiorgis, 2002).



*Figure 6 : Photographie d'un lynx à proximité d'une habitation fixant du regard un chat domestique
(Source : Facebook France - Anonyme)*

(une autre vidéo montre un lynx courant derrière un chat domestique. Ces données sont des preuves des interactions qui existent entre les chats domestiques et les lynx boréals)

Il est aussi important de mentionner que le lynx est un animal solitaire, les contacts entre les mâles et les femelles se réduisent à quelques jours par an, au début du printemps au moment du rut. Il existe de rares affrontements territoriaux entre les individus mâles principalement. Ce contact direct très limité réduit la probabilité de transmission directe intraspécifique d'agents infectieux. Une étude analysant les causes de mortalité de 72 lynx en Suisse estime que les maladies infectieuses représenteraient 18 % des causes de mortalité. Cependant, si l'on considère seulement les individus qui ont été retrouvés morts grâce à leur collier émetteur, les maladies infectieuses représentent alors 40 % des causes de mortalité. Ces chiffres sont beaucoup plus importants que les estimations françaises (Lena, 2020), ce qui montre que les causes non traumatiques pourraient représenter une menace plus importante que ce que l'on peut estimer en analysant les causes de mort des cadavres retrouvés de façon fortuite (Schmidt-Posthaus, 2002). Les infections sont principalement causées par des agents bactériens et protozoaires. Les atteintes virales sont moins représentées globalement car souvent rapidement létales (excepté pour des virus comme le FIV ou le FeLV), de plus il y a peu de contacts intraspécifiques directs, ce qui limite la propagation des maladies virales entre les lynx. Cependant des contaminations interspécifiques via la prédation notamment sont envisagées (hypothèse à confirmer par des analyses génomiques). En ce qui

concerne les intoxications, trois cas de mortalité liées à des intoxications ont été relevés entre 1990 et 2019 : deux cas d'intoxications à des produits raticides anti-coagulants et une intoxication au pentobarbital suite à la consommation accidentelle d'un ovin euthanasié. Il est intéressant de remarquer que même si le nombre de cas létaux est faible, 13% des cadavres testés ont révélé une exposition à un ou plusieurs toxiques comme les raticides (bromadiolone et chloralose) et des insecticides inhibiteurs de cholinestérases (Lena, 2020). Ainsi ces imprégnations aux résidus toxiques peuvent être des facteurs de comorbidités à prendre en compte chez cette espèce.

C. Suivi de population

i) En Europe : des organismes nationaux en réseaux et des programmes européens

A l'échelle européenne, il existe différents programmes qui ont été créés dans le but de fédérer les pays européens concernés par la conservation du Lynx. La LCIE (Large Carnivore Initiative for Europe) est le premier groupe créé en 1996 ; il se compose d'un groupe d'experts qui agit aujourd'hui au sein de la Commission de survie des espèces de l'IUCN pour apporter leurs connaissances en termes d'écologie et de gestion de l'espèce. Aujourd'hui il existe le programme Statut et conservation de la population de Lynx alpin (SCALP), actuellement étendu aux régions voisines. C'est un groupe plus opérationnel qui agit sur le terrain pour coordonner les suivis dans chaque pays, comparer les données collectées et publier des rapports annuels (OFB, 2020b).

ii) En France : la photo-identification², un outil en développement

En France, le suivi est effectué par le Réseau Loup Lynx de l'OFB. Ce réseau qui repose sur des collaborateurs de terrains, a pour objectif de surveiller les effectifs de population de ces deux espèces protégées en France en collectant des données fiables afin d'éclairer les décisions publiques. Ce suivi s'effectue entre autres par piégeage photographique (PP), outil également utilisé en Suisse par le KORA (organisme suisse en charge du suivi des grands carnivores). L'objectif initial du suivi par PP est de suivre l'évolution de la population de lynx en France en évaluant chaque année son aire de présence (permanente et occasionnelle). Chaque année est publiée un bulletin faisant un bilan de l'état de la population et de sa répartition. La population de lynx française est suivie depuis son arrivée en France en 1974 et par photo-identification depuis 2010 (avec les premières images isolées en date de 1997). De nombreux individus ont été photographiés ou filmés, répertoriés et souvent identifiés par l'OFB (Office

² Photo-identification = Principe d'association d'une ou plusieurs images à un individu unique répertorié et nommé dans une base

Français de la Biodiversité), aboutissant à la création d'une base de données. Ces données forment la base française de photo-identification gérée par l'OFB et le réseau Loup-Lynx (OFB,2022). Ce suivi permet de localiser les individus, parfois de les suivre sur plusieurs années et ainsi d'estimer l'aire de répartition de l'espèce en France et la progression de celle-ci. Le nombre croissant de PP installés permet un suivi de plus en plus précis depuis le début de sa mise en place.

3) LE PIEGEAGE PHOTOGRAPHIQUE POUR LE SUIVI EPIDEMIOLOGIQUE DES AFFECTIONS D'ESPECES SAUVAGES : SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE ET ANALYSE CRITIQUE

Les pièges photographiques sont utilisés depuis plusieurs décennies pour localiser des individus, estimer les populations. Actuellement de nouvelles applications dans la recherche sur la faune sauvage se développent (Rovero, 2013). En effet, plusieurs études mentionnent l'utilisation de données collectées par piégeage photographique pour faire du suivi épidémiologique (*cf.* Tableau I).

Tableau I : Synthèse bibliographique multi espèces des études utilisant le PP comme outil de suivi sanitaire

Auteurs	Année de publication	Espèce(s) concerné(s)	Maladie(s) suivie(s)	Photo-Identification de l'individu	Autre(s) méthode(s) utilisée(s)	Particularités & Résultats
Oleaga et al	2011	Loup ibérique (<i>Canis lupus signatus</i>)/ Renard roux	Gale sarcoptique	<i>Loup</i> : Partielle <i>Renard</i> : Aucune	Nécropsie des cadavres	Capacité de détection de la gale sarcoptique dans la population est similaire pour les nécropsies et les observations par PP pour les lésions les plus sévères (atteintes légères non visualisées sur PP)
Thalmann et al	2014	Diable de Tasmanie (<i>Sarcophilus harrisii</i>)	Tumeur faciale contagieuse	Non	Non	Etude de la faisabilité de détection par PP Score de compatibilité de lésion (ressemblance avec tumeur faciale) Calcul de vitesse de propagation de maladie émergente

Carricondo-Sanchez et al	2017	Renard Roux	Gale sarcoptique	Non	Non	Estimation de prévalence apparente Recherche de clusters
Brewster et al	2017	Multi espèces(12 espèces de mammifères)	Gale sarcoptique	Non	Dosage sanguin (ELISA) Raclages cutanés	Estimation de prévalence apparente Evaluation de la pertinence de la sélection des images par un non-vétérinaire Etude de l'efficacité de la détection
Charrier et al	2019	Loup gris (<i>Canis lupus</i>)	Gale sarcoptique	Partielle	Non	Observations ponctuelles de lésions compatibles avec de la gale
Pisano et al	2019	Renard roux	Gale sarcoptique	Non	Revue bibliographique Rapports de nécropsies Questionnaire	Estimation de prévalence apparente Evaluation de la pertinence de la sélection des images par un non-vétérinaire
Muneza et al	2019	Girafes (<i>Giraffa camelopardalis</i>)	Lésions dermatologiques des membres (d'origine inconnu)	Partielle	Non	Utilisation de la photogrammétrie ³ pour quantifier la sévérité des lésions
Lacroux et al	2019	Babouins olive (<i>Papio anubis</i>)	Dysplasie faciale	Oui	Non	Caractérisation individuelle des lésions, possibles recaptures (reconnaissance faciale possible sur les primates)
Murray et al	2021	Coyote (<i>Canis latrans</i>)	Gale sarcoptique	Non	Non	Calcul de prévalence apparente Etude du contexte d'apparition (proximité milieu urbain, saisons) Prise en compte de l'importance de la qualité des images dans l'efficacité de détection

³ Photogrammétrie = Ensemble des techniques qui permettent de déterminer la forme, les dimensions, la position dans l'espace d'un objet à partir de photographies

La majorité des travaux réalisés a pour objet d'étude des espèces de canidés et la détection de lésions cutanées. Plus précisément, la maladie la plus étudiée est la gale sarcoptique, qui est une maladie facilement détectable sur image. Des estimations de « prévalence » sont réalisées en comptant le nombre d'images (ou séries d'images) montrant des animaux avec lésions divisé par le nombre d'images (ou séries d'images) comptées pour l'espèce. En effet, ce choix a été réalisé par les auteurs car les caractéristiques morphologiques des espèces étudiées ne permettent pas une identification individuelle systématique des individus sauf pour l'étude sur les babouins olive (Lacroux et al, 2019). Les auteurs font donc le postulat que chaque individu observé est différent, c'est-à-dire qu'il n'existe aucune recapture. Cependant, ce choix de méthode, surestime probablement la prévalence réelle des lésions. L'intérêt principal d'appliquer cette méthode au suivi épidémiologique du lynx est que ceux-ci peuvent être identifiés et donc suivis temporellement et spatialement.

Par ailleurs, ces études cherchent quand cela est possible à évaluer l'efficacité de la détection par PP en comparant notamment leurs résultats à une méthode de référence (nécropsie avec analyses parasitologiques, raclages cutanés, test ELISA). Dans les études utilisant une méthode de référence pour comparaison, il est montré que la spécificité est bonne pour la détection des lésions de gale sarcoptique en comparaison des autres méthodes, mais que la sensibilité de détection par piégeage photographique est plus faible pour les atteintes légères à modérées (principalement alopecie sans autres lésions cutanées visibles). Les écarts de sensibilité et spécificité entre le piégeage photographique et la méthode de référence diminuent en revanche avec la sévérité des lésions détectées. Le PP semble être une méthode de détection précoce non invasive intéressante, préférentiellement pour des affections cutanées sévères des populations d'espèces sauvages. Cependant, un contrôle avec des méthodes de référence reste nécessaire pour quantifier la sensibilité et spécificité de la méthode.

Dans certaines études, un score de la sévérité des lésions a été réalisé (estimation du pourcentage de la surface de peau atteinte ou utilisation de la photogrammétrie pour mesurer les lésions). Cette classification est d'autant plus intéressante dans le cas du lynx que les individus peuvent être identifiés ; un suivi temporel de l'évolution des lésions est donc théoriquement possible. Il est également noté à plusieurs reprises qu'il est indispensable d'évaluer la qualité des images utilisées. En effet, la qualité des images influence la détection des lésions et donc la prévalence estimée. Cette partie de l'étude est développée dans un autre travail de thèse vétérinaire (Blin, 2023), couplé à ma thèse et sera discutée dans la deuxième partie de ce manuscrit.

Deux de ces études s'intéressent par ailleurs à la détectabilité des lésions par un observateur non-vétérinaire en comparant les résultats obtenus par des vétérinaires et des non vétérinaires. Dans les deux cas, il a été montré que les résultats obtenus par les non vétérinaires étaient satisfaisants pour l'étude.

4) OBJECTIFS :

Cette synthèse bibliographique permet d'envisager la mise en place d'une méthode de surveillance épidémiologique à long terme utilisable directement par les personnes en charge de la connaissance de l'espèce. Afin d'augmenter la sensibilité et la spécificité de la méthode, il est cependant important de créer des outils de référence visuels à mettre à disposition des personnes qui réalisent quotidiennement le suivi. De plus, afin de tester cette méthode, il est intéressant de l'appliquer aux données déjà existantes et de comparer les résultats obtenus aux méthodes de suivi sanitaire en place actuellement.

Ainsi, notre étude a trois objectifs :

- 1) Elaborer et évaluer la sensibilité/spécificité d'une nouvelle méthode d'observation clinique utilisable par les biologistes en charge du suivi du lynx.** Nous avons réalisé des référentiels (atlas photographiques) de lynx en état de bonne santé apparente et de lynx avec des troubles apparents et détectables sur photo (ou vidéo). Puis nous avons évalué a posteriori cette méthode en comparant les résultats obtenus par un biologiste et un vétérinaire (Gold standard) sur un même échantillon de données vidéo photographiques.
- 2) Décrire de manière spatio-temporelle les affections observées entre 1997 et 2020 à partir de cette méthode.**
- 3) Comparer ces résultats avec ceux du réseau SAGIR sur la même période.** Cela permettra d'évaluer l'articulation et la complémentarité des différentes méthodes de suivi sanitaire.

II. DEVELOPPEMENT D'UNE METHODE D'EVALUATION CLINIQUE ET DE SURVEILLANCE EPIDEMIOLOGIQUE AUDIOVISUELLE

1) MATERIELS ET METHODES

Introduction : Présentation des données utilisées pour la réalisation de la méthode d'évaluation sanitaire par piégeage photographique

A. Origine et description des images et vidéos utilisées

Les images et vidéos rassemblées dans la base de données de photo-identification (ci-après dénommée BDDi) sont collectées par les correspondants du réseau Loup-Lynx. Il s'agit d'agents de l'Etat ou de particuliers, bénévoles (bergers/éleveurs, chasseurs, naturalistes, etc.) intéressés par le suivi régulier du lynx. Le suivi par photo-identification est un suivi opportuniste (piège photo, rencontre opportuniste avec lynx), qui peut être complété par des sessions intensives de suivi hivernaux.

Pour ce qui est du suivi effectué par les correspondants, qui représente la majorité des données collectées, plusieurs critères sont utilisés pour la pose de chaque piège photographique. Ils sont préférentiellement placés sur des axes connus de passage de lynx, à environ cinquante centimètres de hauteur sur un arbre, dans une zone avec champ de vision dégagé et préférentiellement dans une zone peu anthropisée pour éviter le déclenchement permanent de l'appareil. Les pièges sont réglés librement par chaque correspondant qui choisit : de filmer et/ou photographier, la distance entre l'appareil et le passage supposé de l'animal, l'intervalle entre deux prises consécutives. Différents marques et modèles de pièges photographiques sont utilisés (exemple d'une installation *cf.* Figure 7).



Figure 7 : Exemple de piège photographique utilisé pour le suivi du Lynx boréal, ici de marque Browning®

Les pièges sont relevés régulièrement par les correspondants qui se chargent de trier les images pour n’envoyer que les images de lynx à la personne en charge du suivi et de la photo-identification au sein du réseau Loup-Lynx. Ces données transmises sont toutes géolocalisées (carte ou coordonnées GPS). Y figurent également la date et l’heure de la capture.

B. Description de la base de données française de photo-identification du Lynx boréal

Les données de la base de données de photo-identification (ci-après dénommée BDDi) sont reçues et centralisées par la personne en charge de la coordination du réseau Loup-Lynx en Bourgogne-Franche-Comté (base de données nationale, gérée en région). Celle-ci procède à la validation et à l’enregistrement de chaque événement qui associe les images/vidéos, leur localisation, la date et l’heure du déclenchement aux données individuelles (catégorie d’âge, sexe si identifiable, etc.) ainsi qu’au nom de la personne responsable du relevé de l’appareil ou le photographe (traçabilité du copyright). La détermination du sexe de l’animal se fait soit directement si l’arrière-train est visible ou si les mamelles sont en lactation, soit indirectement (mâle et femelle ensemble ou présence de petits avec leur mère).

Un **événement photographique** correspond à la prise par un (ou plusieurs) appareil(s) photographique(s) d’images et/ou de vidéos d’un lynx, au même endroit pendant un intervalle de 24 heures (de 00h00 à 23h59). Chacun de ses événements représente une ligne du tableau regroupant tous les événements enregistrés depuis 1997.

Les images et vidéos passent ensuite dans un logiciel d’identification nommé Extract Compare qui permet de comparer les nouvelles photographies à celles stockées dans la base. Il est capable, quand la qualité des photos est suffisante, d’identifier les individus. Ce logiciel compare les motifs présents sur les flancs et les cuisses de l’animal testé, à tous les lynx déjà identifiés et présents dans la base

(Conservation Research LTD, 2022). Ci-dessous, Figure 8, sont présentées quatre captures d'écrans du logiciel lors de l'identification d'une nouvelle image d'individu existant dans la base.



Figure 8 : Etapes d'identification d'un individu par le logiciel Extract Compare (Individu F25_006 suivi de 2005 à 2017)

Si une correspondance est trouvée, l'événement est ajouté au dossier de l'animal. Cependant, pour identifier un animal complètement il faut pouvoir associer simultanément au minimum une image de chaque flanc. Il existe donc trois niveaux d'identification :

- Les ID, c'est-à-dire pour lesquels les deux flancs sont connus et associés à un même individu, ils sont nommés de la manière suivante : B+n°lynx si capturé pour la première fois en Suisse, F+n°département_n°lynx si pris pour la première fois en France.
- Les PID, c'est-à-dire pour lesquels un seul des deux flancs est connu et associé à un individu, ils sont nommés de la manière suivante : L+n°lynx (côté gauche) R+n°lynx (côté droite) si capturé pour la première fois en Suisse, n°lynx (à 3 ou 4 chiffres, numéro unique donné par le logiciel d'identification) si pris pour la première fois en France.
- Les individus non identifiés, c'est-à-dire pour lesquels la qualité des images/vidéos n'a pas permis de les identifier, ils sont nommés NON_ID (pris en compte ponctuellement dans l'élaboration de la méthode mais pas pour les résultats sur la BDDi 1997-2020)

Les données utilisées dans cette étude regroupent tous les événements correspondant à des ID ou PID de 1997 à 2020 (cf. Tableau II ; un échantillon de données de 2021 a été utilisé pour évaluer la sensibilité et spécificité de l'évaluation clinique). On note ici que les lynx qui ont été photographiés morts ne sont pas pris en compte dans l'étude (indépendamment du fait qu'ils soient connus vivants précédemment ou non), car ils sont systématiquement répertoriés dans le cadre du suivi SAGIR.

Les données proviennent de l'Ain (01), du Doubs (25), de l'Isère (38), du Jura (39), de la Savoie (73), de la Haute Savoie (74) et des Vosges (88).

Tableau II : Nombre d'images, de vidéos et d'événements concernant les ID et PID suivis en France de 1997 à 2020

	ID	PID
Nombre d'images	26828	3146
Nombre de vidéos	1345	880
Nombre de lynx	270	275 ⁴
Nombre d'événements	3574	461

Partie 1 : Développement d'une méthode d'évaluation clinique et surveillance épidémiologique par piégeage photographique

A. Conception de référentiels photographiques utilisables comme outils supports du suivi sanitaire par piégeage photographique

Afin de limiter les biais d'interprétation lors de l'observation clinique, faciliter la saisie et l'analyse des données, deux outils ont été produits à destination des biologistes : un référentiel d'images standards de lynx et un second référentiel détaillant les images d'affections visibles. Ils sont destinés à être régulièrement consultés (puis actualisés et complétés au besoin) par les agents en charge de l'actualisation de la base de données qui comprendra dorénavant un volet sanitaire. Ces référentiels comportent certaines images floutées pour raison de droits d'auteurs mais pourront être consultables en version complète sur demande à l'OFB.

i) Réalisation d'un référentiel photographique du Lynx boréal en bonne santé apparente

Dans ce premier référentiel, des images sont présentées pour des lynx d'âge, de sexe, de type de pelage différents afin de donner une idée de la diversité morphologique des individus. De plus, les animaux sont présentés à différentes périodes de l'année, de jour, comme de nuit afin d'habituer l'œil de l'observateur aux différentes conditions d'observation, aux pelages qui diffèrent selon les saisons et

⁴ 275 lynx PID en faisant le postulat que chaque individu est différent mais il n'est pas possible de le vérifier.

aux images de nuit qui peuvent être très différentes selon le type de pièges photographiques utilisés. Un point particulier est dédié au classement de l'état corporel du Lynx (cf. Tome II).

ii) Réalisation d'un référentiel photographique des affections observables du Lynx boréal

Pour chaque catégorie de troubles, nous avons créé des sous catégories pour préciser le trouble observé (Tome II). Les troubles en italiques n'ont pas encore été observés lors du suivi PP mais ont malgré tout été maintenus dans le référentiel car une observation future reste possible. Les termes utilisés ont été choisis pour être utilisables facilement par des non vétérinaires mais suffisamment précis pour permettre une analyse épidémio-clinique. L'ensemble des catégories de troubles est présenté ci-dessous.

- **Trouble comportemental (Tcomp_)**
- **Trouble cutané (Tcut_)**
- **Trouble digestif (Tdig_)**
- **Troubles de l'état corporel (Tec_)**
- *Troubles génitaux (Tgen_)*
- **Troubles locomoteurs (Tloc_)**
- **Malformations (Malformation_)**
- **Troubles neurologiques (Tneuro_)**
- **Trouble oculaire uni ou bilatéral (Toc_UL_ ou Toc_BI)**
- **Trouble respiratoire (Tresp_)**

Ce document (Annexe 1) fait la liste des affections qu'il semble possible d'observer par PP pour le Lynx boréal. Pour la liste des troubles, nous nous sommes inspirés du Vade-mecum des laboratoires départementaux d'analyses vétérinaires (OFB, 2016), utilisé lors des nécropsies de la faune sauvage dans le cadre du Réseau SAGIR. Nous avons également utilisé un atlas photographique réalisé à partir d'images issues de nécropsies de lynx (Ryser-Degiorgis, 2020).

B. Conception d'un protocole d'observation clinique du Lynx boréal par piégeage photographique

Après la réalisation des référentiels, nous avons créé des protocoles d'observations cliniques afin d'aider les biologistes à analyser de manière standardisée chaque image et à détecter la présence d'éventuelles affections. Tout d'abord, avant d'expertiser la photo, il est essentiel de prendre en compte le contexte de la capture, la saison (paramètre important à connaître pour observer l'état corporel et du pelage de l'animal), le moment de la prise de vue (jour vs nuit), ainsi que les conditions météorologiques

qui modifient la perception des couleurs et des contrastes. L'Annexe 2 présente la liste des éléments à regarder sur chaque image ou vidéo afin de ne pas oublier d'éléments à considérer lors du visionnage.

C. Détermination de la sensibilité et de la spécificité de l'observation clinique par un non vétérinaire

Un échantillon des données de 2021 a été visionné en aveugle par un vétérinaire (gold standard) et un biologiste. La comparaison des résultats issus des 2 observateurs permettra d'évaluer la sensibilité et la spécificité de l'observation clinique par un non vétérinaire. L'échantillon choisi concerne les données collectées en janvier et mai 2021, cette période de deux mois permet à la fois un visionnage dans un temps convenable et une quantité de données suffisante pour en faire l'analyse. Nous essayerons de rendre compte de la sensibilité et spécificité globale, tous types de troubles confondus en prenant en compte les incertitudes sur les individus vus comme douteux par le vétérinaire. De plus, nous chercherons à déterminer quels sont les types de troubles qui posent le plus de problème de détection pour le biologiste. Les résultats seront synthétisés dans deux tableaux de contingence qui prennent en compte de manière différente les cas « douteux » : dans un cas les événements classés « douteux » par le vétérinaire sont considérés comme positifs, dans le deuxième cas, ils sont considérés comme Almid (*Absence de lésion macroscopiquement identifiable*). Cette méthode permet d'obtenir un intervalle de valeurs de sensibilité et spécificité qui tient compte des incertitudes exprimées par le vétérinaire.

Formules utilisées pour le calcul de sensibilité et spécificité de la méthode :

$$\text{Sensibilité (\%)} = \frac{\text{Nombre de vrais positifs détectés par le biologiste}}{\text{Nombre d'atteints (= Nombre d'événements considérés positifs par le vétérinaire)}} \times 100 =$$

Capacité du biologiste à détecter tous les individus réellement atteints

$$\text{Spécificité (\%)} = \frac{\text{Nombre de vrais négatifs détectés par le biologiste}}{\text{Nombre de sains (= Nombre de vrais négatifs détectés par le vétérinaire)}} \times 100 =$$
 Capacité
du biologiste à détecter uniquement les individus réellement atteints

Partie 2 : Méthode de description spatio-temporelle des affections détectées par piégeage photographique

Les données nécessaires à l'étude sont les mêmes que celles qui ont été utilisées pour la réalisation des référentiels. Cependant cette fois-ci, vont être sélectionnées, parmi les événements de la BDDi, toutes images présentant des affections visibles entre 1997 et 2020.

A. Sélection initiale, validation et classement des images/vidéos montrant des individus avec troubles

Un tableau Excel répertoriant chaque événement associé à un trouble clinique observé est créé. Nous avons réalisé une pré-sélection par excès de toutes les images sur lesquels nous pensions identifier un trouble. La présence de troubles cliniques a ensuite été vérifiée par un vétérinaire expert en épidémiologie des maladies de la faune sauvage qui a validé les images en les classant en trois catégories « validé », « douteux » ou « Almid » (« Absence de lésion macroscopiquement identifiable »). Chaque ligne représente un événement et est caractérisé par : date, lieu, lynx concerné, catégorie de trouble et trouble observé, ainsi que le niveau de confiance accordé par le vétérinaire à l'observation (validé/douteux). Un deuxième tableau répertoriant les troubles observés par lynx est aussi créé afin d'avoir des résultats globaux par individu.

B. Définition des variables intrinsèques et extrinsèques étudiées dans l'analyse de données

Pour chaque événement relevé dans le tableau, nous avons associé de nouvelles variables utiles à l'analyse des données. Ces variables sont définies ci-dessous :

- **Variable intrinsèque (liée à l'individu) :**

Age minimum = Nombre d'années écoulées à partir de la première observation de l'individu. S'il est vu jeune (<1 an) au moment de la première observation on commence à 0 et s'il est adulte on commence à 1. Ce nombre d'année représente donc l'âge minimum que l'on peut estimer en recapturant un même individu.

- **Variables extrinsèques (liées aux événements) :**

- **Contexte d'observation** = Définit les modalités de prise photographique trois modalités sont définies : un lynx observé lors d'un épisode de consommation sur proie préalablement repérée aura un contexte nommé « proie »), un lynx photographié par un piège posé dans le cadre du suivi de l'espèce aura un contexte « PP », un lynx observé de manière directe (image prise par un observateur avec un appareil photo manuel aura un contexte « observation directe »).
- **Taux de recapture** = Nombre de lynx recapturés divisé par le nombre de lynx capturés
- **Localisation** = Chaque événement présentant un trouble est localisé grâce aux coordonnées GPS du PP. On précise ici que si un individu est revu plusieurs fois avec la même affection il ne sera localisé et représenté qu'une seule fois, à la date de la première observation afin de limiter le biais induit par la pression d'observation probablement variable selon les individus

Les analyses présentées dans ce travail ne seront que purement descriptives.

Partie 3 : Comparaison des résultats issus de la surveillance événementielle du réseau SAGIR et du suivi photographique

Afin de comparer les résultats du suivi par PP au suivi sanitaire existant, nous avons récupéré les données de la base de nécropsie SAGIR (Epifaune) et renommé les lésions selon la nomenclature utilisée dans notre référentiel afin de pouvoir comparer les résultats. Entre 2011 et 2022, 140 cadavres de lynx ont été pris en charge par le réseau SAGIR, dont 114 présentaient un moins un trouble tel que défini dans notre référentiel. Les lynx nécropsiés sont en grande majorité des individus qui ont été percutés par des véhicules et retrouvés morts au bord de la route. Pour assurer la comparaison des résultats issus des deux modalités de surveillance, nous distinguerons les lynx retrouvés morts après suspicion de collision et les autres. En effet, comparer les individus suivis par PP avec troubles et les lynx nécropsiés morts par collision permet de comparer des échantillons d'ID dans la population globale, prélevés par deux méthodes de « capture » différentes. Ce choix a été réalisé dans le but d'homogénéiser les échantillons. En effet, nous allons considérer dans un premier temps que les deux méthodes de « capture » permettent de prélever au hasard des individus dans la population. Le choc véhicule et la capture vidéo-photographique sont donc considérées à première vue comme deux méthodes de prélèvement aléatoire dans la population. Cependant nous considérerons aussi par la suite les individus morts d'une autre cause afin d'avoir une vision complète des résultats de suivi sanitaire.

2) RESULTATS

Partie 1 : Résultats de la conception de la méthode d'évaluation sanitaire par piégeage photographique

A. Les référentiels de données standardisées et images de références

Les référentiels sous forme de fiches techniques sont présentés dans le Tome II. Dans le premier, nous avons résumé les caractéristiques et spécificités anatomiques et biologiques de l'espèce visibles par PP ainsi que les artefacts pouvant influencer notre observation clinique (cf. extrait Figure 9, ci-dessous).

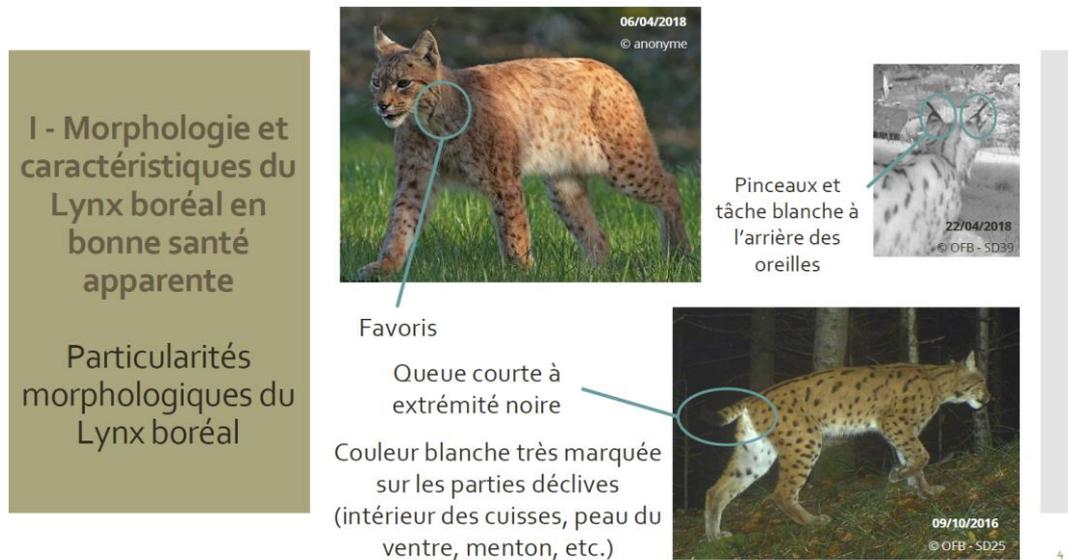


Figure 9 : Extrait du référentiel pour l'observation par PP du Lynx boréal en état de bonne santé apparente (cf. Tome II)

Dans le second, nous avons illustré les différents troubles répertoriés par PP pour l'espèce (cf. extrait Figure 10, ci-dessous).

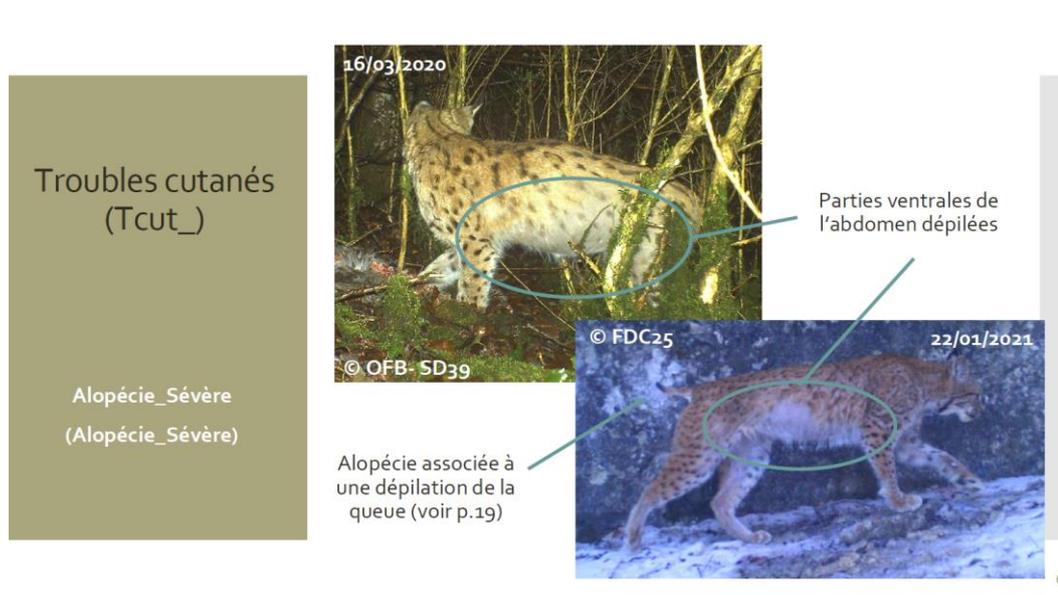


Figure 10 : Extrait du référentiel pour l'observation par PP du Lynx boréal avec troubles observables (cf.Tome II)

B. Protocole d'observation clinique du Lynx boréal par piégeage photographique

Après la réalisation des référentiels, des protocoles d'observations cliniques ont été créés afin d'aider les biologistes à analyser de manière standardisée chaque image et à détecter la présence d'éventuelles affections. Tout d'abord, à l'ouverture d'un fichier, il est essentiel de prendre en compte le contexte de la capture, la saison (paramètre important à connaître pour observer l'état corporel et du pelage de l'animal), le moment de la prise de vue (jour vs nuit), ainsi que les conditions météorologiques qui modifient la perception des couleurs et des contrastes. L'Annexe 1 présente la liste des éléments à regarder sur chaque image ou vidéo afin de ne pas oublier d'éléments à considérer lors du visionnage.

C. Détermination de la sensibilité et de la spécificité de l'observation clinique par un non vétérinaire

Nous avons réalisé deux tableaux de contingence (Tableau IIIa et IIIb) avec les calculs de sensibilité et de spécificité associés. Le détail des calculs est présenté en dessous de chacun des tableaux. Le Tableau IIIc récapitule des résultats de ces tableaux de contingence.

Pour ces calculs, 53 évènements ont été étudiés simultanément et en aveugle par un vétérinaire et un biologiste.

Tableaux IIIa et IIIb : Tableaux de contingence comparant les résultats obtenus par le vétérinaire (Gold Standard) et le biologiste (Test) : a) Les troubles considérés douteux par le vétérinaire sont comptés dans les positifs, b) Les troubles considérés douteux par le vétérinaire sont comptés comme

Almid

Légendes :

	Nombre de vrais négatifs détectés par le biologiste
	Nombre de sains (= Nombre d'événements considérés négatifs par le vétérinaire)
	Nombre de vrais positifs détectés par le biologiste
	Nombre d'atteints (= Nombre d'événements considérés positifs par le vétérinaire)

Almid = Absence de lésion macroscopiquement identifiable ; *Tcut* = Trouble cutané ; *Tec* = Trouble de l'état corporel ; *Tloc* = Trouble locomoteur ; *Toc* = Trouble oculaire ; *Tresp* = Trouble respiratoire.

a)

		Gold standard Vétérinaire						Total Biologiste
		Almid	Tcut	Tec	Tloc	Toc	Tresp	
Test Biologiste	Almid	30	0	3	1	1	1	36
	Tcut	6	9	0	0	0	0	15
	Tec	0	0	0	0	0	0	0
	Tloc	1	0	0	0	0	0	1
	Toc	0	0	0	0	1	0	1
	Tresp	0	0	0	0	0	0	0
	Total Vétérinaire	37	9	3	1	2	1	53

$$\text{Sensibilité} = \frac{9+0+0+1+0}{9+3+1+2+1} \times 100 = 62,5\% - \text{Spécificité} = \frac{30}{37} \times 100 = 81,1\%$$

b)

		Gold standard Vétérinaire					Total Biologiste
		Almid	Tcut	Tec	Tloc	Toc	
Test Biologiste	Almid	35	0	1	0	0	36
	Tcut	10	5	0	0	0	15
	Tec	0	0	0	0	0	0
	Tloc	1	0	0	0	0	1
	Toc	1	0	0	0	0	1
	Total Vétérinaire	47	5	1	0	0	53

$$\text{Sensibilité} = \frac{5+0+0+0}{5+1+0+0} \times 100 = 83,3\% - \text{Spécificité} = \frac{35}{47} \times 100 = 74,5\%$$

Tableaux IIIc : Récapitulatif des intervalles de sensibilité et spécificité selon la prise en compte positive ou négative des cas douteux de troubles pour le vétérinaire

	Intervalle (en %)
Sensibilité de détection des troubles	[62,5 - 83,3]
Spécificité de détection des troubles	[74,5 - 81,1]

Afin de bien comprendre comment ont été réalisés ces calculs de sensibilité et de spécificité nous allons prendre quelques exemples dans le Tableau 3a. Dans le tableau, on remarque que le biologiste a repéré au total 10 troubles qui ont aussi été relevés par le vétérinaire (= vrais positifs). On divise alors ce chiffre par le nombre d'affections totales relevées par le vétérinaire (= animaux atteints) pour obtenir la sensibilité globale pour l'ensemble des troubles. Pour le calcul de spécificité, on comptabilise le nombre d'événements correctement identifié Almid par le biologiste (= vrais négatifs) divisé par le nombre d'événements qualifiés d'Almid par le vétérinaire (= animaux sains).

Ainsi, en comptant les événements douteux comme positifs (Tableau 3a) on obtient une sensibilité de 62,5% et une spécificité de 81,1%.

Alors qu'en considérant, les événements douteux comme vrais négatifs (Tableau 3b), la sensibilité est augmentée à 83,3% et la spécificité légèrement diminuée à 74,5%.

On remarque que la majorité des troubles observés sont des troubles cutanés (5 à 9 cas sur 6 à 16 cas au total, selon le statut des cas douteux). Sur ces 9 cas potentiels 4 d'entre eux sont douteux, ce chiffre explique en grande partie l'écart entre le minimum et le maximum des intervalles de sensibilité et de spécificité (Tableau IIIc).

Partie 2 : Analyse descriptive des données vidéophotographiques

A. Description de l'échantillon étudié

Pour l'analyse de données, nous avons visionné 3574 événements (soit 3574 prises par un (ou plusieurs) appareil(s) photographique(s) d'images et/ou de vidéos d'un même lynx, en un lieu, pendant un intervalle de 24 heures) associés à 270 ID (les deux flancs connus et associés) et 461 événements associés à 275 PID (un des deux flancs connus). On précise ici que le nombre d'événements présentés dans les différents résultats est toujours plus élevé que le nombre d'individus car un même individu peut être associé à plusieurs événements.

i) *Nombre d'individus, répartition des sexes et types de pelage*

Les tableaux IVa et IVb, ci-dessous, présentent la répartition des individus selon leur sexe et leur type de pelage.

On rappelle que les lynx observés en France présentent deux types de pelage différents : un pelage dit « Spot » majoritaire et un pelage dit « Ocelle » minoritaire.

Tableaux IVa et IVb : Répartition par sexe et par type de pelage : a) ID, b) PID dans l'ensemble de la BDDi entre 1997 et 2020

a)

Sexe	Ocelle	Spot	Total général
Femelle	20	50	70
Indéterminé	32	97	129
Mâle	15	56	71
Total général	67	203	270

b)

Sexe	Ocelle	Spot	Total général
Femelle	10	14	24
Indéterminé	56	176	232
Mâle	5	14	19
Total général	71	204	275

On remarque pour les ID qu'environ la moitié d'entre eux sont sexés alors que pour les PID seulement un peu plus de 15% le sont mais le nombre d'individus de sexe indéterminé ne permet pas d'étudier le sexe ratio de l'échantillon. Environ un quart des individus ont un pelage de type « ocelle » qu'ils s'agissent d'ID ou de PID. Le pelage ocelle semble légèrement plus fréquent chez les femelles que les mâles parmi les individus sexés (Mâle ocelle : 21,1% (ID) et 26% (PID) ; Femelle ocelle : 28,6% (ID) et 41,6% (PID)).

Nous allons désormais nous intéresser au nombre de lynx observés chaque année depuis le début du suivi (Figures 11a et 11b), en faisant la distinction entre les individus déjà observés l'année précédente et ceux nouvellement observés. Cela va nous permettre de nous rendre compte de la distribution temporelle de l'échantillon de population prélevé par le suivi par PP.

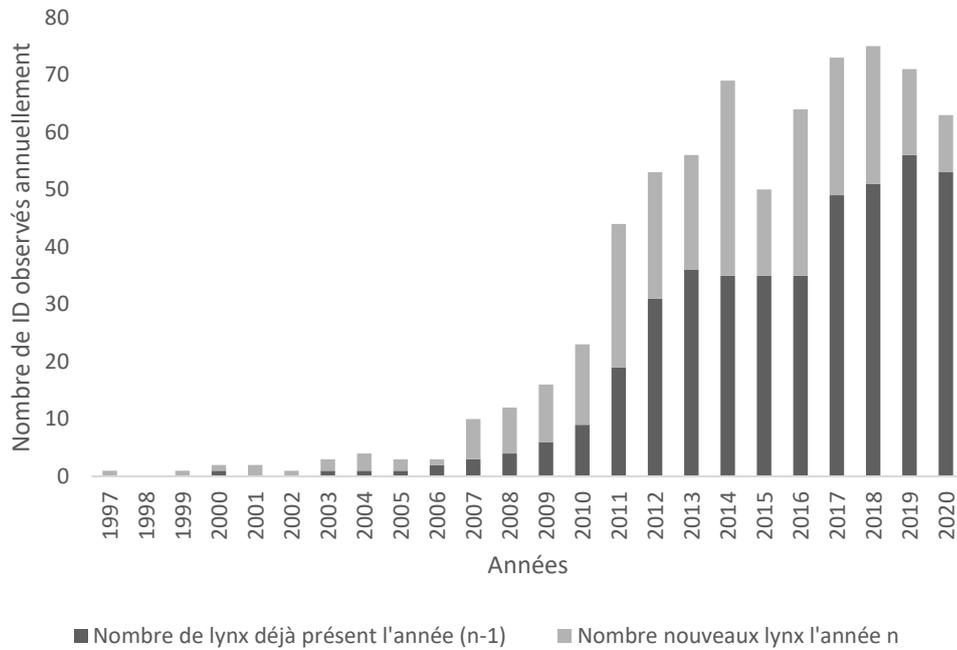


Figure 11a : Nombre d' ID observés par PP chaque année entre 1997 et 2020, avec distinction annuelle du nombre de lynx observés précédemment et du nombre de lynx nouvellement observés (n=270 lynx distincts au total sur la durée du suivi)

On remarque qu'entre 1997 et 2006 le nombre de lynx observés est très faible, ce nombre ne dépasse pas la dizaine par an. Cela s'explique par le fait que ces observations sont des captures opportunistes et non inscrites dans un programme de suivi annuel organisé (peu de PP sur le terrain à cette époque car très chers). Par la suite le nombre total de lynx observés par an augmente jusqu'en 2014 pour se stabiliser par la suite autour de 70 ID observés chaque année. Entre 2017 et 2020 le nombre de nouveaux lynx observés chaque année varie entre 15 et 35 nouveaux individus par an.

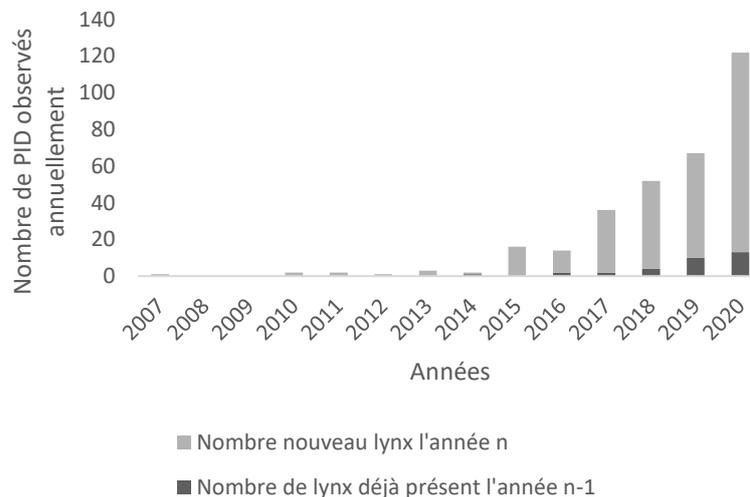


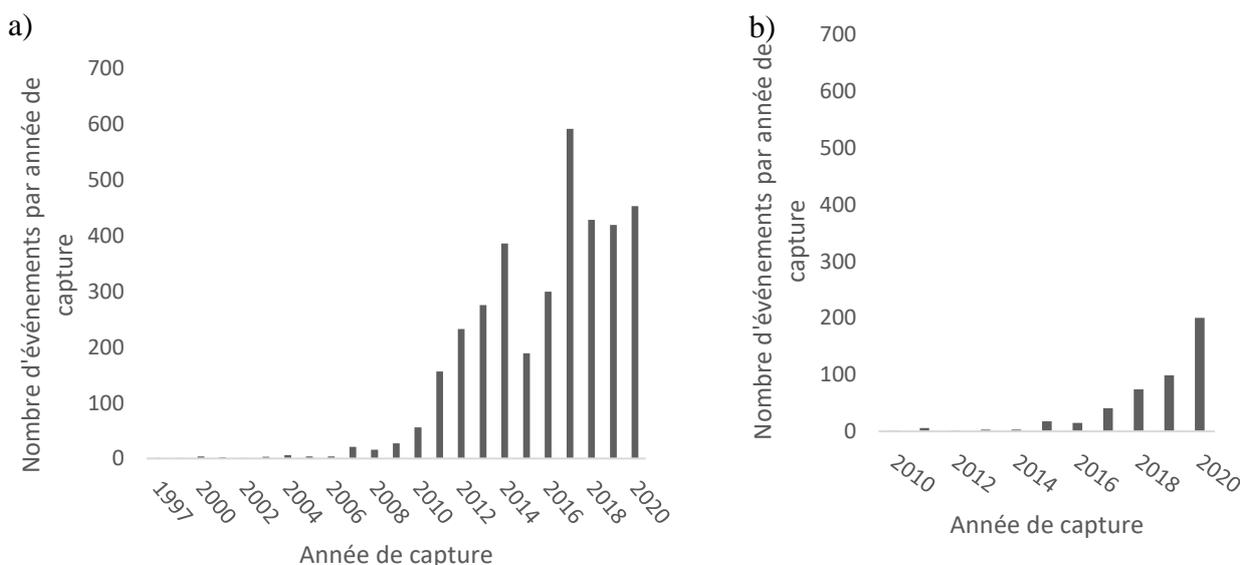
Figure 11b : Nombre de PID observés par PP chaque année entre 1997 et 2020, avec distinction annuelle du nombre lynx observés précédemment et du nombre de lynx nouvellement observés (n=275 lynx au total sur la durée du suivi)

On remarque que le nombre de PID recapturés d’une année sur l’autre est très faible.

De plus, on observe globalement une augmentation continue du nombre de PID chaque année avec un nombre presque deux fois plus élevé en 2020 qu’en 2019, ce qui n’est pas du tout le cas des ID.

ii) *Nombre d’événements par année*

En complément de la répartition par individu, est représenté ci-dessous (Figure 12), la répartition du nombre d’événements capturés par année.



Figures 12a et 12b : Nombre d’événements par année de capture : a) ID (n=3574 événements), b) PID (n=461 événements)

Avant 2011, le nombre d'événements par an ne dépassait pas la soixantaine puis augmente progressivement pour les ID, pour atteindre presque 400 événements en 2014. En 2015 et 2016, une baisse du nombre d'événements est observée. Puis en 2017, on observe pour les ID un nombre élevé d'événements (plus de 600). Entre 2018 et 2020 le nombre d'événements est en moyenne de 434 événements par an pour les ID. En 2020, on note pour les PID un nombre deux fois plus élevé d'événements par rapport à l'année précédente.

iii) Nombre d'événements par lynx, de photos/vidéos par événement, durée de suivi et âge estimé

Ci-dessous, dans les tableaux Va et Vb, nous présentons plusieurs variables liées aux événements et aux individus afin de décrire l'amplitude photographique, la durée du suivi de chaque individu ainsi que l'âge minimum des individus en début et fin de suivi.

Tableau Va : Caractéristiques de suivi des ID (n=270 ID)

	Nombre d'événements par lynx	Nombre de photos par événement	Nombre de vidéos par événement	Durée suivi total (en jours)	Age minimum au début du suivi (en années)	Age minimum à la fin du suivi (en années)
Minimum	1	0	0	0	0	0
Maximum	187	1684	721	4195	6	13
Médiane	6	2	0	528	1	2
Moyenne	13,9	7,5	0,4	766	1,1	2,9

Tableau Vb : Caractéristiques de suivi des PID (n=275 PID)

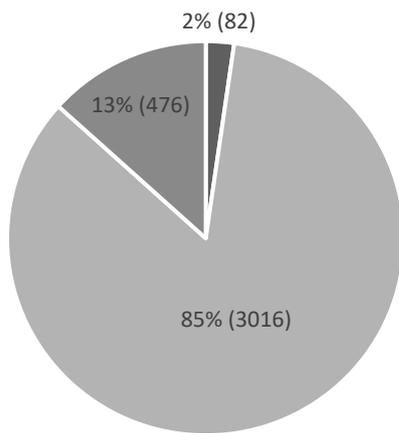
	Nombre d'événements par lynx	Nombre de photos par événement	Nombre de vidéos par événement	Durée suivi total (en jours)	Age minimum au début du suivi (en années)	Age minimum à la fin du suivi (en années)
Minimum	1	0	0	0	0	0
Maximum	13	743	425	1595	2	7
Médiane	1	1	0	0	1	1
Moyenne	1,7	6,8	1,9	70	1	1,2

En comparant les résultats pour les deux niveaux d'identification, on remarque que le nombre d'événements par lynx est près de huit fois plus important pour les ID et que la moyenne de durée de suivi est dix fois plus importante pour les ID avec une moyenne de 766 jours. En moyenne l'âge minimum à la fin du suivi de chaque animal est de presque 3 ans pour les ID alors qu'il dépasse à peine un an pour les partiellement identifiés. De manière générale, chaque événement comprend beaucoup plus de photos que de vidéos, en moyenne les PID ont un nombre de vidéos par événement plus élevé et un nombre de photo plus faible que les identifiés.

iv) Contexte d'observation

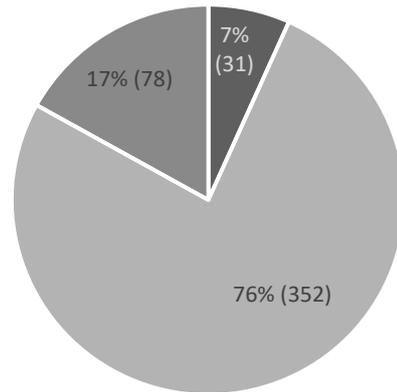
L'échantillon utilisé contient des données vidéophotographiques capturées selon trois méthodes différentes. La figure 13 ci-dessous représente la répartition du nombre d'événements selon le contexte de capture afin de prendre un compte et de caractériser cette diversité de sources dans l'étude.

a)



- observation directe (2 photos)
- pp (1 photo)
- proie (8 photos)

b)



- observation directe (2 photos)
- pp (1 photo)
- proie (4 photos)

Figures 13a et 13b : Pourcentage d'événements représenté selon le type de contexte d'observation : a) ID (n=3574 événements), b) PID (n=461 événements)

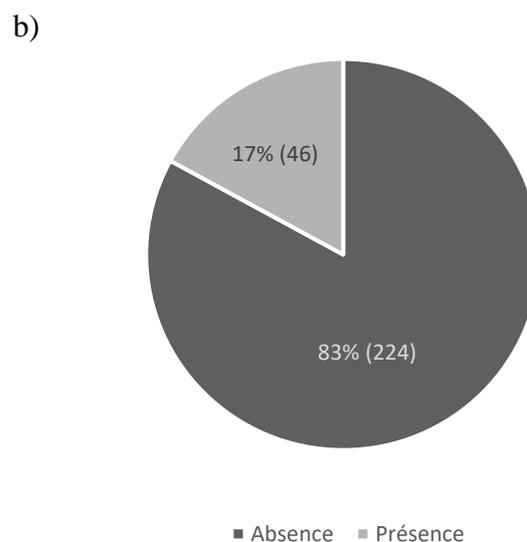
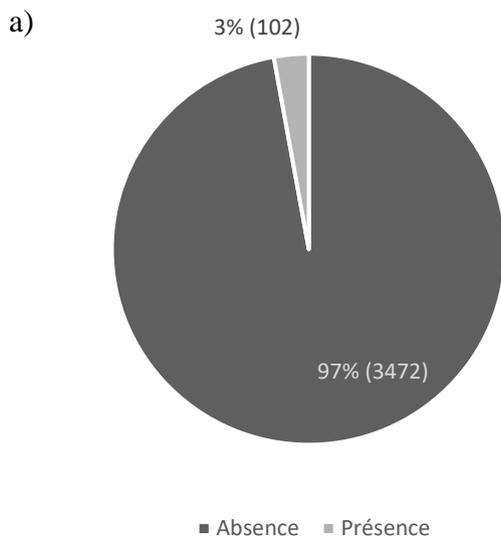
Le nombre de photos entre parenthèses dans la légende correspond au nombre médian de photos par événement par type d'observation, le nombre entre parenthèses dans la figure, après les pourcentages correspond au nombre d'événements par type d'observation

Nous remarquons que quel que soit le niveau d'identification des individus plus des trois quarts des événements sont pris dans un contexte de suivi opportuniste par PP. Entre 13 et 17 % des événements sont pris par des pièges photographiques spécifiquement posés au niveau de cadavres de proie de lynx. Parmi ces proies, 58 % étaient des proies sauvages (chevreuils, chamois, ...) et le reste, soit 42 %, étaient des proies domestiques (moutons, chèvres, ...).

B. Description des affections observées

i) Fréquences de détection de troubles à l'échelle individuelle et événementielle

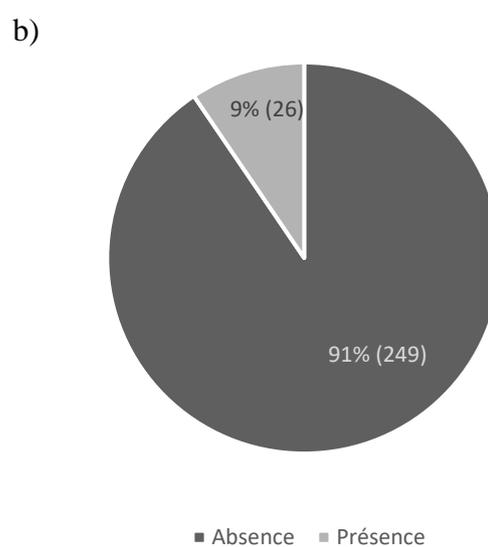
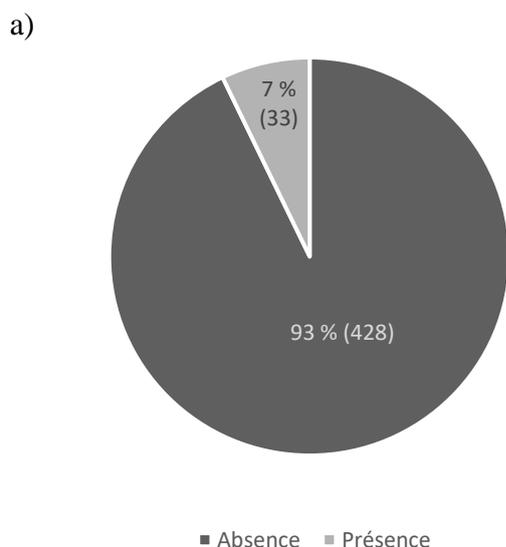
Nous allons désormais nous intéresser à la proportion d'événements présentant des individus atteints d'un (ou plusieurs) troubles (Figure 14a et 15a), ainsi qu'à la proportion d'individus présentant au moins un trouble au cours de son suivi (Figure 14b et 15b).



Figures 14a et 14b : a) Proportion d'événements associés à un lynx ID présentant un trouble (n=3574 événements au total), b) Proportion d'ID présentant au moins un trouble (n=270 lynx au total)

Le nombre entre parenthèses correspond au nombre d'événements/lynx avec ou sans trouble

On remarque que 17%, soit 46 ID présentent au moins un trouble, cela représente seulement 3% des événements totaux.



Figures 15a et 15b : a) Proportion d'événements associés à un lynx PID présentant un trouble (n=461 événements), b) Proportion de PID présentant un trouble (n=275 lynx)

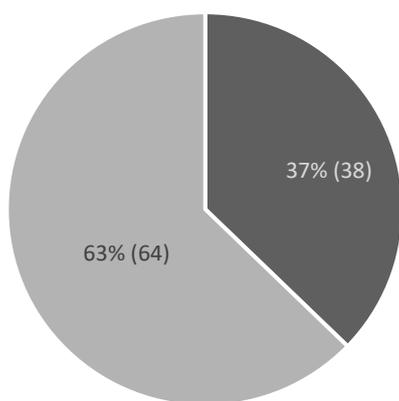
Le nombre entre parenthèses correspond au nombre d'événements/lynx avec ou sans trouble

En ce qui concerne les PID, on remarque que les proportions sont plus similaires : 7% pour les événements et 9% pour les lynx.

ii) Niveau de confiance accordé aux observations

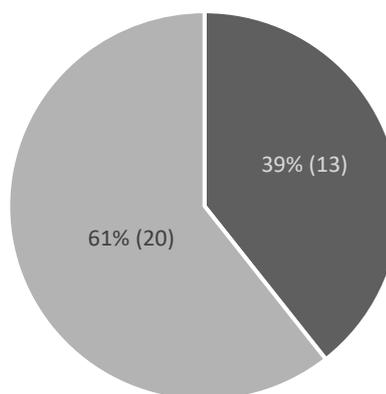
On rappelle ici que deux types de niveau de confiance peuvent être accordés aux observations faites par le vétérinaire en charge de la visualisation des données : Validé ou Douteux. Ci-dessous, sur la Figure 16, est représentée la répartition des niveaux de confiance accordés à l'ensemble des événements visualisés avec troubles.

a)



■ Douteux ■ Validé

b)



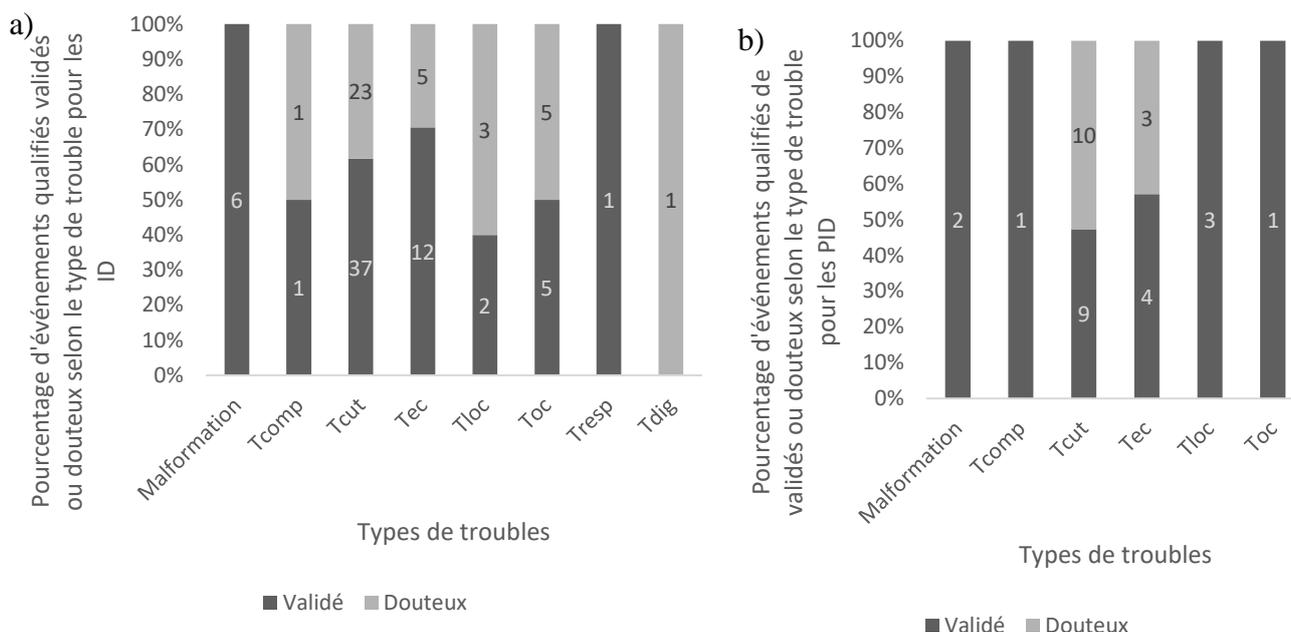
■ Douteux ■ Validé

Figures 16a et 16b : Répartition des niveaux de confiance accordés aux troubles observés concernant : a) événements concernant les ID (n=102 événements), b) événements concernant les PID (n=33 événements)

Le nombre entre parenthèses correspond au nombre d'événements avec trouble de chaque niveau de confiance

On remarque que quel que soit le niveau d'identification le taux de validés est proche des deux tiers des événements relevés.

A présent nous allons détailler le niveau de confiance en fonction du type de lésion observé (Figure 17).



Figures 17a et 17b : Répartition des niveaux de confiance en fonction du type de trouble observé chez : a) évènements concernant les ID (n=102 événements), b) évènements concernant les PID (n=33 événements)

Les nombres dans les histogrammes correspondent au nombre d'évènements

*Légendes : **Tcomp** = Trouble du comportement ; **Tcut** = Trouble cutané ; **Tdig** = Trouble digestif ; **Tec** = Trouble de l'état corporel ; **Tloc** = Trouble locomoteur ; **Toc** = Trouble oculaire ; **Tresp** = Trouble respiratoire.*

On remarque sur cette figure que certains types de trouble sont plus faciles à observer avec certitude que d'autres. Par exemple, les malformations sont validées à chaque fois alors que seulement 50 à 60 % des événements suspects de troubles cutanés sont validés. Les troubles de l'état corporel semblent légèrement plus faciles à observer avec certitude (60 à 70% des événements). Alors que les troubles oculaires sont validés dans 50% des cas pour les événements relatifs aux ID (1 seul événement pour les PID a été relevé).

Remarque : Par la suite, sauf si le contraire est précisé, nous ne distinguerons plus les niveaux de confiance afin de simplifier l'étude. C'est-à-dire que tous les événements douteux seront catégorisés comme validés.

iii) *Détection des troubles selon le contexte d'observation*

Nous allons nous intéresser à une autre variable importante décrivant les événements : le contexte d'observation. (Figure 18).

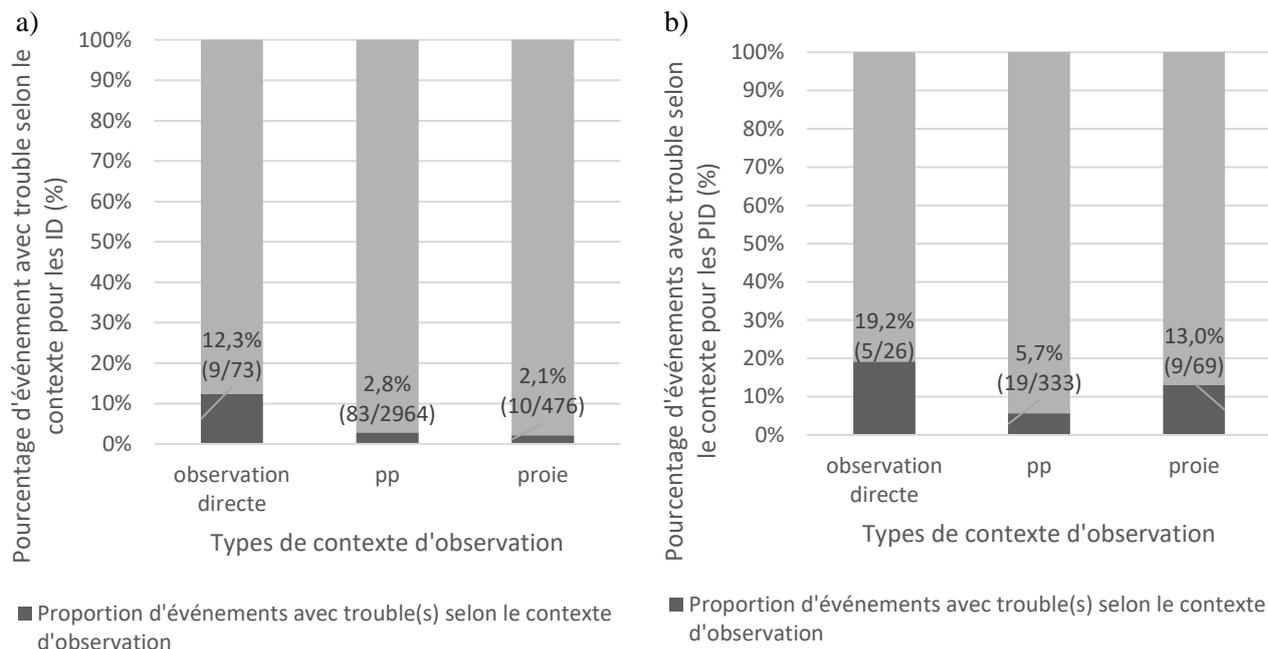


Figure 18a et 18b : Proportion d'événements avec un ou des trouble(s) selon le contexte d'observation : a) événements correspondant aux ID (n=3574 événements), b) événements correspondant aux PID (n=461 événements)

Les nombres entre parenthèse correspondent au nombre d'événements observés dans chaque contexte avec un trouble sur le nombre total d'événements dans ce contexte

Quel que soit le niveau d'identification des lynx, l'« observation directe » est le contexte pour lequel il y a le pourcentage le plus important de détection de troubles. Pour les événements relatifs aux ID, des troubles sont identifiés sur « proie » et par suivi opportuniste par PP, cinq à six fois moins fréquemment qu'en observation directe. Pour les PID, où les effectifs sont beaucoup plus réduits, on observe la même tendance générale avec une proportion d'observation de troubles plus marquée sur l'« observation directe ». Cependant, on remarque une proportion plus élevée d'individus atteints sur « proie » que par PP que pour les ID.

iv) Suivi temporel d'apparition et de persistance des troubles

Nous allons à présent étudier l'évolution des troubles dans la population de lynx ID capturés au cours du temps sur la durée du suivi (Figures 19 et 21). De plus, nous décrivons la proportion de ceux qui persistent sur plusieurs années pour les ID (Figure 20).

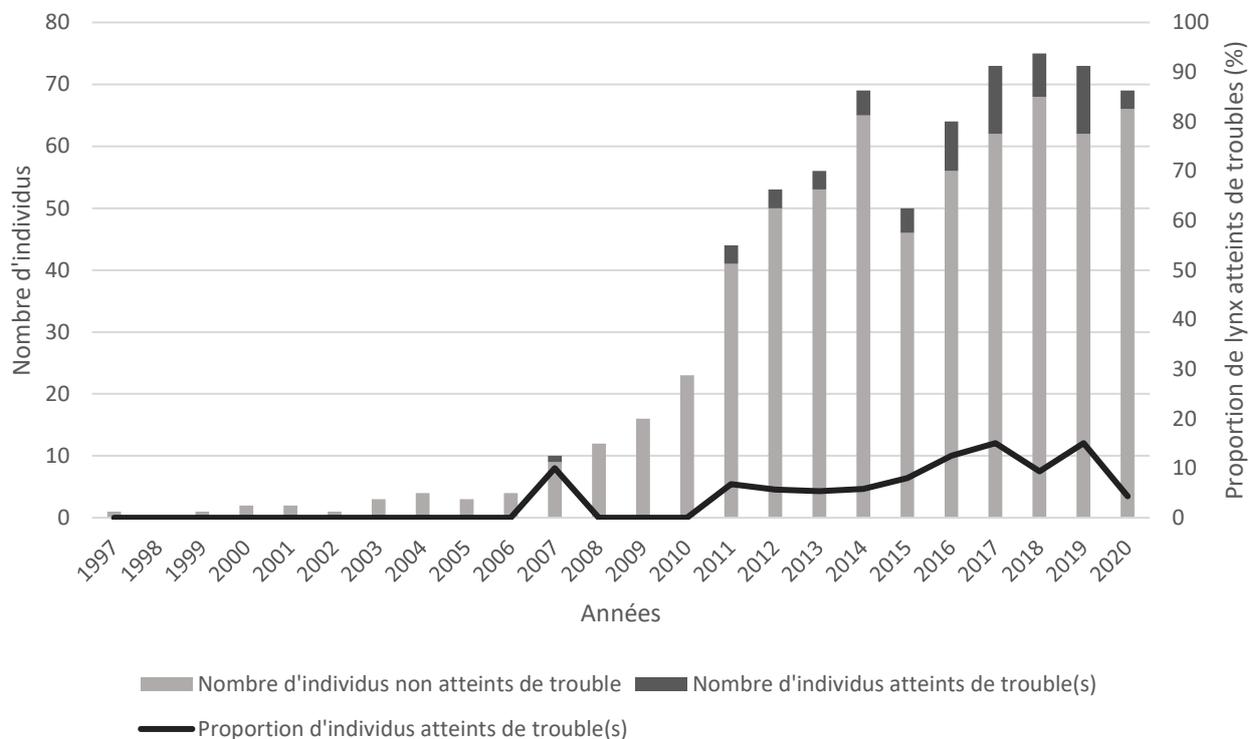


Figure 19 : Nombre et proportion d'ID présentant des troubles (tous types confondus) parmi la population française en fonction des années (n=270 ID)

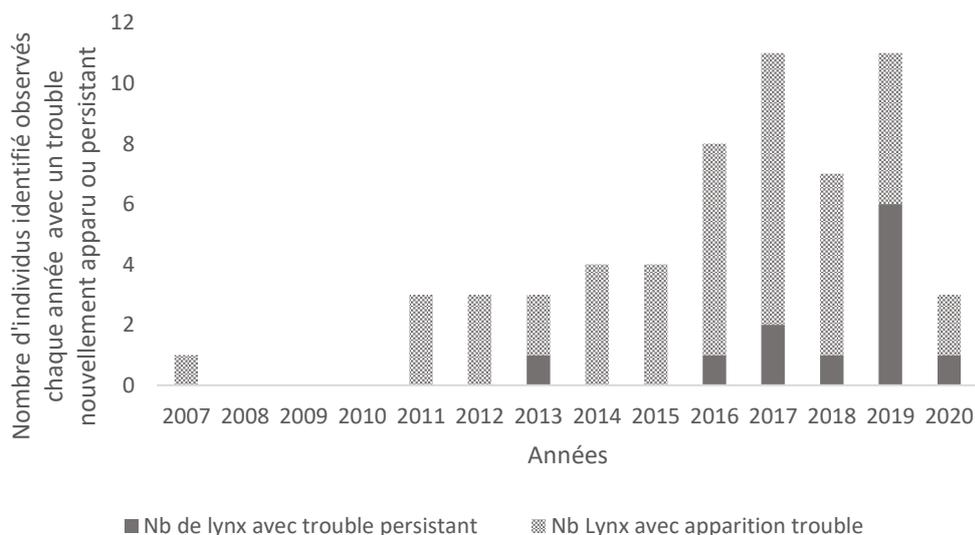
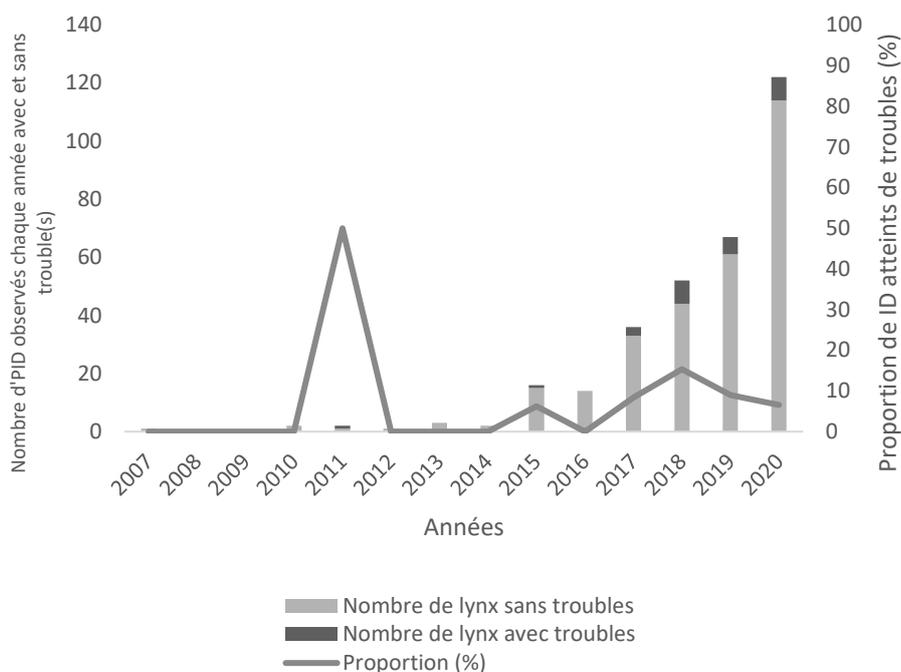


Figure 20 : Nombre de lynx observés chaque année avec un ou plusieurs troubles (n=270 lynx avec troubles : en gris uniforme, les lynx ayant un trouble persistant (trouble déjà vu l'année n-1) et en pointillés gris l'incidence des troubles)

On remarque tout d'abord qu'avant 2011, seul un lynx avec un trouble est relevé en 2007. A partir de 2011, le nombre de lynx présentant un ou plusieurs troubles augmente presque chaque année pour atteindre un nombre de 11 individus soit une proportion d'environ 12% de lynx atteints en 2019. D'autre part, à partir de 2016 on remarque que chaque année certains lynx sont recapturés avec des troubles présents l'année précédente. Enfin, on remarque en 2019, un nombre important de lynx atteints de troubles persistants en comparant aux années précédentes et à l'année suivante avec 11 individus atteints de troubles, dont 6 ayant déjà été vus au moins une fois précédemment.



Figures 21 : Nombre et proportion de PID présentant des troubles (tous types confondus) parmi la population française en fonction des années (n=275 PID)

Tout d'abord on remarque qu'avant 2011 aucun trouble n'avait été observé. C'est à partir de 2017 que le nombre d'individus présentant des troubles commence à augmenter, entre 2017 et 2020 on a en moyenne environ 6 cas par an, cela correspond à 7 à 10% des PID.

v) Possibilité de suivre l'évolution des troubles à travers la recapture

Nous allons nous intéresser ici plus précisément à la recapture des lynx, c'est-à dire que l'on va évaluer combien de lynx sont recapturés et combien de lynx avec troubles sont recapturés (Tableaux VIa et VIb afin d'estimer la faisabilité d'un suivi temporel individualisé. L'intervalle de recapture sera noté IR.

Tableau VIa : Recapture des ID (n=270) et des ID avec troubles (n=46)

	Nombre de lynx recapturés au moins une fois	Nombre moyen de recapture par lynx	Nombre médian de recapture par lynx	Durée minimale de l'IR (en j)	Durée maximale de l'IR (en j)	Durée moyenne de l'IR ⁵	Taux de recapture ⁶ (%)
Lynx ID	233	14	7	1	2176	62	86
Lynx ID recapturés avec troubles	39	2	1	1	812	65	85

Tableau VIb : Recapture des PID (n=275) et des PID avec troubles (n=26)

	Nombre de lynx recapturés au moins une fois	Nombre moyen de recapture par lynx	Nombre médian de recapture par lynx	Durée minimale de l'IR (en j)	Durée maximale de l'IR (en j)	Durée moyenne de l'IR (en j)	Taux de recapture (%)
Lynx PID	88	2	2	1	982	102	31
Lynx PID recapturés avec troubles	10	1	1	1	246	65	38

On remarque tout d'abord que le taux de recapture est important pour les ID (85%) et il est presque identique que l'on regarde les ID en général ou uniquement ceux avec troubles. De plus, on remarque que les durées moyennes de suivi sont presque identiques. Cependant, on peut voir que le nombre moyen de recapture par lynx est 7 fois inférieur pour les ID avec troubles. En ce qui concerne

⁵ Durée moyenne de l'IR = Moyenne de l'IR pour chaque individu (Durée entre capture 1 et 2 + ... + Durée entre capture n-1 et n) / Nombre d'intervalle entre les captures)

⁶ Taux de recapture = Nb de lynx recapturés au moins une fois sur Nb de lynx total

les PID le taux de recapture est environ 2,5 fois moins élevé que pour les ID mais reste similaire entre la population globale et les lynx atteints de troubles.

vi) *Types de troubles observés et caractérisation spatiale*

Après avoir étudié les troubles dans leur ensemble nous allons maintenant détailler les différents types de troubles observés ainsi que leur relative fréquence d’observation dans les populations d’ID et de PID (Tableaux VIIa et VIIb).

Tableau VIIa : Nombre d’ID atteints de troubles et proportion selon les types de troubles dans la population de lynx atteints et dans l’ensemble de la population (respectivement : n = 46 ID atteints d’un ou plusieurs troubles, N = 270 ID)

Légendes : Tcomp = Trouble du comportement ; Tcut= Trouble cutané ; Tdig = Trouble digestif ; Tec = Trouble de l’état corporel ; Tloc = Trouble locomoteur ; Toc = Trouble oculaire ; Tresp = Trouble respiratoire

	Tcomp	Tcut	Tdig	Tec	Tloc	Malformation	Toc	Tresp
Nombre d’individus touchés par ce type de trouble (un ou plusieurs troubles différents possibles)	2	26	1	12	3	3	9	1
Proportion de lynx atteints d’un trouble (n) présentant ce type de trouble (en %)	4,3	56,5	2,2	26,1	6,5	6,5	19,6	2,2
Proportion de lynx (N) présentant ce type de trouble (en %)	0,7	9,6	0,4	4,4	1,1	2,2	3,3	0,4

Les affections cutanées sont celles les plus fréquemment observées, elles touchent plus de la moitié des lynx atteints de troubles et sont identifiées chez presque 10 % des ID de la population capturée. Les troubles de l’état corporel sont moins fréquents avec 4,4 % d’ID (soit un peu plus d’un quart des lynx atteints de troubles). Suivent ensuite dans l’ordre décroissant de fréquence les troubles oculaires, les malformations, les troubles locomoteurs, de comportement puis digestifs et respiratoires.

Par ailleurs, parmi les 46 individus atteints, 11 d'entre eux présentent au moins deux troubles différents au cours de leur suivi.

Tableau VIIIb : Nombre de PID atteints de troubles et fréquence d'observation selon les types de troubles dans la population de lynx atteints et dans l'ensemble de la population (respectivement : n = 26 ID atteints d'un ou plusieurs troubles, N = 275 ID)

*Légendes : **Tcomp** = Trouble du comportement ; **Tcut** = Trouble cutané ; **Tec** = Trouble de l'état corporel ; **Tloc** = Trouble locomoteur ; **Toc** = Trouble oculaire*

	Tcomp	Tcut	Tdig	Tec	Tloc	Malformation	Toc	Tresp
Nombre d'individus touchés par ce type de trouble (un ou plusieurs troubles différents possibles)	1	14	0	7	2	3	1	0
Proportion de lynx atteint d'un trouble (n) présentant ce type de trouble (en %)	3,8	53,8	0	26,9	7,7	11,5	3,8	0
Proportion de lynx (N) présentant ce type de trouble (en %)	0,4	5,1	0	2,5	0,7	1,1	0,4	0

Comme pour les ID on observe que la grande majorité des troubles observés concerne des problèmes cutanés. Ils représentent un peu plus de 50 % des lynx présentant un trouble, suivis des troubles de l'état corporel qui représentent un peu plus de 25 % des lynx avec trouble. On trouve ensuite quelques troubles locomoteurs ainsi que des malformations. De manière plus anecdotique, on constate un trouble du comportement et un trouble oculaire. Certains types de troubles observés chez les ID n'ont pas été visualisés chez les PID (Tdig et Tresp). De manière globale les proportions de lynx atteints par type sont moins élevées pour les PID. Nous allons maintenant représenter sur une carte les localisations des différents types de troubles observés sur les ID pendant la période de suivi afin de voir s'il existe une localisation préférentielle de certains troubles (Figure 22).

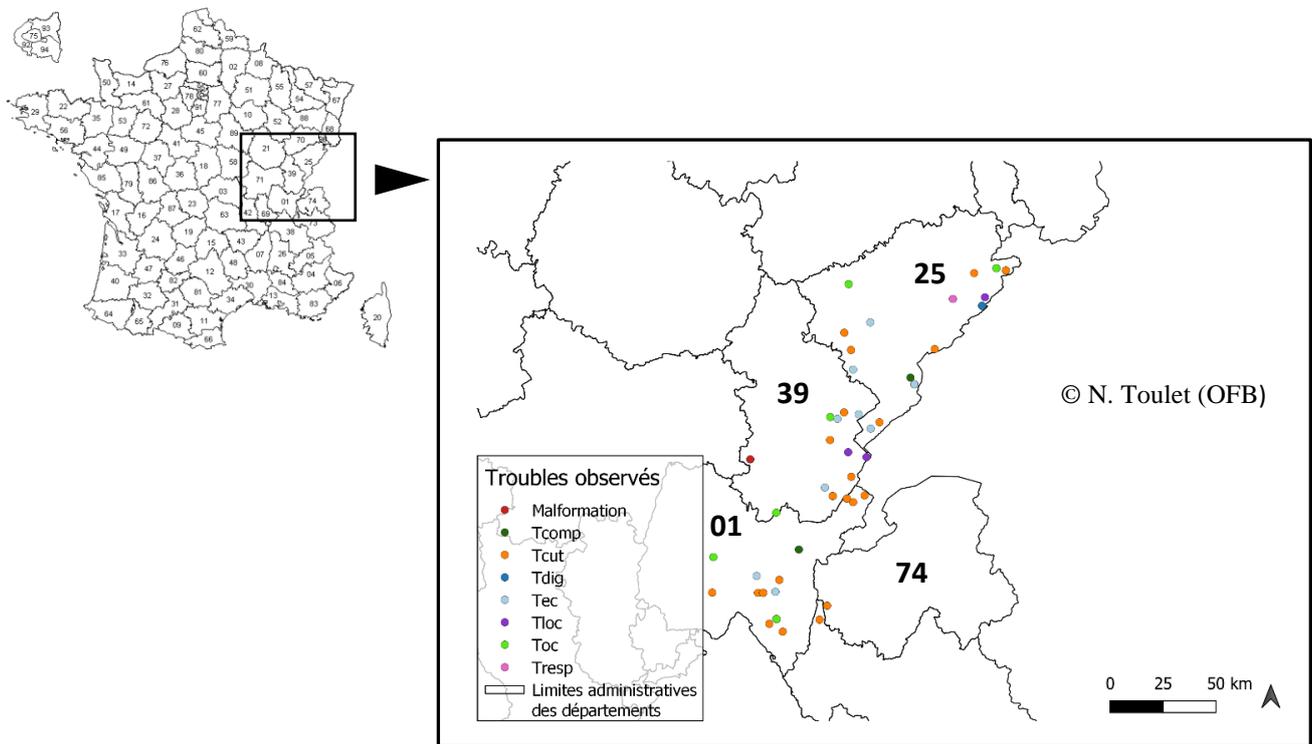


Figure 22 : Répartition spatiale des troubles observés sur les ID entre 1997 et 2020 en France – la précision de la localisation des points est l'échelle communale (Réalisé avec la participation de N.Toulet- Sigiste à l'OFB)

Chaque point représente le lieu où se trouvait le lynx atteint du type de trouble à sa première observation (si le même trouble a été revu postérieurement, il n'est pas représenté). Les nombres correspondent aux numéros des départements.

On remarque tout d'abord que la majorité des points se situent dans les départements du Doubs (25), du Jura (39) et de l'Ain (01), départements où se concentre la majorité des lynx en France. Les troubles de l'état corporel semblent se répartir de manière homogène sur la carte sans qu'apparaissent particulièrement de localisations particulières. Pour les troubles cutanés on peut éventuellement distinguer deux régions où se regroupent des lésions : au Sud de l'Ain et à l'Est du Jura au niveau de la zone frontalière avec la Suisse. Pour les autres types de troubles le nombre de points ne permet pas de localiser une zone particulièrement atteinte.

vii) *Zoom sur les troubles cutanés*

Les troubles cutanés touchent 26 ID (soit 60 événements observés) et 15 PID (soit 19 événements observés). Les troubles cutanés observés sont des alopecies de différents niveaux de sévérité et de localisations variées, des plaies, des cicatrices ou encore du prurit.

a. Répartition des troubles cutanés selon le type de pelage et le sexe des individus

Nous allons nous intéresser dans les tableaux VIIIa et VIIIb à l'étude de la relation entre le type de pelage des individus et la fréquence d'observation de troubles cutanés afin de voir si le type de pelage influence les observations cliniques.

Tableaux VIIIa et VIIIb : Répartition par sexe et par type de pelage des individus présentant des affections cutanées : a) ID (n=26), b) PID (n=15)

a)

b)

Sexe	Ocelle	Spot	Total	Sexe	Ocelle	Spot	Total
Femelle	1	6	7	Femelle	0	1	1
Indéterminé	2	9	11	Indéterminé	3	8	11
Mâle	2	6	8	Mâle	0	3	3
Total	5/67	21/203	26/270	Total	3/71	12/204	15/275
Proportion de lynx atteint par type de pelage sur la population d' ID (%)	7,46	10,3	9,60	Proportion de lynx atteint par type de pelage sur la population de PID (%)	4,22	5,88	5,45

Quel que soit le niveau d'identification, les individus « spots » ne sont pas repérés de manière statistiquement significative plus souvent avec des lésions cutanées que les individus « ocelles » (pour les ID : test binomial, p-value 0,539). Il est difficile d'étudier la répartition en fonction du sexe des individus car la majorité d'entre eux sont de sexe indéterminé. Pour les ID dont le sexe est connu, le sexe ne semble pas être un facteur déterminant dans la détection de troubles cutanés.

b. Proportion de la population de lynx atteints de troubles cutanés au cours du temps

Nous allons sur la figure suivante (Figure 23) nous intéresser précisément à la répartition, au cours de la durée du suivi, du nombre et de la proportion de ID atteints de troubles cutanés.

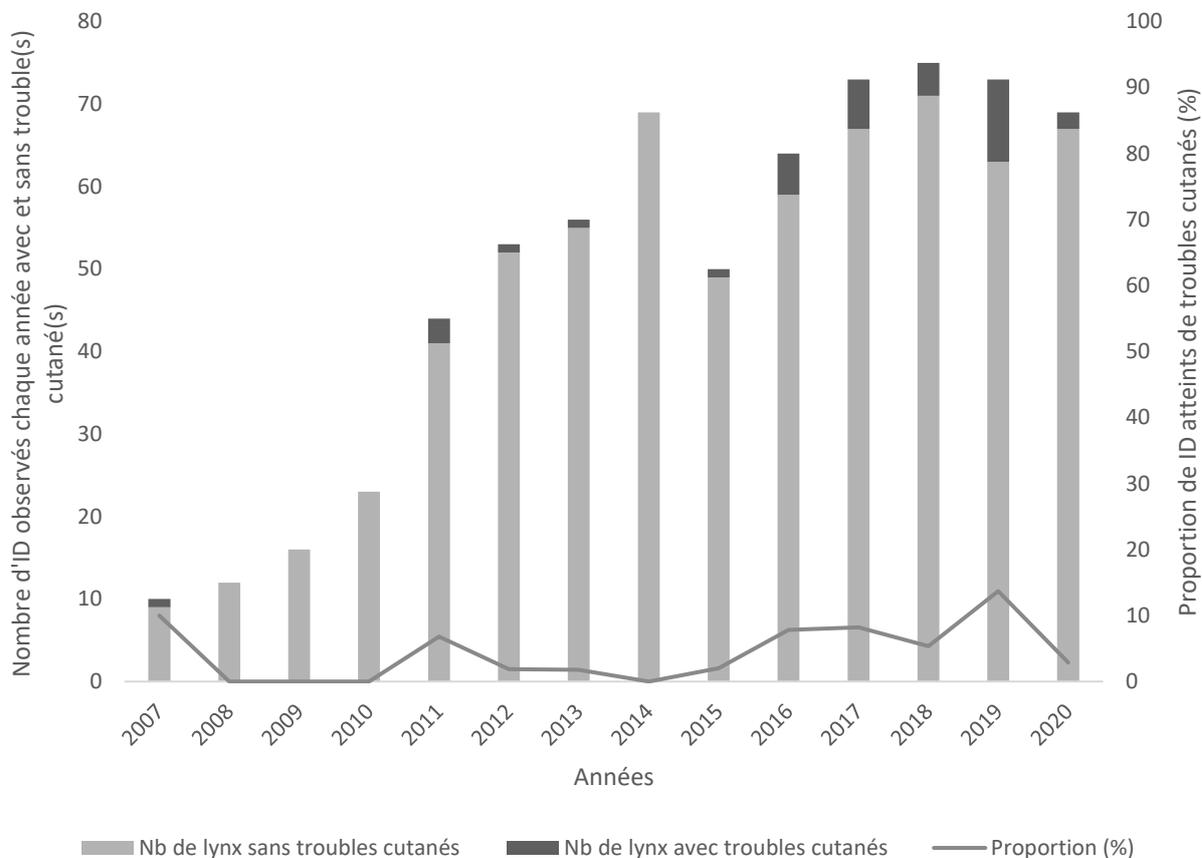


Figure 23 : Nombre et proportion d'ID présentant des troubles cutanés en fonction des années (n=270 lynx)

Tout d'abord, il faut préciser qu'avant 2007 aucun trouble cutané n'a été relevé. Jusqu'en 2015, le nombre de cas de troubles cutanés reste très faible. Il y a une augmentation de la proportion de cas de 2015 à 2019 avec un pic en 2019, année où l'on atteint presque 10% des lynx suivis atteints. Cette augmentation se décompose principalement en augmentation du nombre d'alopecie sévère et de « queue de rat ». On observe une baisse du nombre lynx atteints en 2020 en comparant avec les années précédentes.

En ce qui concerne les PID (figure non représentée au vu des effectifs faibles), le premier trouble cutané a été observé en 2015 et depuis le nombre de lynx atteints ne cesse d'augmenter avec les années, pour atteindre six individus atteints en 2020.

c. Description des troubles cutanés observés et âge minimum d'apparition des troubles

L'âge minimum estimé est une autre variable intrinsèque qui pourrait permettre d'étudier plus précisément la répartition des lésions observés dans la population capturée et ainsi d'émettre des hypothèses concernant les causes probables de ces observations cliniques. Cette répartition est représentée ci-dessous dans le Tableau IXa.

Tableau IXa : Répartition des types de troubles cutanés observés en fonction de l'âge minimum des ID lors de la première observation du trouble (n=26 individus, un individu peut être compté plusieurs fois s'il présente différents troubles cutanés distincts)

Légendes : Tcut = Trouble cutané ; QDR = Queue de rat ; PP = Plaie Profonde ; PCS = Plaie Cutanée Superficielle

	Type de trouble cutané	Tcut_QDR	Tcut_PCS	Tcut_PP	Tcut_Cicatrice	Tcut_Alopécie_Sévère	Tcut_Alopécie_Minime	Prurit
Age minimum lors de la première observation du trouble (en année)	1	2	1	0	1	1	3	0
	2	1	1	1	1	3	0	0
	3	1	1	0	2	1	1	0
	4	1	2	0	0	1	0	0
	5	1	0	0	0	0	0	0
	6	1	0	0	0	0	0	0
	[7-12]	3	0	0	0	0	1	0
	Nb total de lynx présentant un type de troubles	10	5	1	4	5	5	0

Tout d'abord on remarque que le trouble majoritairement observé est le syndrome de « Queue de rat » (10 ID atteints), suivi des deux niveaux d'alopécie et des plaies cutanées superficielles. Quelques individus présentent des cicatrices et un individu présente une plaie cutanée profonde.

On remarque que des individus de tout âge sont observés avec des troubles cutanés. Dans le détail, on remarque que les alopécies minimales et les « queues de rat » sont observées à tout âge mais que les autres observations ne sont faites que sur des lynx estimés à moins de 4 ans.

Les PID sont tous dotés d'un âge minimal de « +1A », ce qui s'explique par le fait que très peu de PID sont suivis sur plusieurs années. Ainsi dans le Tableau IXb les effectifs ne sont pas présentés en fonction de la catégorie d'âge minimal estimé des individus.

Tableau IXb : Répartition des types de troubles cutanés observés chez les PID (n=15 individus, un individu peut être compté plusieurs fois s'il présente différents troubles cutanés distincts)

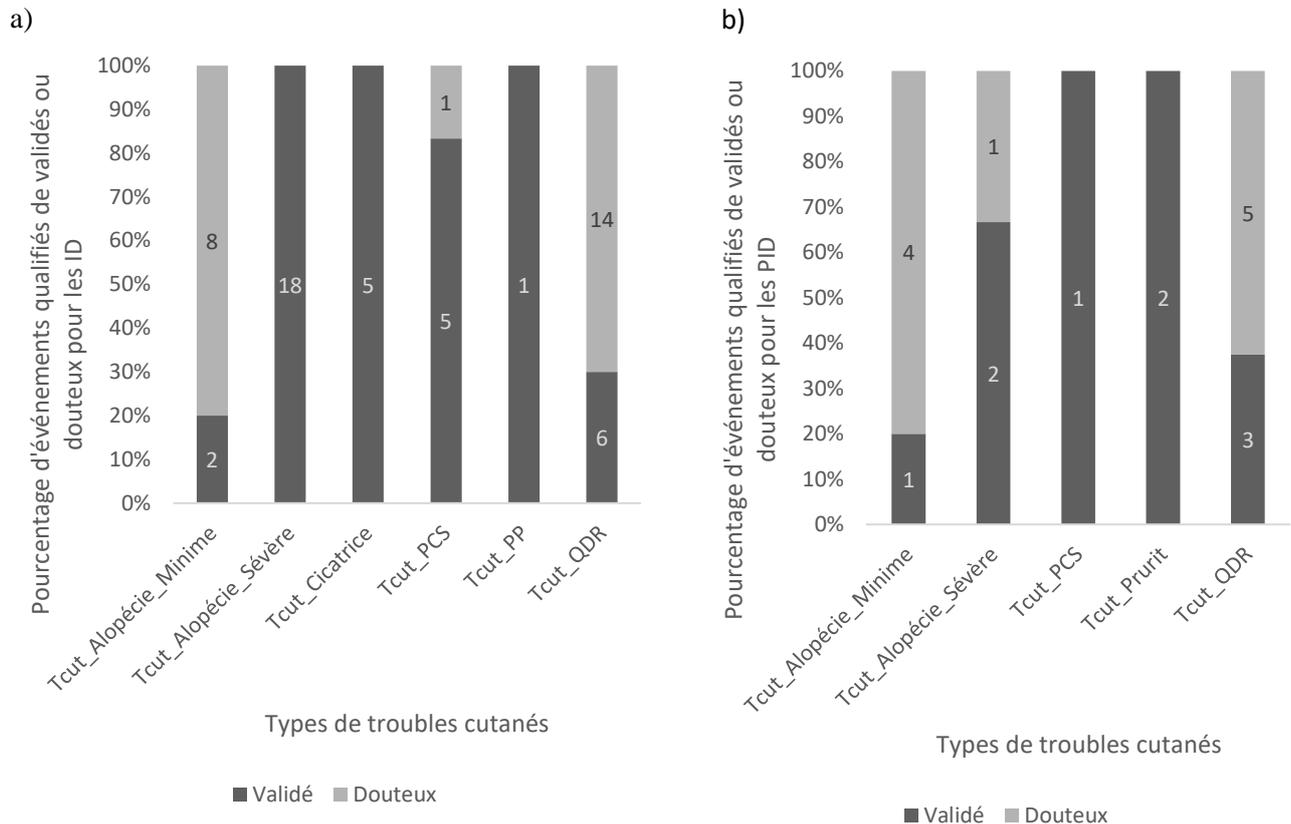
Légendes : Tcut = Trouble cutané ; QDR = Queue de rat ; PP = Plaie Profonde ; PCS = Plaie Cutanée Superficielle

Type de trouble cutané	Tcut_QDR	Tcut_PCS	Tcut_PP	Tcut_Cicatrice	Tcut_Alopécie_Sévère	Tcut_Alopécie_Minime	Prurit
Effectif de lynx atteints	6	1	0	0	3	5	2

Tout d'abord on remarque que comme pour les ID le trouble majoritairement observé est le « syndrome de queue de rat », suivi des alopécies minimales et sévères. Aucune plaie profonde ou cicatrice n'ont été observées, cependant deux cas de prurit (un cas auriculaire et un cas généralisé) ont été rapporté sur des vidéos, symptômes qui n'a pas encore étaient observés sur les individus ID.

d. Niveau de confiance accordé aux observations cliniques selon le type de trouble cutané

Nous allons revenir à présent, avec la Figure 24, sur le niveau de confiance accordé à l'observation de chaque événement photographique, afin de voir si certains types de troubles cutanés sont plus faciles à observer avec certitude que d'autres. Dans ce cas, nous nous focaliserons sur les événements photographiques et non sur les individus atteints car ce qui nous intéresse c'est le niveau de confiance que l'on peut accorder à chaque observation d'un événement photographique. Or un même lynx avec troubles peut être observés lors de plusieurs événements caractérisés par des niveaux de confiance variés.



Figures 24a et 24b : Classement, par niveau de confiance accordé à l'observation et par type de troubles, des événements illustrant des troubles cutanés pour : a) les ID (n=60 événements), b) les PID (n= 19 événements)

Le nombre en étiquette de données correspond au nombre d'événements concernés par type de trouble

*Légendes : **Tcut** = Trouble cutané ; **QDR** = Queue de rat ; **PP** = Plaie Profonde ; **PCS** = Plaie Cutanée Superficielle*

Quel que soit le niveau d'identification, les troubles cutanés qui sont repérés avec le plus de certitude sont les alopecies sévères et les lésions d'origine traumatique (plaies cutanées superficielles, plaies profondes et cicatrices). Les syndromes de queue de rat, bien que régulièrement observés, sont difficiles à confirmer avec certitude, tout comme les alopecies minimales. Les deux événements comportant des vidéos montrant des PID avec du prurit ont permis de valider avec certitude ce trouble.

e. Répartition des lynx avec troubles cutanés observés selon la saison de détection

Nous allons à présent voir la répartition de fréquence de détection de lynx avec lésions cutanées en fonction des saisons. La Figure 25 ci-dessous, présente à la fois les effectifs de ID atteints de troubles cutanés selon les saisons mais aussi la proportion de ceux-ci par rapport à la population totale étudiée.

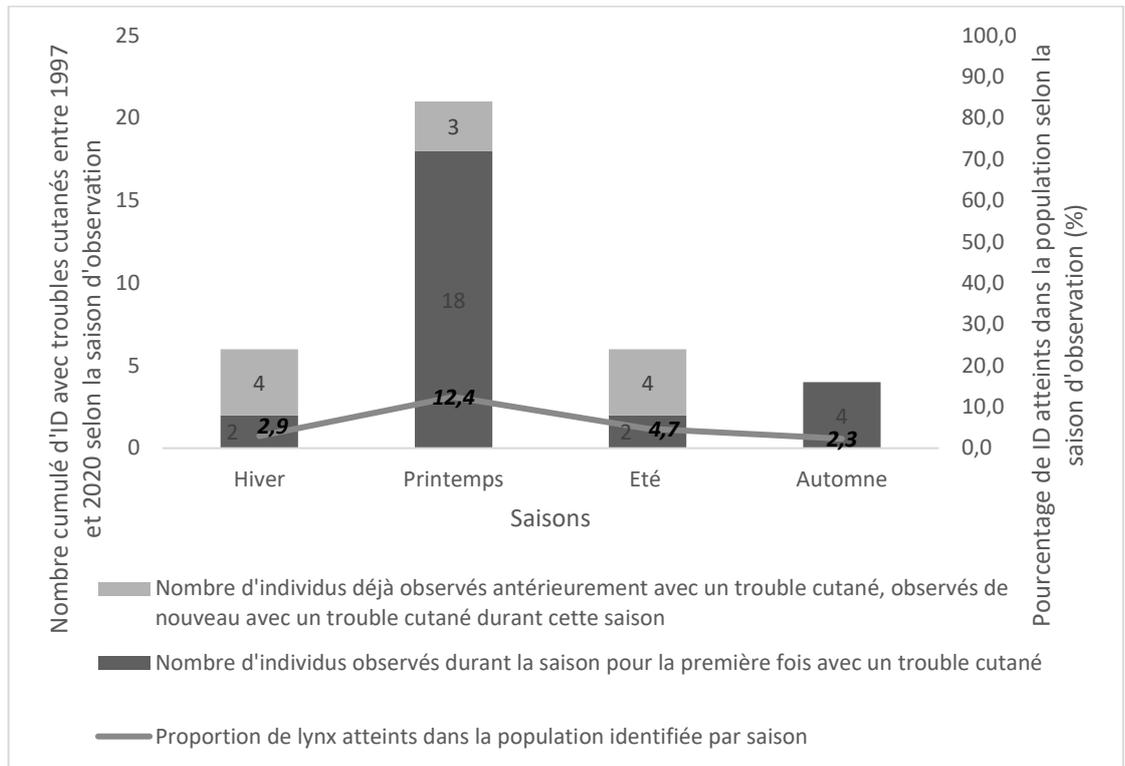


Figure 25a : Effectifs cumulés (1997-2020) et proportion d'ID atteints de troubles cutanés selon les saisons (n=26 ID atteints de troubles cutanés)

Les étiquettes de données en noir, en gras et italique représentent le pourcentage de ID atteints de troubles cutanés en fonction de la saison, les autres étiquettes représentent les effectifs de ID avec trouble cutanés en fonction de la saison

Tout d'abord, on remarque que le printemps est la saison durant laquelle le plus de troubles cutanés sont observés en nombre et en proportion par rapport à la population globale d'individus capturés et identifiés. Ainsi 12,4 % des ID sont atteints de troubles cutanés au printemps sur l'ensemble de la période étudiée. Cela représente plus de deux à cinq fois plus que durant les autres saisons de l'année. On notera, par ailleurs, que chez quelques individus les lésions, principalement alopeciques, sont observées de manière cyclique, en général au printemps puis disparaissent et réapparaissent l'année suivante et ceci durant parfois plusieurs années de suite.

La figure 23b ci-dessous représente les mêmes résultats mais appliqués à la population de lynx partiellement identifiée.

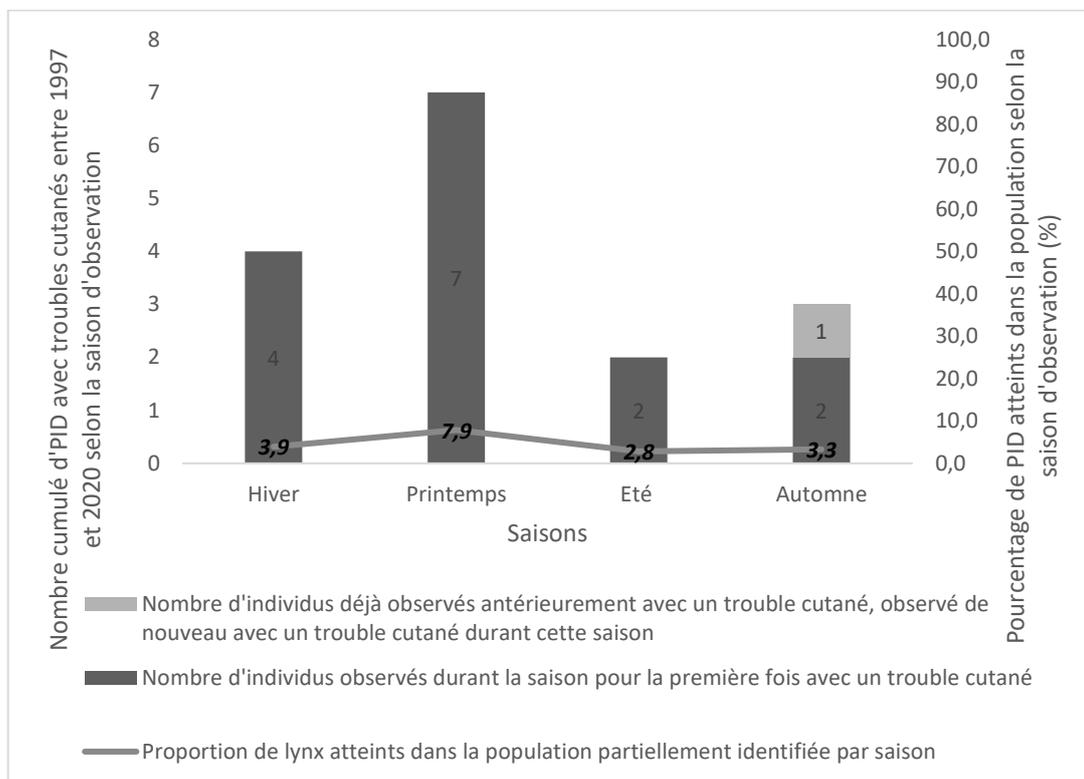


Figure 25b : Effectifs cumulés (1997-2020) et proportion d'ID atteints de troubles cutanés selon les saisons (n=15 ID atteints de troubles cutanés)

Les étiquettes de données en noir, en gras et italique représentent le pourcentage d'ID atteints de trouble cutanés en fonction de la saison, les autres étiquettes représentent les effectifs d'ID avec troubles cutanés en fonction de la saison

Pour les PID on remarque que le printemps représente aussi la période où le nombre et la proportion de lynx atteints de troubles cutanés sont le plus élevés, même si la différence avec les autres saisons est légèrement moins marquée que pour la population identifiée. Par ailleurs, on remarque que seulement un individu a été capturé sur deux saisons différentes. Comme vu précédemment (Tableau 8), le nombre de recaptures est faible pour les PID et le suivi de moins longue durée.

viii) Zoom sur les troubles de l'état corporel

Les troubles de l'état corporel touchent 12 ID (soit 17 événements observés) et 7 PID (soit 7 événements observés). Les troubles observés sont tous des états de maigreur allant de la maigreur à la cachexie (Tome II). Notons qu'un lynx présentant un abdomen distendu (peut-être dû soit à une gestation ou à un repas copieux et n'est pas forcément lié à une affection).

a. Répartition des troubles de l'état corporel selon le sexe et l'âge minimum des individus

Nous allons commencer par étudier dans le tableau suivant (Tableau X), la répartition de la population d'ID atteints de troubles de l'état corporel en fonction de leur sexe et de leur âge minimum estimé.

Tableau X : Répartition par sexe et par âge minimum des ID présentant des affections de l'état corporel (n=12 ID atteints de troubles de l'état corporel)

	Sexe	Mâle	Femelle	Indéterminé	Nb d'individus présentant le trouble par âge minimum lors de sa première observation
Age minimum lors de la première observation du trouble (en année)	1	1	0	3	4
	2	3	0	2	5
	3	0	0	1	1
	[4-10]	1	1	0	2
	Total des sexes	4	2	6	12

On remarque que les individus concernés par des troubles de l'état corporel sont estimés jeunes mais que l'on trouve aussi quelques individus âgés (en effet, les deux individus noté « [4-10] » dans le tableau ont un âge minimal estimé entre 6 et 10 ans). Il est difficile d'étudier la répartition en fonction du sexe des individus car la majorité sont de sexe indéterminé.

En ce qui concerne les 7 PID (tableau non représenté au vu du faible effectif), l'ensemble des individus sont estimés jeunes (entre 0 et 2 ans d'âge minimum). Parmi eux 2 sont des mâles, 1 est une femelle et 4 sont de sexe indéterminé.

b. Répartition des lynx avec troubles de l'état corporel observés selon la saison de détection

Comme nous l'avons fait pour les troubles cutanés, nous allons étudier la détection de troubles de l'état corporel en fonction des saisons (Figure 26), afin de voir si ce paramètre influence la fréquence de détection de ces troubles dans la population d'ID.

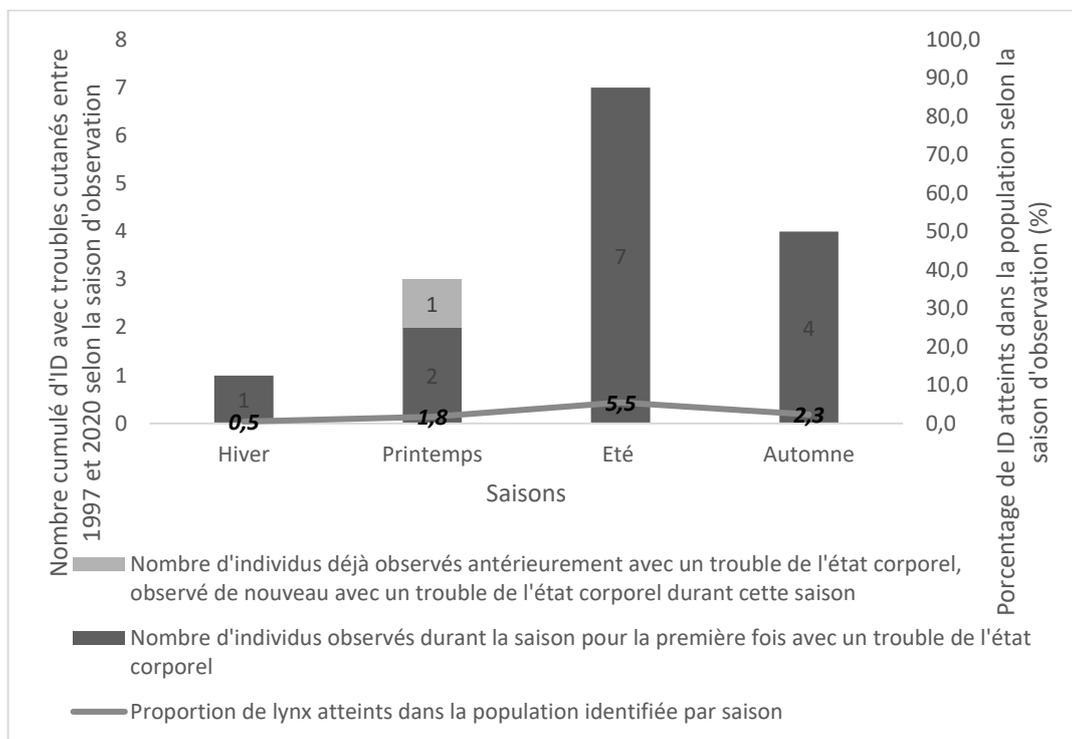


Figure 26 : Effectifs cumulés (1997-2020) et proportion d'ID atteints de troubles de l'état corporel selon les saisons (n=12 ID atteints de troubles de l'état corporel)

On remarque qu'en été le nombre de lynx observés avec un trouble de l'état corporel ainsi que la proportion de lynx atteints est plus importante que sur le reste de l'année. En effet 5,5 % des ID présentent un trouble de l'état corporel en été contre 0,5 % à 2,3 %, durant les autres saisons. L'hiver est la saison durant laquelle le moins de troubles de l'état corporel sont observés.

Le nombre de lynx atteints étant seulement de 7 pour les PID, la figure n'est pas représentée (1 lynx atteint en hiver, 2 au printemps, 2 en été et 1 à l'automne).

ix) Zoom sur les troubles oculaires

Les troubles oculaires touchent 9 ID (soit 9 événements observés) et 1 individu partiellement identifié (soit 1 événement observé). Les différents troubles oculaires observés sont des inflammations, des modifications de couleur, des procidences uni et bilatérales de la 3^{ème} paupière.

a. Répartition des troubles oculaires selon le sexe et l'âge minimum des individus

Nous allons désormais étudier dans le tableau suivant (Tableau XI), la répartition de la population de ID atteints de troubles oculaires en fonction de leur sexe et de leur âge minimum estimé.

Tableau XI : Répartition par sexe et par âge minimum des ID présentant des affections oculaires
(n=12 ID atteints de troubles oculaires)

	Sexe	Mâle	Femelle	Indéterminé	Nb d'individus présentant le trouble par âge minimum lors de sa première observation
Age minimum lors de la première observation du trouble (en année)	1	1	0	2	3
	2	0	0	2	2
	3	0	0	2	2
	>4	1	1	0	2
	Total des sexes	2	1	6	19

On constate 9 ID avec des troubles oculaires sur l'ensemble du suivi. Six d'entre eux, soit deux tiers, sont des individus de sexe non identifié. Ce résultat est donc difficilement interprétable en termes de sexe ratio. Des individus de tous âges sont observés avec des troubles oculaires (les individus de la catégorie « >4 » années minimum, sont estimés à 6 ans minimum). Cependant, aucun individu que l'on sait âgé (supérieur à 8 ans) n'a été vu avec un trouble oculaire.

Un seul individu partiellement identifié a été relevé. Il est de sexe inconnu et a au moins un an, il a été vu avec une proci-dence bilatérale de la troisième paupière.

b. Description des types de troubles oculaires observés

Nous allons maintenant détailler les types de lésions oculaires observées dans la population suivie par PP (Figure 27).

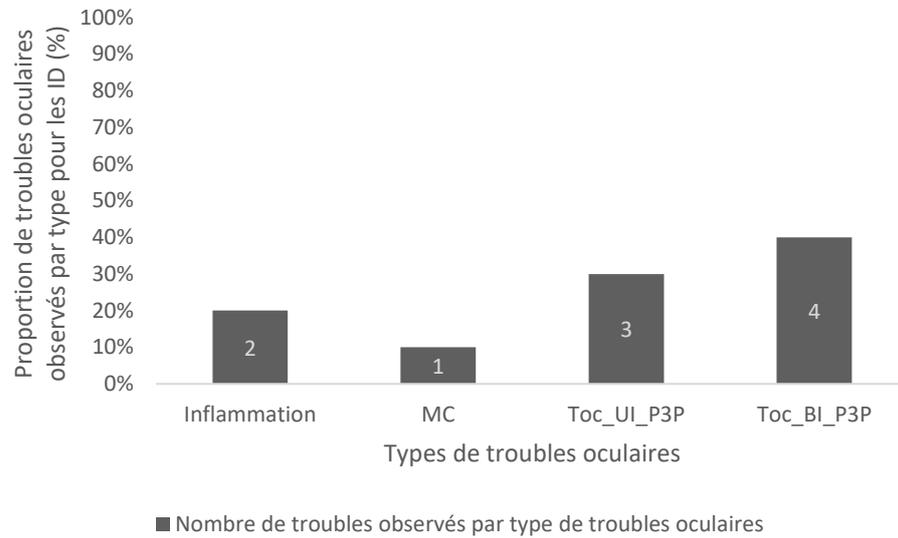


Figure 27 : Répartition des ID selon le type de trouble oculaire observé (n=9 lynx atteints)

Le nombre en étiquette de données correspond au nombre de cas de chaque catégorie de troubles oculaires

Légendes : **Toc** = Trouble oculaire ; **MC** = Modification de couleur ; **UI_P3P** = Procidence de la 3^{ème} paupière unilatérale ; **BI_P3P** = Procidence de la 3^{ème} paupière bilatérale

On observe principalement des procidences bilatérales de la 3^{ème} paupière. On observe aussi des procidences unilatérales, ce trouble est souvent accompagné d'une inflammation de l'œil (suspicion au vu des images : conjonctivite et/ou uvéite). La modification de couleur correspond à une modification du reflet du *tapedum lucidum* capté par l'appareil photographique.

c. Répartition des lynx avec troubles oculaires observés selon la saison de détection

Le tableau suivant (Tableau XII) répertorie la répartition des troubles oculaires en fonction de la saison de détection.

Tableau XII : Répartition des lynx avec troubles oculaires observés selon la saison de détection (n= 9 ID avec troubles oculaires)

Saisons	Nombre d'individus avec Toc	Proportion de la population atteinte (%)
Automne	3	1,7
Hiver	1	0,5
Printemps	4	2,7
Eté	1	0,8

On remarque une présence des troubles oculaires toute l'année mais quand même en nombre moindre en hiver et en été. L'automne et surtout le printemps représentent les saisons pour lesquels le plus de troubles oculaires sont observés. Cependant les effectifs étant très faibles, les interprétations seront par conséquent limitées.

x) Zoom sur les autres types de troubles

Enfin, nous détaillons le reste des troubles observés, les effectifs étant très réduits pour chaque type de troubles les analyses ne seront que qualitatives (Tableaux XIIIa et XIIIb).

Tableau XIIIa : Détails des résultats obtenus pour les ID sur les autres types de troubles

Type de trouble	Nombre de lynx concernés	Détail de l'observation clinique (nombre d'individus atteints)
Tcomp	2 jeunes	Absence de fuite (2)
Tdig	1	Vomissement (1)
Tloc	3	Fonte musculaire (1) Amputation (1) Boiterie (1)
Malformation	2	Absence totale ou partiel du/des pavillons auriculaire (2)
Tresp	1	Ecoulement nasal purulent (1)

Tableau XIIIb : Détails des résultats obtenus pour les PID sur les autres types de troubles

Type de trouble	Nombre de lynx concernés	Détail de l'observation (nombre d'individus atteints)
Tcomp	1 jeune	Absence de fuite (1)
Tloc	2	Fracture (1) Boiterie (1)
Malformation	1 adulte +2 (jeunes de la même portée)	Absence totale ou partiel du/des pavillons auriculaire (2)

On remarque que quel que soit le niveau d'identification les troubles de comportement se réduisent à l'observation d'une absence de fuite d'individus jeunes qui se trouvent à proximité de l'espèce humaine. Les malformations observées sont toujours une absence totale ou partielle du ou des pavillons auriculaires. Cinq individus ont été observés avec des malformations du/des pavillons auriculaires, dont deux issus de la même fratrie. Il y a donc quatre foyers distincts détectés en neuf ans à partir de 2011, espacés en moyenne de 110 kilomètres. On remarquera que tous les individus concernés sont de pelage ocelle jusqu'en 2020.

Pour ce qui est des troubles locomoteurs : ont été observés une fracture de la queue, une amyotrophie, une amputation d'une portion d'un membre et deux lynx boiteux. Enfin ponctuellement, ont été observés un vomissement et un écoulement nasal purulent.

Partie 3 : Synthèse des troubles observés lors des examens nécropsiques des cadavres retrouvés par le SAGIR pour comparaison avec les résultats du suivi par piégeage photographique

Nous allons dans un premier temps comparer les effectifs de lynx atteints de troubles selon le type, pour les ID suivi par PP et les lynx nécropsiés par le réseau SAGIR (Tableau XIV). On rappelle tout d'abord que parmi les 270 ID, 46 ont présenté un ou plusieurs troubles sur la période de suivi. De 2014 à 2022, sur 140 cadavres qui ont subi un examen nécropsique dans le cadre du réseau SAGIR, 114 présentaient un ou plusieurs troubles tel que défini dans notre référentiel.

Tableau XIV : Effectifs comparés des lynx atteints de différents types de troubles selon la méthode de capture : Suivi par PP des ID (N = 46) et suivi post mortem individus nécropsiés (n=114)

*Légendes : **Tcomp** = Trouble du comportement ; **Tcut**= Trouble cutané ; **Tdig** = Trouble digestif ; **Tec** = Trouble de l'état corporel ; **Tloc** = Trouble locomoteur ; **Toc** = Trouble oculaire ; **Tresp** = Trouble respiratoire ; **ND** = Non détectable*

	Tcomp	Tcut	Tdig	Tec	Malformation	Tloc	Toc	Tresp
Effectifs d'ID suivi par PP présentant ce type de trouble	2	26	1	12	3	3	9	1
Effectifs d'individus nécropsiés présentant ce type de trouble	0 (ND)	26	21	26	0	81	11	10

Tout d'abord on remarque, comme vu précédemment (Tableau VII), que pour le suivi par PP les troubles majoritairement observés sont les troubles cutanés, de l'état corporel et oculaires. Alors que pour le suivi post mortem on constate une grande majorité de troubles locomoteurs suivi des troubles cutanés, de l'état corporel et digestifs. On remarque aussi que beaucoup plus de troubles digestifs et respiratoires sont visibles lors de l'examen post mortem que par suivi par PP (seulement un trouble détecté par catégorie pour le suivi par PP contre 10 et 21 respectivement post mortem). Par ailleurs, les troubles comportementaux ne sont par définition pas observables lors de l'examen post mortem.

Sur les 114 individus nécropsiés présentant au moins un trouble, 77 (soit 68%) sont suspects de mort traumatique (principalement par collision avec des véhicules). Nous allons nous intéresser par la suite aux types de lésions présentées chez ces individus.

A. Comparaison de la détection des troubles cutanés pour les deux méthodes de suivi

Nous allons nous intéresser tout d'abord aux effectifs et la proportion de lynx atteints de troubles cutanés parmi les lynx nécropsiés morts par collision ou morts d'une autre cause et les ID suivi par piégeage photographique.

i) Effectifs et proportions de lynx atteints pour les deux méthodes de suivi

Nous allons distinguer pour les lynx nécropsiés issus de collision ceux pour lesquels l'atteinte cutanée est qualifiée d'ante mortem, ceux pour lesquels l'atteinte est post mortem et ceux pour lesquels des lésions qualifiées d'ante et post mortem sont visibles lors de l'examen nécropsique (Tableau XV). Dans la dernière ligne sont représentés les lynx morts d'une cause autre qu'une collision pour comparaison.

Tableau XV : Effectifs et proportions de lynx atteints de troubles cutanés parmi les lynx nécropsiés suspects de mort par collision (n1=77) ou autre cause (n2=27) comparé à la répartition pour les ID atteints de troubles suivi par PP (N=46)

Contexte de « capture »		Effectifs de lynx atteints de trouble(s) cutané(s)	Proportions de lynx atteints de trouble(s) cutané(s) parmi les lynx nécropsiés/atteints de troubles pour les deux méthodes de suivi (en %)
Lynx atteints de troubles suivi par PP		26/46	56,5
Lynx nécropsiés suspects de mort par collision	Lynx atteints de troubles cutanés d'apparition suraiguë consécutifs à la collision lors de la nécropsie	11/77	19,4
	Lynx atteints de troubles cutanés non consécutifs à la collision lors de la nécropsie	2/77	
	Lynx présentant à la fois une atteinte cutanée non consécutive et des lésions suraiguës consécutives la collision lors de la nécropsie	2/77	
Lynx nécropsiés non suspects de mort par collision		12/27	44

On remarque que les troubles cutanés concernent une proportion presque 3 fois plus faible des atteintes chez les lynx nécropsiés suspects de mort par collision que pour les lynx suivis par PP. De plus, on remarque que la majorité des lésions cutanées relevées sont qualifiées de suraiguë, c'est-à-dire qu'elles sont liées au choc au moment de la mort de l'animal. Si l'on s'intéresse aux lynx nécropsiés morts d'une autre cause que la collision on remarque que le pourcentage de lynx atteints (44%) s'approche du pourcentage de lynx suivi par PP avec trouble ayant un trouble cutané.

ii) *Comparaison des types de troubles cutanés observés pour les deux méthodes de suivi*

Nous allons maintenant comparer sur la Figure 28, les différences de répartition des atteintes selon le type de troubles cutanés pour les deux méthodes de suivi en distinguant les mêmes catégories d'individus que pour le tableau XV.

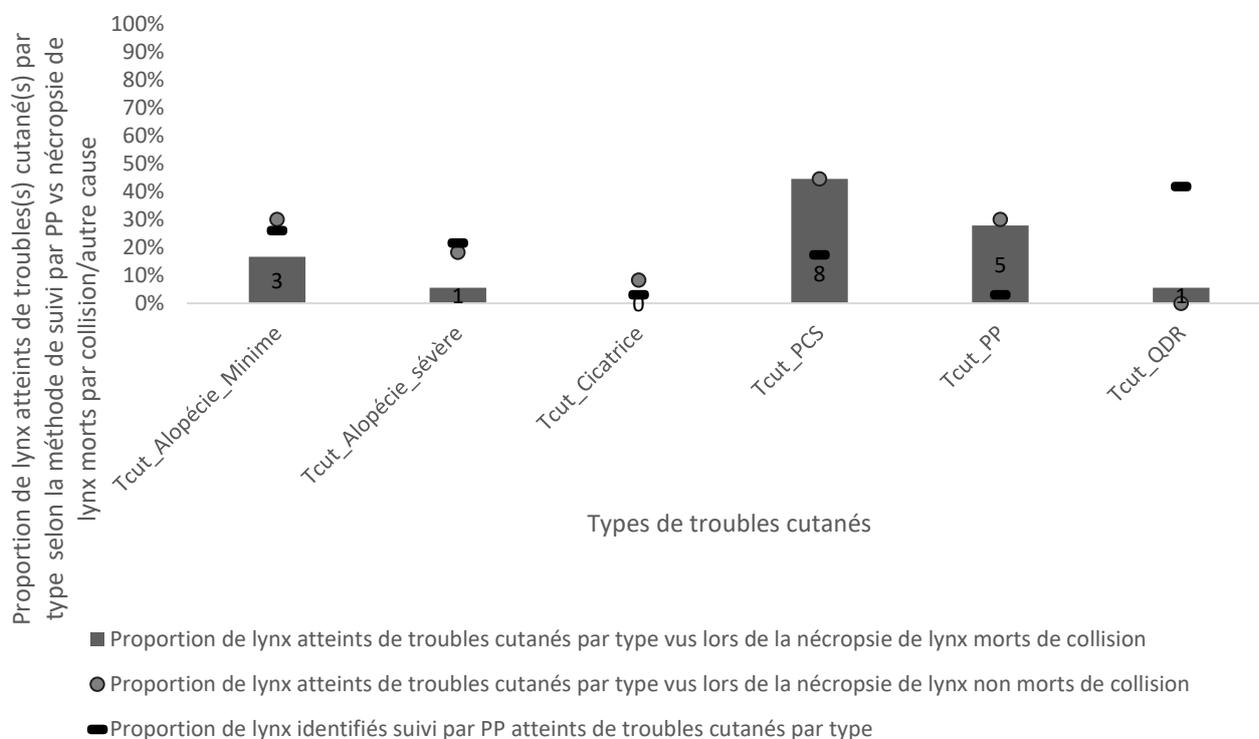


Figure 28 : Répartition des lynx avec troubles cutanés nécropsiés après une suspicion de mort par collision (n1=15) ou autre cause (n2=12) selon le type trouble cutané comparé à la répartition pour les ID suivi par PP (N=26)

Légendes : **Tcut** = Trouble cutané ; **QDR** = Queue de rat ; **PP** = Plaie Profonde ; **PCS** = Plaie Cutanée Superficielle

Le nombre en étiquette de données correspond au nombre de lynx atteints de chaque catégorie de troubles cutanés pour les lynx morts par collision

On remarque que la majorité des troubles cutanés sont des plaies superficielles et profondes lors des nécropsies. Comparativement au suivi par PP, on observe très peu de cas de « queue de rat » quel que soit la cause de la mort des lynx nécropsiés. Si l'on compare les proportions des lynx nécropsiés post collision à celles relevées par PP pour les ID (tirets noirs), on remarque proportionnellement ici, plus de troubles d'origine traumatique et moins d'alopécies. Cela est cohérent avec le fait que 74 % des cadavres de lynx retrouvés et donc nécropsiés sont morts de causes traumatiques principalement des chocs avec des véhicules. Si l'on s'intéresse aux causes de mortalité des lynx nécropsiés pour lesquels une collision n'est pas suspectée, on remarque que la répartition des effectifs en fonction des types de

troubles cutanés est plus proche de celle observée par PP pour les alopecies mais plus proche de celle des lynx percutés pour les plaies (plaies de morsures, chutes, etc.). Parmi les cas d'alopecie observés, un cas sévère et mortel de gale sarcoptique a été mis en évidence chez un individu adulte.

iii) Etiologies probables et confirmées de certaines lésions cutanées observées lors des nécropsies effectuées par le réseau SAGIR

Afin de rechercher les causes probables des lésions constatées post mortem nous allons étudier précisément les cas disponibles de lésions cutanées vues lors des nécropsies de lynx en France (Tableau XVI, ci-dessous). Les plaies observées sont des coupures, érosions, ulcérations plus ou moins étendues et sévères généralement associées à un traumatisme suraigu concomitant à la mort de l'animal (très fréquemment collision avec un véhicule), et plus rarement des traumatismes aigus caractérisés par des morsures/griffures ou impacts de plomb. Mais on observe quelques lésions cutanées d'évolution chronique comme des alopecies plus ou moins sévères et étendues, des plaies abcédées, des érosions plantaires et des cicatrices. Dans certains cas seulement, des examens complémentaires, principalement parasitologique et histologique, ont été réalisés afin d'explorer l'étiologie de la lésion (NR dans le tableau signifie non réalisé/non renseigné).

Tableau XVI : Recensement des cas de lésions cutanées collectés par le réseau SAGIR, observés lors des examens nécropsiques de lynx boréals français

Légendes : **NR**= Non renseigné/Non réalisé, **DAPP**= Dermatite Atopique à Piqûre de Puces

Numéro SAGIR du cas	Localisation anatomique	Etendue	Aspect de la peau	Etat de maigreur associé	Cause probable/identifiée	Examen complémentaire
116746	Nuque	Focale	Epaississement cutané Peau noire	Pas d'amaigrissement	Traumatique - Trace d'accouplement	NR
116768	Face ventrale du cou	Focale	Peau intacte	Pas d'amaigrissement	Non identifiée	NR
124126	Coude	Focale	Peau intacte	Pas d'amaigrissement	Non identifiée	NR
127675	Flanc et arcade	Focale	Peau intacte	Amaigrissement récent	Non identifiée	NR
127676	Face externe de la cuisse	Localement extensif	Peau intacte	Cachectique	Non identifiée	NR
153162	Face ventrale du cou	Localement extensif	Peau intacte	Cachectique	Non identifiée	NR
141468	Ventre, queue	Diffus	Inflammation cutanée	Pas d'amaigrissement	Cause traumatique : Alopécie extensive féline, DAPP probable	Histologie : Dermatite périvasculaire et périannexielle minime sans visualisation de parasites/champignons
141472 (Voir images ci-dessous)	Ensemble du corps et des oreilles	Diffus	Croutes, surinfection	Cachectique (Mâle adulte de 12,5 kg)	Gale (sarcoptique et/ou notoédrique)	Histologie : Dermatite hyperplasique et hyperkératosique sévère contenant des arthropodes intra lésionnels

Dans ce tableau on remarque que la majorité des lésions décrites n'ont pas fait l'objet d'examen complémentaires mais d'une simple description lors de l'examen nécropsique. Pour deux des cas des examens histologiques ont été réalisés. Un cas de gale sarcoptique et/ou notoédrique a été confirmé par l'aspect des lésions microscopiques et la présence d'arthropodes intralésionnels compatibles avec des sarcoptes, s'ajoutant à l'aspect cachectique de l'individu adulte atteint. Cet individu avait été suivi pendant plusieurs années par PP, avait été vu 18 mois plus tôt sans lésion particulière observable (cf. Figure 29, ci-dessous). Pour l'autre cas pour lequel de l'histologie avait été réalisé, une alopécie extensive féline est suspectée conséquence probable d'une dermatite atopique à piqûre de puce (DAPP).



Figure 29 : Images d'un cadavre de lynx mâle d'au moins 9 ans autopsié par le réseau SAGIR en juillet 2018, vu pour la dernière fois par PP en février 2017 sur images PP, aucun trouble observé durant sa vie (vu six fois entre 2011 et 2017) (Source : OFB25)

Sur cette image on peut voir un cadavre d'un individu mâle d'au moins 9 ans, cachectique, présentant une alopecie multifocale localisée principalement au niveau des flancs, de la queue et des pavillons auriculaires, associé à une dermatite croûteuse et suppurée au niveau des zones alopeciciées (particulièrement visible au niveau des pavillons auriculaires).

B. Comparaison de la détection des troubles de l'état corporel pour les deux méthodes de suivi

Nous allons comme pour les troubles cutanés étudier la répartition des effectifs et des proportions de lynx atteints de troubles de l'état corporel en fonction du contexte de « capture » : PP ou nécropsie de lynx percuté ou non (Tableau XVII).

Tableau XVII : Effectifs et proportions de lynx atteints de troubles de l'état corporel parmi les lynx nécropsiés suspects de mort par collision (n1=77) ou autre cause (n2=38) comparé à la répartition pour les ID atteints de troubles suivi par PP (N=46)

Contexte de « capture »	Effectifs de lynx atteints de trouble troubles de l'état corporel	Proportions de lynx atteints de troubles de l'état corporel parmi les lynx nécropsiés/atteints de troubles pour les deux méthodes de suivi (en %)
Lynx atteints de troubles suivi par PP	11/46	23,9
Lynx nécropsiés suspects de mort par collision	12/77	15,6
Lynx nécropsiés non suspects de mort par collision	14/38	36,8

A l'autopsie, 12 des 77 lynx nécropsiés suspects de morts par collision présentent un état de maigreur entre 2014 et 2022 soit 15,6% des lynx nécropsiés suspects de collision sur la période. Pour les ID suivis par PP on estime que 11 individus ont été vus avec un état corporel dégradé entre 2012 et 2020 soit 26,1 % des lynx atteints de troubles suivi par PP (ou 5,7% de l'ensemble des lynx suivis par PP). Ainsi, il est possible de remarquer qu'en proportion, plus d'états de maigreur sont repérés lors des nécropsies que par PP si l'on considère l'ensemble de la population mais si l'on considère les lynx atteints de troubles l'état de maigreur accompagne souvent d'autres atteintes. Si l'on s'intéresse aux lynx nécropsiés non suspects de mort par collision, la proportion de lynx atteints de troubles de l'état corporel atteint les 36,8 %, soit plus d'un tiers des cadavres retrouvés.

C. Description des troubles oculaires pour les deux méthodes de suivi

Nous allons à présent nous intéresser aux effectifs et proportions de lynx observés avec des troubles oculaires pour les deux méthodes de capture étudiées précédemment.

i) Effectifs et proportions de lynx atteints pour les deux méthodes de suivi

Nous allons distinguer pour les lynx nécropsiés ceux pour lesquels l'atteinte oculaire est qualifiée d'ante mortem, ceux pour lesquels l'atteinte est post mortem et ceux pour lesquels des lésions qualifiées d'ante et post mortem sont visibles lors de l'examen nécropsique (Tableau XVIII). Dans la dernière ligne sont représentés les lynx morts d'une cause autre qu'une collision pour comparaison.

Tableau XVIII : Effectifs et proportions de lynx atteints de troubles oculaires parmi les lynx nécropsiés suspects de mort par collision (n1=77) ou autre cause (n2=38) comparé à la répartition pour les ID atteints de troubles suivi par PP (N=46)

Contexte de « capture »		Effectifs de lynx atteints de trouble(s) oculaire(s)	Proportions de lynx atteints de trouble(s) oculaires(s) parmi les lynx nécropsiés/atteints de troubles pour les deux méthodes de suivi (en %)
Lynx atteints de troubles suivis par PP		9/46	19,6
Lynx nécropsiés suspects de mort par collision	Lynx atteints de troubles oculaires d'apparition suraiguë consécutifs à la collision lors de la nécropsie	4/77	9,1
	Lynx atteints de troubles oculaires non consécutifs à la collision lors de la nécropsie	3/77	
Lynx nécropsiés non suspects de mort par collision		4/38	10,5

On remarque dans ce tableau que la proportion de lynx atteints de troubles oculaires est plus de deux fois plus faible pour les lynx examinés post mortem après collision que pour les lynx suivi par PP (respectivement 9,1 et 19,6 %). De plus, plus de la moitié des lésions oculaires observées sont qualifiées de suraiguës, c'est-à-dire qu'elles se sont très probablement produites lors du choc avec le véhicule. En ce qui concerne les lynx nécropsiés morts suite à une autre cause que la collision, on remarque que la

proportion de lynx atteints est comprise entre la proportion pour les lynx issues de collision et les lynx suivis par PP (soit 10,5 %).

ii) **Comparaison des types de troubles oculaires observés pour les deux méthodes de suivi**

A présent nous allons voir en détail les types de troubles oculaires affectant les individus suivis selon la méthode de capture sur la Figure 30, ci-dessous.

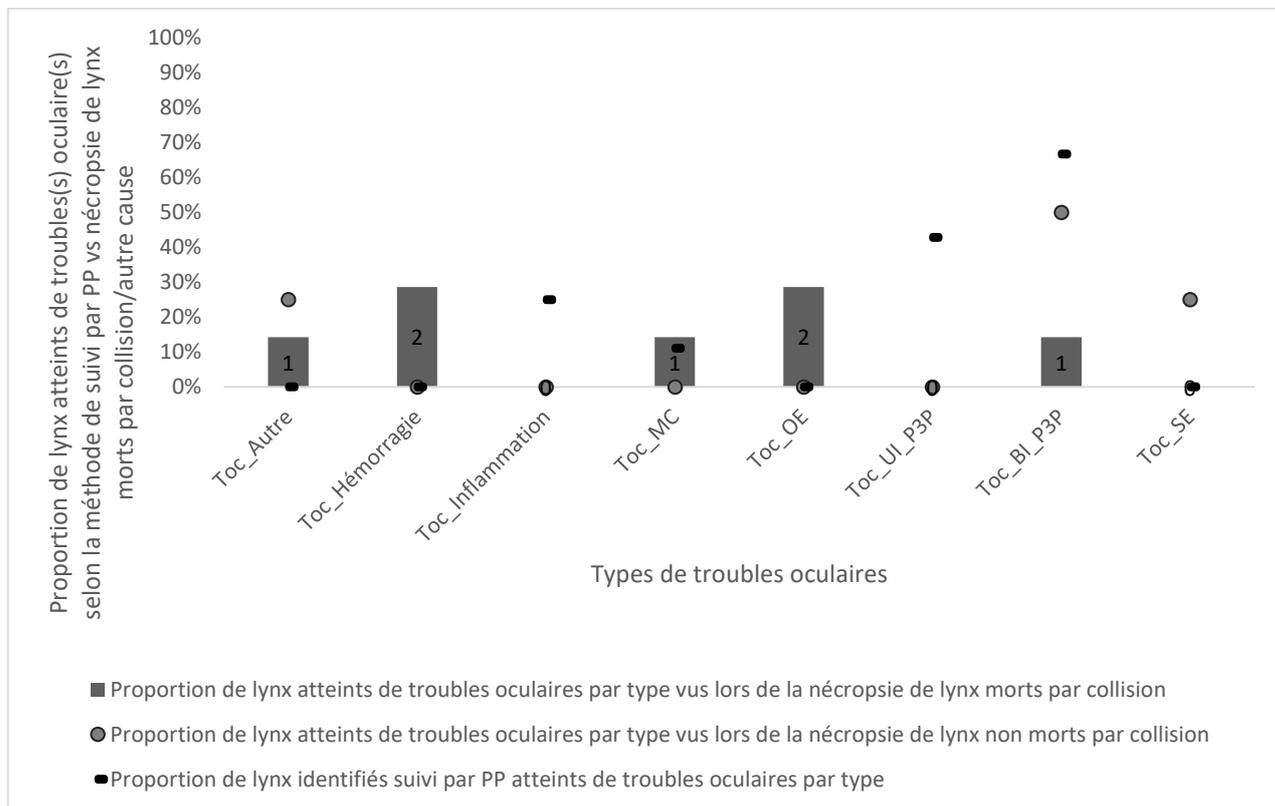


Figure 30 : Répartition des lynx avec troubles oculaires nécropsiés après une suspicion de mort par collision selon le type trouble oculaire (n=7 lynx atteints d'un trouble oculaire) comparé à la répartition pour les ID suivi par PP (N=9 ID atteints d'un trouble oculaire)

Légendes : **Toc** = Trouble oculaire ; **MC** = Modification de couleur ; **OE** = Œil exorbité ; **UI_P3P** = Procidence unilatéral de la 3^{ème} paupière, **BI_P3P** = Procidence bilatéral de la 3^{ème} paupière, **SE** = Sécrétions épaisses

Le nombre en étiquette de données correspond au nombre de lynx atteints de chaque catégorie de troubles oculaires

Les cas de troubles oculaires observés lors des nécropsies sont rares. Certains de ces troubles oculaires semblent d'apparition suraiguë, comme par exemple les deux cas d'hémorragie mais aussi les deux cas de luxation du globe oculaire (Toc_OE). Ces lésions ne sont pas observées par PP. Les autres cas sont d'évolution plus chronique comme la modification de couleur bilatérale (opacification), le cas de procidence bilatérale de la 3^{ème} paupière, ainsi que le cas noté "autres" (un corps étranger présent dans

le sac conjonctival). Contrairement aux troubles observés pour les lynx suivis par PP, on ne constate aucune inflammation, ni de procidence unilatérale de la 3^{ème} paupière et une seule procidence bilatérale. Pour ce qui est des lésions observées sur les lynx nécropsiés morts d'une autre cause que la collision on remarque uniquement des troubles non liés à un choc : des procidences bilatérales de la 3^{ème} paupière, un cas de conjonctivite avec sécrétions purulentes et un ulcère partiellement cicatrisé (Toc_autre).

D. Comparaison de la détection des troubles locomoteurs pour les deux méthodes de suivi

Dans le cadre du suivi post mortem, les lésions de l'appareil locomoteur détectées sont à 98 % des fractures (83 cas de fractures sur la durée du suivi), le seul autre cas est un cas d'amyotrophie sévère. Sur les cas de fractures observés à l'autopsie, quatre sont des fractures anciennes avec un cal osseux déjà présent ; toutes les autres semblent d'apparition suraiguë liée à un choc violent. Alors que pour les lynx suivis par PP, les cas de troubles locomoteurs sont rares sur l'ensemble de la période : une fracture (de la queue), une amputation d'un membre postérieur, un cas d'amyotrophie ainsi que quelques boiteries.

E. Comparaison de la détection des autres types de troubles pour les deux méthodes de suivi

L'examen nécropsique permet de détecter des lésions de l'ensemble de l'appareil respiratoire (10 lynx atteints contre un seul par PP). Ces lésions sont principalement des atteintes pulmonaires (pneumonies d'origine parasitaire, bactérienne, de fausse déglutition ou d'origine inconnue). Ces lésions ne sont pas directement observables via le suivi par PP. Les seuls signes cliniques observés de troubles respiratoires par PP ont été : un écoulement nasal purulent ainsi que de la tachypnée (sur deux vidéos d'individus différents prises respectivement en 2017 et 2021).

Les troubles digestifs sont sensiblement mieux détectés post mortem (21 lynx atteints contre un seul par PP). Les lésions post mortem sont principalement des entérites ou gastroentérites hémorragiques (quand la PCR est réalisée une parvovirose est détectée dans 73% des cas), quels cas isolés d'ulcères, de contenu intestinal diarrhéique et de gastrite lymphoplasmocytaire sont détectés. L'unique trouble digestif qui a été observé par PP est un vomissement.

En ce qui concerne les lésions neurologiques, peu sont repérables macroscopiquement post mortem alors que les conséquences de ces lésions peuvent être visibles du vivant de l'animal. Il est cependant extrêmement rare d'observer des troubles neurologiques, le seul repéré est un syndrome vestibulaire vu sur une vidéo d'un jeune non identifié (cf. Tome II).

Aucun cas de malformation (dont malformations des pavillons auriculaires observés par PP) n'a été observé post mortem.

Enfin, il est important de souligner que parmi ces deux méthodes de suivi sanitaire, seul le suivi par PP permet de repérer les troubles comportementaux. Les exemples de troubles comportementaux observés durant le suivi par PP sont les comportements d'absence de fuite de jeunes lynx qui se trouvent à proximité de l'homme.

3) DISCUSSION

L'étude présentée ici est, à notre connaissance, la première utilisant le suivi par PP sur une espèce de carnivore sauvage identifiée individuellement et pour laquelle des troubles autres que cutanés ont été relevés. Cette étude concernant le Lynx boréal est, par ailleurs, la première cherchant à évaluer l'efficacité du piégeage photographique comme outil de détection précoce d'affections observables à distance sur une espèce sauvage.

A. Détectabilité des troubles par piégeage photographique et efficacité de la méthode

i) Détectabilité des troubles : Capacité de détection et biais d'observation

Au terme de cette étude, on peut dire que le suivi sanitaire par PP permet de détecter plusieurs types de troubles sur le lynx : principalement des troubles cutanés, de l'état corporel, oculaires et locomoteurs, mais aussi plus ponctuellement des troubles respiratoires, comportementaux et des malformations. En observant les images de suivi, il est possible de caractériser un peu plus précisément ces atteintes. Par exemple, pour un trouble cutané on va être capable de dire s'il s'agit d'une alopecie (minime ou sévère), d'une plaie (superficielle ou profonde). Quand la qualité des images le permet on peut même détecter de petites cicatrices ou des atteintes oculaires telles que les conjonctivites ou uvéites. Comme décrit par Olega et al. (2011) pour la gale sarcoptique, les formes sévères (ex : alopecies sévères, état corporel cachectique, malformations du pavillon auriculaire) sont détectées plus facilement et avec un niveau de confiance supérieur que les lésions légères à modérées. On constate que 17 % des ID présentent un ou plusieurs troubles visibles (Figure 14) dont 37 % d'entre eux sont notés "douteux" par le vétérinaire (Figure 16) ce qui montre la difficulté d'identifier avec certitude une lésion ou un trouble clinique dans un peu plus d'un tiers des cas. Ce doute est souvent lié à une qualité insuffisante des photos et des vidéos, des artéfacts présents sur les images ou une mauvaise position de l'animal. Cependant, il existe des types de troubles pour lesquels il est plus difficile d'affirmer la présence de l'affection comme les troubles cutanés (particulièrement pour les alopecies minimales et les « queues de rat »). En effet, les alopecies quand elles sont peu sévères peuvent être confondues avec du poil mouillé ou un pelage en

mue. Ceci montre qu'il est important de considérer ce niveau de confiance dans la méthode. Le fait que les fréquences d'observation de troubles sont plus faibles chez les PID (cf. Tableaux VII) peut être dû au fait que les événements contiennent moins d'images et que les images de ces individus sont en général de moins bonne qualité ou présentent des individus mal positionnés, ce qui limite à la fois l'identification et la détection de troubles. Par ailleurs, il est plus simple de faire une identification et plus facile de repérer, par exemple des lésions cutanées discrètes, sur photo que sur vidéo, (souvent meilleure qualité), or proportionnellement les événements de PID contiennent plus de vidéos que pour les événements de ID (cf. Tableaux V).

De plus, chaque individu apparemment sain peut être compté deux fois (une fois par flanc) alors que les ID atteints d'une affection visible sur un seul flanc ou partie du corps ne peuvent être comptés qu'une seule fois et si le point de vue le permet. Ceci montre l'importance de l'identification individuelle permise par le doublage en face à face de chaque piège photographique.

Par ailleurs, le support vidéo apporte une complémentarité par rapport au suivi photographique car il permet de détecter en plus des lésions, des troubles cliniques de type boiterie, prurit, vomissements, etc. Ces atteintes ne sont pas détectables de manière fiable sur des images. Cependant, l'utilisation de vidéos n'est que très peu rapportée dans la littérature. Cette approche combinant images et vidéos représente une innovation en termes de suivi sanitaire de la faune sauvage. Cependant, afin d'avoir une quantification des troubles il faudrait pouvoir caractériser et estimer la pression d'observation, ce qui n'a été possible de prendre en compte dans le temps dédié à cette étude.

Dans cette étude, tous les types de données vidéo-photographiques collectés ont été pris en compte, ce qui permet une récolte importante de données. Cependant, cela induit une hétérogénéité des données puisque les images sont de qualité très différente dû à la variabilité des types d'appareils utilisés, des conditions d'observation mais également des modes utilisés (flash vs led, etc.). En observation directe, les images sont généralement prises par des photographes mais aussi par des particuliers avec leur téléphone portable. Les PP utilisés sur l'ensemble du suivi sont de qualités très variables(modernisation des pièges avec le temps depuis 1997, différentes marques utilisées), les flashes des PP peuvent permettre de donner des images en couleurs ou en noir et blanc. Le choix de la programmation de chaque PP est laissé libre aux personnes posant les appareils. Enfin, en fonction du contexte de la prise vidéo-photographique (distance animal-appareil, position de l'animal, période jour vs nuit, période de l'année, conditions météorologiques), on obtient des images différentes en termes de qualité et d'exploitabilité pour la détection de troubles. Or, dans cette étude nous avons donné la même importance et nous avons analysé de la même façon les résultats pour chaque image de lynx observé quel que soit ces critères. On notera tout de même que cette diversité de contexte de prise de vue permet aussi de détecter des troubles spécifiques : le flash, la nuit permet de détecter plus facilement des atteintes oculaires par exemple (réflexion du flash sur le *tapedum lucidum*, cf. Tome II). On remarque sur les

Figures 18 que proportionnellement on détecte plus de troubles en observation directe (images et vidéos pour la plupart prises par des photographes), ceci montrerait que des données de qualité supérieure permettent une meilleure détectabilité. Il est par ailleurs intéressant de souligner que pour la majorité des cas, les individus notés « douteux » pour un certain trouble, le sont car la qualité de l'image ne permet pas d'affirmer avec certitude la présence du trouble. On peut citer par exemple : le reflet du flash sur le pelage qui peut induire un doute sur une alopecie ; un manque de netteté sur un lynx en mouvement rend difficile l'évaluation de son état corporel; une distance trop importante entre l'animal et l'appareil limite la caractérisation de lésions cutanées ou oculaires. Ainsi, pour évaluer l'état sanitaire d'une population d'espèce sauvage à partir d'images issues du suivi populationnel par PP, il semble nécessaire de sélectionner uniquement les images de qualité suffisante afin de standardiser la méthode.

Il existe une publication qui a mis en évidence les meilleurs appareils et réglages pour le suivi populationnel du Lynx boréal (Weingarth et al, 2013). Cette étude peut être un point de départ pour adapter ces choix au suivi sanitaire du lynx par PP, afin d'améliorer la sensibilité et la spécificité de détection. En ce sens, un second travail de thèse vétérinaire, complémentaire de celui-ci est réalisé en parallèle. Il cherche à caractériser les facteurs qui interfèrent avec la détectabilité des troubles en établissant des critères de qualité pour l'observation de photographies prises par PP dans le cadre du suivi sanitaire du lynx boréal en France. (Cf. Thèse vétérinaire L. Blin, 2023). Ainsi, la diversité des méthodes de capture, appareils utilisés, d'acteurs permet une récolte importante d'informations et induit une hétérogénéité dans les données, qui constitue à la fois une force et une faiblesse pour la détection et la caractérisation précoce de troubles cliniques ou lésionnels chez le lynx.

ii) Sensibilité et spécificité de la méthode utilisée par un observateur non vétérinaire

L'étude de la sensibilité et de la spécificité de la méthode nous donne une fourchette avec une sensibilité estimée entre 62,5% et 83,3%, ce qui signifie que pour la fourchette basse, un tiers des lésions ne sont pas détectées. L'écart de plus de 20% est lié au fait que le biologiste n'a pas relevé, les événements montrant des lynx avec un état corporel diminué ainsi que les événements avec un trouble oculaire ou respiratoire dans le Tableau 3a, cependant ces événements étant majoritairement classés douteux, ils apparaissent comme sains dans le tableau 3b ce qui augmente la sensibilité de la méthode. En effet, les événements classés douteux, le sont souvent car ils semblent minimales ou artéfactuels, ce qui peut expliquer cette absence partielle de détection par le biologiste. Par ailleurs, on obtient une spécificité entre 74,1% et 81,1%. Ces chiffres montrent que quelques lésions, majoritairement qualifiées de douteuses par le vétérinaire, ne sont pas détectées par la biologiste mais qu'il y a peu de faux positifs. Après échange avec le biologiste, certaines modifications de l'état corporel n'ont pas été répertoriées de façon factuelle, mais ont fait l'objet d'une interprétation médicale, qui a conduit à considérer la perte

d'état comme physiologique (par exemple, si l'observation avait eu lieu en période compatible avec la lactation). Il est donc important de rappeler que tout trouble doit être relevé sans interprétation, celle-ci se fait dans un second temps et peut faire l'objet d'un commentaire lors de la saisie de la base de données.

Ces résultats sont encourageants et montre que l'outil mis à disposition des biologistes de l'OFB pour compléter leur suivi populationnel avec un volet sanitaire est efficace pour la détection des troubles, surtout sévères, visibles par PP. On note cependant que d'après la biologiste en charge du suivi de population la sensibilité de détection dépend beaucoup de l'expérience et de la formation de l'observateur. Ainsi, comme pour les deux études présentées dans la synthèse bibliographique qui traitent de l'évaluation de la sélection des images par un non-vétérinaire (Brewster et al, 2017 et Pisano et al, 2019), on obtient des résultats qui permettent la mise en œuvre d'un suivi sanitaire du moins pour des lésions sévères. Ce calcul de sensibilité et spécificité nous indique lui aussi que cette méthode semble donner une détectabilité satisfaisante des affections observables par PP. On notera qu'ici la comparaison des résultats vétérinaire vs biologiste a été faite par un calcul de sensibilité/spécificité simple alors que dans l'une des études citées précédemment (Pisano et al, 2019) un calcul d'indice de Cohen's kappa avait été réalisé pour définir le niveau d'accord entre les deux observateurs. Ce calcul pourrait être réalisé si la méthode était testée sur une plus longue durée. En effet, malgré ces résultats encourageants, il est cependant important d'avoir en tête que cette étude a été réalisée en comparant les résultats d'observation de seulement deux mois de données par une vétérinaire (experte en épidémiologie des maladies de la faune sauvage) et par une biologiste possédant une solide connaissance de l'espèce (coordinatrice du Réseau Loup-Lynx). Les deux intervenants sont donc des personnes expérimentées pour réaliser ce type d'observation, même si comme l'on parle d'observations, et que donc les résultats du gold standard restent seulement des résultats d'évaluation à distance. Pour valider la sensibilité et la spécificité, il faudrait reconduire ce travail en augmentant le nombre de biologistes et vétérinaires la testant. De plus, la durée sélectionnée n'a permis d'examiner que 53 événements, afin d'avoir des résultats plus précis il serait intéressant de le faire sur un plus grand nombre d'événements (au moins 300 à 400 événements, soit 4 à 6 mois de données). Il serait alors possible de faire des calculs de sensibilité et de spécificité par type de trouble afin d'évaluer précisément quels sont les types de troubles les plus facilement observables avec certitude.

iii) Evolution temporelle de la base de données et capacité de détection

Des données sont disponibles depuis 1997 mais avant 2011, le nombre d'événements relatifs aux ID ne dépasse pas 100 événements par an. Alors que sur les cinq dernières années de la période étudiée, on enregistre entre 300 et 600 événements par an. D'après la figure 19, la proportion de lynx atteints de troubles était presque nulle avant 2011 et est globalement en augmentation depuis 2011 (à l'exception

d'une légère baisse en 2017 et en 2020). Cependant, les effectifs de lynx avec troubles sont faibles donc cette augmentation progressive apparente ne peut exclure une variabilité interannuelle et probablement sont aussi liés à l'augmentation de la taille de l'échantillon global d'individus capturés. Globalement, on peut observer sur l'ensemble de la période de suivi que l'on est passé d'une quasi absence de détection de troubles (entre 1997 et 2010) à une observation régulière de troubles dans la population de Lynx boréal française en une dizaine d'années. Ce constat confirme les observations de troubles de plus en plus fréquentes des biologistes en charge du suivi, ces dernières années, ce qui a incité la mise en place de ce travail afin de quantifier et qualifier ces troubles. Cependant, il est important de rappeler que le matériel photographique utilisé avant 2010, n'est pas de qualité identique à celui disponible aujourd'hui et le nombre de PP utilisés pour le suivi était nettement moindre. Ainsi il est difficile de dire si ces troubles ou certains de ces troubles sont réellement émergents ou bien s'ils n'étaient pas détectés/détectables avec les moyens techniques disponibles avant 2010.

Cette étude montre aussi que l'on est capable de voir l'évolution clinique des individus atteints de troubles sur plusieurs années grâce à leur identification individuelle. De manière générale, les ID ont été recapturés au moins une fois dans 85 % des cas et certains lynx ont été suivis pendant plus de 10 ans. Ce chiffre est difficile à comparer avec les études précédemment citées car les individus étaient seulement ponctuellement identifiés et seulement pour trois des neuf études (cf. Tableau I : Oleaga et al, 2011 ; Charrier et al, 2019 ; Muneza et al, 2019), cas pour lesquels les individus avaient un signe distinctif particulier (ex. cicatrice). Au contraire, nous avons vu que le taux de recapture est faible pour les PID, alors que le nombre d'individus observés ne cesse de croître depuis le début du suivi (particulièrement durant les dernières années, cf Figure 11b), ce qui limite la possibilité de suivi temporel. Il est donc vraiment important pour améliorer la qualité du suivi d'identifier le plus d'individus possible en doublant en face à face tous les PP. Ceci n'est pas fait de manière systématique pour le suivi opportuniste du lynx en raison du coût des PP mais aussi car une partie des PP sont posés pour le suivi du loup, espèce qui ne peut pas être identifiée individuellement par PP et qui ne nécessite donc pas cette double prise de vue (cela représente donc un coût supplémentaire spécifique au suivi de l'espèce). Le taux de recapture important pour les ID est encourageant pour avoir un suivi de l'évolution des lésions dans le temps. Cependant le nombre moyen de recaptures par lynx est faible pour les lynx avec troubles. Cela peut s'expliquer par plusieurs facteurs : probabilité faible de recapturer le même lynx dans une position similaire et dans des conditions de qualité d'observation suffisantes permettant de visualiser à nouveau la zone lésée et de qualifier à nouveau la lésion, majorité de troubles sublétaux qui guérissent dans le temps, présence de troubles d'apparition cyclique saisonnière.

Dans les études précédemment citées en première partie (cf. Tableau I), aucune d'entre elles ne travaillait avec une population d'individus tous identifiés, seuls certains individus possédant des marques particulières pouvaient être suivis dans le temps. Ainsi nous avons montré qu'il est possible de faire du

suivi capture/marquage/recapture (CMR) sur le lynx de manière uniquement audiovisuelle si l'on arrive à avoir un échantillonnage photographique ad hoc. Cela peut permettre de comprendre l'évolution clinique d'une maladie, ce qui est une perspective intéressante lors de cas de maladies émergentes. En ce sens, ce travail représente donc une avancée notable dans le suivi sanitaire par PP de la faune sauvage.

B. Retour sur les caractéristiques des individus atteints et les paramètres étudiés

i) Caractérisation globale de la population atteinte de troubles

Tout d'abord, nous avons vu sur les Figures 14 que le nombre d'individus atteints d'un trouble au moins au cours de son suivi est relativement élevé, presque un cinquième de la population d'ID (17%) par rapport au pourcentage d'événements montrant des lynx atteints (3%). Cette proportion importante de lésions observées par PP, principalement des lésions cutanées, contraste avec le peu de lésions cutanées relevés en nécropsies. Cela nous oriente sur le fait que celles-ci sont globalement des lésions peu sévères et sublétales. Pour les PID (cf. Figures 15), la différence entre proportions individuelle et événementielle est très faible (respectivement 9 et 7 %), cela peut s'expliquer par le fait que la plupart des PID ne présente que très peu d'événements. De plus, 7% d'événements montrant des PID avec troubles paraît élevé comparativement au 3% d'événements relevé pour les ID, cela peut s'expliquer en partie par le fait que les PID sont potentiellement comptabilisés deux fois (une fois de chaque côté). Le pourcentage faible de PID avec lésion pourrait globalement s'expliquer par un nombre d'événements par individu plus faible, et la qualité de la photo moins bonne.

ii) Caractérisation des individus atteints de troubles

Plusieurs caractéristiques biologiques des individus observés lors de notre étude sont à prendre en compte dans l'interprétation des troubles observés : l'âge, le sexe et le type de pelage.

Sur l'ensemble des ID les lynx sont estimés entre 0 et 13 ans avec une médiane de deux ans, médiane possiblement influencée par la méthode d'attribution de l'âge qui attribue systématiquement un âge de 1 an aux individus adultes vus pour la première fois ou par la structure démographique de la population, ou bien par le fait que les jeunes sont plus facilement capturés. La plupart des troubles sont observés sur des lynx estimés jeunes adultes (1 à 2 ans). L'étude de l'âge minimal par type de trouble (Tableau IXa et Tableau X) a quand même permis de mettre en évidence des tendances concernant l'âge estimé des individus au moment de l'apparition des troubles. En effet, les troubles de l'état corporel semblent atteindre principalement des individus jeunes (moins de deux ans) et des individus âgés. Ceci est un résultat auquel on pouvait s'attendre car ce sont des moments critiques de la vie du lynx :

émancipation (perte de poids liée à un manque d'autonomie, stress, immaturité du système immunitaire) et fin de vie (épuiement physiologique, immunité). Cependant on peut aussi s'attendre à une baisse de l'état corporel chez des adultes en rut ou en lactation. En ce qui concerne les troubles cutanés nous avons vu que le syndrome de queue de rat et les alopecies minimales sont observés chez des individus de tout âge et d'apparition pouvant être cyclique. Ce qui pourrait nous orienter vers une cause ou des facteurs de risques plus probablement environnementaux que métabolique. Les lésions d'origine traumatique (plaies diverses et cicatrices) sont généralement observées chez des individus estimés jeunes, ce qui pourrait s'expliquer par le manque d'expérience lors de la chasse ou plus rarement par des affrontements pour l'acquisition d'un territoire entre jeunes individus en période d'émancipation (le seul cas de plaie profonde due avec certitude à un affrontement intraspécifique a été observé sur un individu mâle) (Gatti, 2022)

Ensuite, nous avons vu que le sexe des individus ne semble pas être une caractéristique modifiant la proportion de détection de troubles cutanés (Tableaux VIII). En revanche, une hypothèse a été émise concernant la présence plus fréquente de troubles de l'état corporel chez les mâles (principalement jeunes, d'âge minimal estimé inférieur à 3ans , cf Tableau X), alors que le nombre d'individus de sexe indéterminé est important et qu'il est plus difficile d'affirmer qu'un individu observé est mâle. En effet, pour affirmer qu'un individu est mâle il faut avoir une image de qualité suffisante de l'arrière train alors que pour une femelle on peut l'observer avec ses petits lors de la période d'élevage des jeunes. Ainsi on peut suspecter que les mâles ID sont plus à risque. Cette hypothèse pourrait s'expliquer par les déplacements importants effectués par les jeunes individus en quête d'un territoire, avec une concurrence plus forte pour les individus mâles entre eux car ils ont en moyenne un territoire plus grand et généralement superposé au territoire de plusieurs femelles.

Enfin, le type de pelage ne semble pas être un critère de modification de la fréquence d'observation des troubles. Or, l'aspect du pelage et plus particulièrement sa densité peut sembler différente entre un lynx de pelage « ocelle » et un lynx au pelage « spot », particulièrement en hiver, où les motifs du pelage « ocelle » sont peu visibles. Ce constat d'un paramètre n'ayant *a priori* pas d'influence sur la détermination de l'état de santé des individus est rassurant en termes de la fiabilité de la méthode d'observation.

iii) Influence des paramètres environnementaux étudiés

Tout d'abord, nous avons vu que la détection de troubles se concentre principalement sur les dix dernières années du suivi et plus particulièrement sur les cinq dernières (exception faite de l'année 2020). Ceci peut s'expliquer par trois principales causes : une amélioration de la qualité des appareils utilisés (augmentant ainsi la probabilité de détection des troubles) et/ou une augmentation réelle de l'incidence

des troubles (concernant principalement des troubles cutanés d'après la Figure 23) mais aussi, et nous nous ne l'avons pas pris en compte ici : une augmentation de la taille d'échantillon et une modification de la pression d'observation (probable car le nombre de PP actifs augmente depuis le début du suivi) .

Le contexte d'observation est un paramètre qui semble particulièrement influencer la capacité de détection des troubles sur les images/vidéos. En effet, le contexte d'observation majoritaire est le suivi par PP opportuniste (76 à 85 % des événements comptabilisés), or ce n'est pas celui qui permet le meilleur taux de détection. Il a été montré que plus de 12 % des événements de type « observations directes » présentent des ID avec des troubles contre 2 à 3 % pour les deux autres contextes. Ceci s'explique par la qualité importante et la courte distance existante entre le photographe et l'animal dans la majorité des « observations directes ». De plus, on notera qu'il est probable qu'un individu affaibli se laisse approcher plus facilement. Ces éléments montrent une fois de plus l'importance de la qualité des images pour effectuer un suivi le plus précis et le plus efficace possible. Ce dernier élément reste à nuancer car les lynx observés par observation directe sont principalement des lynx présents à proximité de zones fortement anthropisées et la fréquence de troubles observés chez eux n'est peut-être pas équivalente à celle de la population entière.

En ce qui concerne les saisons, nous avons vu que les troubles de l'état corporel semblent plus fréquents en été et plus faible en hiver (Figure 26). Cela peut s'expliquer par le fait qu'il est plus facile d'estimer l'état corporel en été qu'en d'hiver du fait d'une fourrure plus fournie en hiver. Ainsi, le nombre d'individus présentant une note d'état corporel basse et donc la proportion d'individus atteints peut être sous-estimée en hiver par rapport aux autres saisons. D'autant plus que cette saison représente une période durant laquelle la quantité de proies disponibles est moindre et représente le début de la période critique d'émancipation des jeunes individus. Il pourrait être envisagé de réaliser deux référentiels pour la détermination de l'état corporel : un d'été et un d'hiver mais il y aurait toujours des doutes aux moments des intersaisons. Les hypothèses diagnostiques en été sont : des mères en lactation avec un épuisement physiologique, des individus avec perte de condition suite à un épisode de gale (lésions cutanées concomitantes et compatibles avec de la gale) et à des cas de gales sarcoptique lors d'atteintes cutanées sévères concomitantes (cas ponctuellement observés mais des. Dans les cas des troubles cutanés on observe plus de cas au printemps (Figures 25), parfois de manière cyclique d'une année sur l'autre. Les hypothèses expliquant ce constat sont multiples : une présence plus importante d'ectoparasites (tel que les puces) quand le climat est chaud et humide, un portage de gale asymptomatique mais qui se révèle lors de ruptures d'immunité comme la mise bas ou la période d'émancipation des jeunes de l'année précédente (par extrapolation au constat chez les jeunes sangliers en France pour la gale sarcoptique ; Fialdes et al, 2016) , une confusion avec la mue en fin d'hiver/début de printemps qui rend le pelage irrégulier, une pression d'observation plus importante à cette époque (période d'émancipation des jeunes donc plus de déplacements), une origine hormonale de ces alopecies.

Enfin on remarquera qu'il est difficile d'interpréter la carte de répartition des types de troubles (Figure 22) car la pression d'observation n'a pas été étudiée ici. On pourra juste indiquer que l'on remarque deux zones concentrant de nombreux événements de troubles cutanés dans l'est du Jura et au sud de l'Ain (deux départements qui concentrent une grande partie de la population française de Lynx boréal). Cependant, une étude incluant la pression d'observation de l'espèce est indispensable pour la caractérisation spatiale des troubles et la détection éventuelle de foyer de contamination en cas de maladie contagieuse. Ainsi, cette représentation constitue une introduction pour une caractérisation plus précise de la localisation spatiale des troubles dans le cadre d'une éventuelle étude future incluant la pression d'observation.

C. Comparaison des méthodes de suivi

Le suivi par piégeage photographique a permis l'observation d'une cinquantaine d'individus par an depuis 2011. La population observée est issue d'un suivi opportuniste d'individus pouvant être vus annuellement, une à plusieurs dizaines de fois, avec ou sans troubles apparents. Le suivi post-mortem dont nous avons pu exploiter les données a permis quant à lui d'examiner au maximum 24 individus par an (donnée pour 2021). Les individus autopsiés sont dans une grande majorité des lynx retrouvés morts au bord des routes après un choc. Ainsi le suivi par PP permet d'observer un grand échantillon d'individus avec une pression d'observation plus importante. Ces individus peuvent être sains et certains avec des troubles plus ou moins sévères. La détection des troubles par cette méthode est donc précoce et plus sensible que la méthode post mortem. Alors que le suivi SAGIR post mortem a pour objectif de déterminer les causes de mortalité de l'individu (faire du diagnostic de certitude), le suivi par PP peut aussi mettre en évidence des individus en bonne santé, avant un traumatisme aigu mortel ou « capturer » plus facilement des animaux affaiblis.

Ainsi le suivi par PP est une méthode de détection plus précoce et sensible et permettrait d'orienter et de faire évoluer le protocole d'examen des cadavres lors de la nécropsie en faisant émerger des problématiques (détection de maladies émergentes, charge parasitaire, évaluation d'états corporels, etc.). A l'inverse, la caractérisation des patrons lésionnels par SAGIR en nécropsie pour une étiologie donnée, permet d'avoir des hypothèses diagnostiques plus fines en cas d'observation par PP. Ce qui donne globalement un système de suivi plus complet comprenant plusieurs outils complémentaires.

i) Comparaison des méthodes de suivi pour la détection des troubles cutanés

La comparaison sur les troubles cutanés nous montre que le suivi des atteintes cutanées par PP permet à la fois de détecter de petites lésions comme des petites plaies ou des cicatrices et de détecter

des alopecies et « queue de rat ». Le fait que l'on détecte une proportion beaucoup plus faible de troubles cutanés (particulièrement faible pour les lésions ante mortem) chez les lynx nécropsiés issus de collisions par rapport au suivi par PP (Tableau XV) pourrait s'expliquer par plusieurs causes : un état trop dégradé par le choc ou la décomposition des cadavres limitant la détection des lésions cutanées (encore plus marqué pour les lésions légères à modérées), un échantillon plus faible d'individus donc une probabilité plus faible de détection par rapport au PP. Cependant, pour les lynx morts d'une autre cause on atteint un pourcentage s'approchant du résultat pour les individus suivis par PP (respectivement 44 et 56%). Cela montre que les troubles cutanés sont très présents dans la population de lynx mais sont probablement dans la majorité des cas, des atteintes sublétales plus que létales. Les troubles cutanés, de faible extension et/ou intensité, sont donc moins détectés lors du suivi post mortem des lynx percutés et les types de troubles cutanés observés sont majoritairement d'origine traumatique contrairement aux lésions cutanées observés par PP ou pour les lynx nécropsiés non percutés (pour lesquels les troubles d'origine traumatique et les alopecies sont autant représentés ; Figure 28). De plus, certaines alopecies observées lors des nécropsies post collision, sont probablement plus liées aux frottements lors du choc (souvent difficile de distinguer frottement et alopecie si lésion peu sévère). Les « queues de rat » paraissent peu détectées lors de nécropsie, on compte un seul cas suspecté, dans le Doubs (troubles probablement sublétaux et transitoires difficiles à détecter à l'examen nécropsique, il est aussi probable que ce soit un trouble qui est passé inaperçu à l'autopsie si les lésions sont peu sévères et seulement alopeciques sans autres lésions cutanées associées). On notera que ce trouble avait déjà été remarqué par le KORA lors d'autopsies (cf. Tome II), sans que l'étiologie n'ait pu être déterminée. Cependant, le suivi par PP ne permet pas de réaliser des prélèvements afin d'avoir un diagnostic étiologique de certitude, concernant par exemple les cas d'alopecie, comme peut le permettre une nécropsie. Ainsi il serait intéressant de porter une attention particulière à l'examen de la queue lors des autopsies et réaliser des prélèvements sur celles-ci (poils, histologie, bactériologie) afin d'étudier la/les étiologies de ce syndrome.

ii) Comparaison des méthodes de suivi pour la détection des troubles de l'état corporel

Concernant les troubles de l'état corporel nous avons fait le constat qu'ils sont plus repérés lors de l'examen nécropsique que par PP. Or, il est important de noter que s'il est envisageable de grader les états de maigreur par observation à distance (par l'évaluation de la saillance des reliefs osseux, cf. Tome II), cependant cette détermination est plus sensible à l'autopsie. En effet, il est possible de différencier lors de l'examen nécropsique : un amaigrissement récent/minime (seulement perte de graisse cavitaire), d'un état dégradé (perte de la graisse cavitaire et sous cutanée), d'une misère physiologique (perte de la graisse cavitaire, sous cutanée et au niveau de la moelle osseuse). Lors de l'observation des images

issues de PP, le pelage, particulièrement dense du lynx (surtout en période hivernale) complique la détermination uniquement visuelle de l'état corporel des individus. En effet, nous avons considéré que les deux méthodes de « capture » (par PP et lynx issus de collisions) prélèvent de manière aléatoire des individus dans la population de lynx française. Mais, nous ne savons pas si les lynx nécropsiés issus de collisions ne représentent pas un échantillon d'individus affaiblis, non représentatifs de la population globale, se rapprochant de zones anthropisées en quête de nourriture. Cependant, nous avons vu que si l'on considère seulement les individus nécropsiés non suspects de mort par collision, donc plus susceptibles d'une mort de cause naturelle, la proportion de lynx atteints de troubles de l'état corporel dépasse la moitié des individus. Cela montre que les lynx non issus de collision sont plus souvent atteints de manière chronique avec un état corporel dégradé que les lynx percutés. Donc les lynx percutés ne sont pas tous des lynx amaigris et diminués mais peuvent présenter des comorbidités. Ce travail nous permet de conclure que les deux méthodes sont efficaces pour détecter des troubles de l'état corporel chez le Lynx boréal, cependant l'examen nécropsique permet de détecter des états de maigreur précoces qui peuvent être difficilement visibles par PP et aurait ainsi une meilleure sensibilité. De plus, il permet de diagnostiquer avec une plus grande certitude la cause étiologique de cet état. Le suivi par PP permet, quant à lui, un suivi temporel de l'état corporel des individus recapturés et permet ainsi d'étudier par exemple la saisonnalité et la réversibilité du trouble (possible CMR).

iii) Comparaison des méthodes de suivi pour la détection des troubles oculaires

Les troubles oculaires sont qualitativement mieux détectés pour les lynx suivis par PP, ce qui pourrait s'expliquer par le fait que les yeux sont une des premières structures à se décomposer/déshydrater et qu'il est donc difficile d'évaluer ces structures lors de nécropsie d'animaux sauvages (Tableau XVIII). Cela provoquerait une sous-estimation des lésions oculaires présentes chez les individus victimes de collision, une difficulté à différencier les lésions ante mortem des évolutions post mortem, et à les caractériser. De plus, la face étant souvent la première partie du corps à percuter le véhicule, les yeux sont souvent difficilement examinables pour détecter des troubles ante mortem. On constate d'ailleurs que pour les lynx nécropsiés non issus de collision, on détecte plus de lynx atteints que pour les lynx percutés en proportion, mais toujours moins que par PP. Quand on regarde dans le détail, les types de troubles oculaires observés lors des examens nécropsiques sont majoritairement des hémorragies et des luxations du globe oculaire, lésions traumatiques liées à la collision. Même si occasionnellement des lésions chroniques présentes ante mortem sont détectées, les cas sont rares en comparaison des affections détectées par PP. Pour les lynx non percutés les lésions observées post mortem semblent plus chroniques (conjonctivite, proclivité 3^{ème} paupière, ulcère partiellement cicatrisé). Cette sous-estimation de la détection des lésions lors des nécropsies (surtout pour les individus percutés) jusqu'à

présent pourrait limiter notre perception des conséquences de la perte d'intégrité de la fonction oculaire sur la fréquence de collision des individus. Ainsi la méthode du suivi par PP est complémentaire à l'outil SAGIR en termes de détection, caractérisation et suivi de l'évolution des affections oculaires.

iv) Comparaison des méthodes de suivi pour la détection des troubles locomoteurs

Les types de troubles locomoteurs observés sont très différents entre les deux méthodes ce qui est dû probablement en partie au biais d'échantillonnage entre les deux méthodes. Les troubles observés par PP sont rares, sont principalement des boiteries de différents grades, troubles pouvant être sublétaux et non détectables lors de la nécropsie s'il n'y a pas de lésions macroscopiques évidentes post mortem ou radiographiquement. Au contraire, les lésions de l'appareil locomoteur sont prédominantes lors des nécropsies et presque exclusivement caractérisées par des fractures multiples d'apparition suraiguë très probablement concomitante à la mort de l'animal lors des collisions. Ainsi dans le cas des troubles locomoteurs l'intérêt est plutôt de détecter précocement un individu avec une atteinte locomotrice invalidante, qui pourrait nécessiter notamment un soutien alimentaire in situ. L'intérêt de la détection se situe donc plus à une échelle individuelle avec un objectif de soin, plutôt qu'à une échelle populationnelle avec un objectif de surveillance.

v) Comparaison des méthodes de suivi pour la détection des autres types de troubles

Les troubles comportementaux qui peuvent uniquement être repérés par PP, peuvent survenir parfois chez de jeunes lynx isolés non autonomes, qui n'arrivent pas à se nourrir suffisamment et viennent chercher de la nourriture à proximité des habitations, ce qui les rend plus vulnérables (chocs avec véhicule, intoxications, transmission interspécifique de maladies avec des carnivores domestiques, etc.).

A ce jour, aucun cas de malformation, visible macroscopiquement n'a été rapporté dans les comptes rendus des laboratoires départementaux effectuant les nécropsies, alors qu'il a été rapporté des cas de malformations principalement cardiovasculaires et osseuses en Suisse (Ryser-Degiorgis, 2009). Le seul type de malformation observé par PP est une absence partielle ou totale d'un ou des deux pavillons auriculaires sur certains individus de la population française. Même si dans certains cas (surtout cas unilatéral) une cause traumatique ne peut pas être exclue, on remarque que cette observation répétée sur différents individus a été faite pour la première fois grâce au suivi par PP. Les PP permettent donc une détection précoce de ces malformations et leur caractérisation au sein de la population (caractérisation spatiale, temporelle, dans les fratries, etc.).

Pour le repérage des troubles respiratoires et digestifs, la méthode de détection par PP ne semble que peu sensible, surtout s'ils sont transitoires ou aigus et mortels, cependant le format vidéo a permis de détecter de la polypnée et des bruits respiratoires chez deux individus ainsi que des vomissements chez un autre individu. De manière générale, toute atteinte métabolique, vasculaire, d'un organe interne est difficilement repérable de manière précise par PP. Seuls des signes cliniques généraux peuvent être relevés : perte d'état corporel, poil hirsute, abattement, abdomen gonflé (possible présence d'épanchement abdominal), diarrhée, vomissement, etc. Dans ce sens, le suivi post mortem réalisé par le réseau SAGIR paraît indispensable pour caractériser précisément ces atteintes et réaliser des examens complémentaires pour en déterminer l'étiologie.

A la lumière de tous ces résultats, il semble essentiel de combiner les méthodes de surveillance qui semblent se compléter à la fois en termes de détection, caractérisation de lésions, identifications des étiologies, et suivi spatio-temporel et de l'évaluation des lésions. Afin d'optimiser la complémentarité des deux suivis, il serait particulièrement intéressant de réaliser systématiquement (quand l'état du cadavre le permet) le rapprochement entre la banque de photo-identification et l'identité (image des deux flancs) de l'animal décédé. Cela permettra à terme d'avoir un lien à l'échelle de l'individu, entre les affections relevées ante-mortem par PP et les lésions nécropsiques.

D. Diagnostics différentiels des troubles observés par PP

i) Diagnostic différentiel des troubles cutanés

L'observation des images a permis le constat de troubles cutanés tel que des plaies, des cicatrices et des alopecies. Les plaies sont majoritairement superficielles (cf. Tableau IXa) mais il a été observé une plaie profonde chez un ID, qui pourrait être soit la conséquence d'un affrontement intraspécifique entre deux mâles (événement rare au vu de la biologie de l'espèce), soit les suites d'un traumatisme d'une autre nature. Les alopecies peuvent être catégorisées de la manière suivante : localisation anatomique, étendue focale/multifocale/diffus (symétrique ou non), aspect (croûteux, infection, inflammation, épaissement cutané, modification de couleur de la peau), durée d'évolution minimale (si recapture), associé à du prurit ou non (visible uniquement sur vidéo donc probablement très sous-estimé) et associé à un état de maigreur ou non. Les différentes combinaisons observées de ces caractéristiques vont nous permettre d'orienter notre diagnostic étiologique pour chacune des images exposant un individu présentant une alopecie. On notera qu'une atteinte symétrique oriente le diagnostic vers une cause non inflammatoire, au contraire une atteinte asymétrique oriente le diagnostic vers une origine plutôt inflammatoire (Coyner, 2019).

L'inventaire réalisé des lésions observées par SAGIR, la description de celles-ci et la recherche des étiologies associées nous permet d'avoir une idée des affections rencontrées ou suspectées chez le Lynx boréal et d'affiner le diagnostic différentiel associé aux observations cliniques. Afin de présenter un diagnostic différentiel le plus exhaustif possible nous allons à présent nous pencher sur le diagnostic différentiel des alopecies chez l'espèce de félin la plus étudiée, le Chat domestique car il y a peu de références pour des félins sauvages. Cependant, nous citerons autant que possible la littérature concernant des cas d'alopecie chez des félins/carnivores sauvages. Les grandes causes de l'alopecie féline sont : allergiques (alimentaire, dermatite allergique aux piqûres de puces (DAPP) principalement), parasitaires (puces, gales, démodécie principalement), fongiques (souvent à *Malassezia sp.*, *Microsporum canis*, *Trichophyton sp.*), bactériennes, auto-immunes (alopecia areata, lupus, pemphigus foliacé), endocriniennes (dysendocrinies sexuelles (+/- saisonnière), syndrome de Cushing et hypothyroïdie (très rares)), paranéoplasiques, toxiques et comportementales (dermatose psychogène). Les troubles du comportement, les hypersensibilités, les ectoparasitoses et les dermatoses d'origine fongique peuvent toutes être des causes de ce que l'on appelle le syndrome de l'alopecie extensive féline. Ce syndrome s'exprime par un léchage excessif de certaines zones du pelage (ventre, flancs, faces internes des cuisses, la région ano-génitale et la queue) qui provoque l'abrasion des poils à leur base, se traduisant par des plages alopeciques sur le pelage (Morailon et Legeay, 2004 ; Paterson, 2016 ; Coyner, 2019). Des cas de dermatoses psychogènes ont d'ailleurs été rapportés chez des félins sauvages mais captifs : chez trois panthères de l'Amour (*Panthera pardus orientalis* ; Napier et al., 2018) caractérisées par des plages alopeciques sur le corps et la queue et chez des panthères nébuleuses (*Neofelis nebulosa* ; Thorel et al., 2020). Ces lésions sont à relier pour les auteurs au stress environnemental causé par la captivité, ce qui semble peu probable pour des individus libres. De façon anecdotique, mais intéressante on peut citer un cas d'alopecie de la queue d'apparition soudaine provoquée par des soies de chenilles processionnaires chez un loup arctique (*Canis lupus tundrarum*) en captivité (Lahoreau, 2017). Si l'on se place à l'échelle d'une population sauvage de lynx boréaux, certaines causes comme les causes allergiques alimentaires, paranéoplasiques, et comportementales ne semblent pas les plus probables même si certains cas particuliers ne peuvent pas être exclus. Les causes les plus probables sont surtout parasitaires comprenant la DAPP (conséquence de l'infestation par des puces d'individus hypersensibles) ainsi qu'endocriniennes, toxiques, voir auto-immunes, au vu du contexte et des quelques publications existantes. De nombreuses publications existent sur la gale sarcoptique et ses conséquences sur les populations de mammifères sauvages. Ce parasite presque panzootique affecte la majorité des espèces de mammifères, faisant de lui un des ectoparasites le plus généraliste chez les mammifères et les épidémies associées peuvent représenter une menace en termes de conservation (Escobar, 2021). En Europe cette maladie atteint particulièrement les ongulés et carnivores sauvages. Plusieurs études ont été réalisées sur le renard roux dont une incluant une méthode de surveillance par PP qui a montré une

prévalence estimée entre 0,1 et 12% selon les années entre 2005 et 2018 (Pisano et al, 2019). La gale sarcoptique (*Sarcoptes scabiei*) principalement mais aussi notoédrique (*Notoedres cati*) sont des causes de mortalité du lynx connue en Suisse : endémique depuis une quarantaine d'années pour la gale sarcoptique et sporadique depuis une vingtaine d'années pour la gale notoédrique. Elles peuvent être isolées seules ou en co-infection selon les cas. Ces parasites induisent des alopecies plus au moins sévères principalement sur la tête et les oreilles mais pouvant toucher l'ensemble du corps, avec des lésions crouteuses et/ou suppurées et un amaigrissement associé selon l'état d'avancement de la maladie. (Ryser-Degiorgis, 2002 ; Schmidt-Posthaus et al, 2002). La gale des oreilles (*Otodectes cynotis*) qui affecte les carnivores domestiques peut aussi être retrouvée chez le Lynx boréal et peut provoquer un prurit et des otites externes chez les individus immunodéprimés (touche particulièrement les jeunes de moins de deux ans) et peut être une co-infection de la gale sarcoptique. Comme pour le chat domestique les infestations légères à modérées sont souvent asymptomatiques (Degiorgis et al, 2001).

Par ailleurs on note qu'un cas de maladie d'Aujeszky a été rapporté chez un lynx ibérique, les lésions rapportées incluent une alopecie de la face ventrale du cou associée à une gastro-entérite hémorragique et à une congestion cérébrale (Masot et al, 2017).

Afin de proposer des hypothèses étiologiques pouvant expliquer ces alopecies nous nous sommes aussi appuyés sur les résultats d'analyses histologiques réalisées sur les lynx nécropsiés par le Réseau Sagir. Un cas d'alopecie extensive féline provoquée par la présence de puces et/ou par une réaction allergique à ces piqûres a été suspecté sur la base d'un examen histologique. D'autres images montrent des dermatites hyperplasiques et hyperkératosiques plus ou moins sévères présentant des arthropodes intra lésionnels compatibles avec des sarcoptes (Pour plus de détails et la visualisation des images de lames consulter l'Annexe 3).

Nous allons maintenant confronter nos observations d'alopecies par PP aux données du SAGIR détaillées précédemment et au diagnostic différentiel des alopecies existant chez le Chat domestique et les félins/carnivores sauvages afin de mettre en évidence les étiologies les plus probables de ces alopecies :

- Nous proposons les interprétations suivantes en cas d'observation d'**Alopecie multifocale/diffuse** (pouvant être associée à des croûtes si l'infestation est sévère) associée à de la **maigreur voire cachexie +/- prurit** (non observé sur les individus les plus atteints, pas de vidéos disponibles) = suspicion de Gale sarcoptique et/ou notoédrique (cause la plus probable au vu du contexte), atteinte endocrinienne (dysendocrinie sexuelle, hypothyroïdie, syndrome de Cushing ; souvent alopecie symétrique et absence de prurit), syndrome paranéoplasique (souvent absence de prurit).

- **Prurit au niveau des pavillons auriculaires** sans alopecie visible sur le corps ni associée à la perte d'état corporel = suspicion d'Otite parasitaire à *Otodectes Cynotis*
- **Alopecie multifocale** préférentiellement sans perte d'état corporel +/- **prurit** (si vidéos disponibles) = suspicion d'Alopecie extensive féline soit : Pullicose et/ou DAPP, hypersensibilité dermatose d'origine fongique sévère/surinfectée, alopecia areata (pas de prurit) ou dermatite prurigineuse liée aux soies de chenilles processionnaires (peu probable à l'échelle d'une population entière), dermatose psychogène (sûrement moins probable dans le cadre d'une espèce sauvage).
- **Alopecie localisée à la queue sans atteinte particulière du reste du corps** = « Syndrome queue de rat », pas d'étiologie connue (étude suisse du KORA en cours)
- **Alopecie focale**, présente sur **n'importe quelle zone du corps, sans atteinte de l'état corporel** associé, **sans prurit** associé (très difficile à objectiver) = suspicion de traumatisme, dermatite fongique (non rencontré en histologie).

Cependant, nous ne pouvons pas conclure définitivement car nous avons peu d'échantillons histologiques analysés dans la population, de plus l'étude n'est pas réalisée à l'échelle de l'individu (les lynx photographiés ne sont pas systématiquement ceux qui ont été prélevés à l'autopsie). Afin de mener une étude précise il faudrait que sur un nombre de cas suivis par PP, un nombre de lynx soient morts et nécropsiés par le réseau SAGIR. Puis il faut effectuer un à un les rapprochements entre les lésions du vivant de l'animal et celles présentes lors de sa nécropsie. Cela permettra idéalement à termes de relier précisément chaque présentation lésionnelle à une étiologie. Le référentiel des affections observables pourra alors être complété d'informations étiologiques et non seulement descriptive.

ii) *Diagnostic différentiel des troubles oculaires*

Dans la moitié des cas de " troubles oculaires" vu par PP on constate une procidence bilatérale de la 3^{ème} paupière, sans atteinte visible de l'œil, qui peut être la manifestation neurologique d'une atteinte intestinale (Hernandez et al., 2010). En effet chez le Chat, une procidence bilatérale de la 3^{ème} paupière sans atteinte du globe oculaire peut être provoquée par deux causes le syndrome de Haw et la dysautonomie féline. Le syndrome de Haw caractérisé, entre autres, par une procidence bilatérale de la 3^{ème} paupière, est décrit surtout chez le jeune chat et n'a pas d'étiologie déterminée à ce jour. Il pourrait être lié à une stimulation excessive du nerf sympathique, pouvant avoir lieu au niveau d'une irritation du tractus digestif (hypothèses de causes virales ou parasitaires) (Zwueste & Grahn, 2020 ; Mendonça et al, 2022). Ce signe peut être accompagné de diarrhée voire de vomissements (symptômes peu observables par PP sur des lynx sauvages). De plus, cette procidence bilatérale de la 3^{ème} paupière peut être la conséquence d'une affection du système nerveux central nommé dysautonomie ou syndrome de

Key-Gaskell, modérément fréquent chez le Chat, souvent associé à de la diarrhée (Ketring et al., 2012). Pour les autres cas oculaires observés ponctuellement, il y a des cas « œil rouge » c'est-à-dire des inflammations d'une ou différentes parties visibles de l'œil et ses annexes. A distance, il est souvent difficile de déterminer précisément quelles parties de l'œil sont atteintes. Dans les cas observés une conjonctivite était souvent visible associée parfois à une prociidence de la 3^{ème} paupière sur l'œil ou les yeux atteints. En Suisse, une bactérie spécifique des conjonctivites féline *Chlamydia felis* a été détecté par PCR chez un lynx, dont l'origine pourrait être un contact avec un chat domestique infecté (Marti et al., 2019). Cette bactérie peut entrer dans le diagnostic différentiel de l'« œil rouge ». Par ailleurs, dans deux des cas, une inflammation du globe oculaire, caractérisée par une rougeur du tissu, est visible sans que l'on puisse déterminer s'il s'agit d'une kératite ou d'une uvéite à distance. Sur une image, où l'animal est assez proche, il est même possible de voir la néovascularisation sur la cornée (cf. Tome II). Ces atteintes oculaires possèdent de nombreuses causes possibles chez le Chat domestique (traumatique, bactérienne, virale, fongique, auto-immune, etc.) (Ketring et al., 2012). Pour le Lynx, nous ne pourrions pas déterminer la cause exacte des atteintes oculaires uniquement par observation des images à distance. Cependant, ces images nous ont permis de mettre en évidence des atteintes très peu décrites jusqu'à présent dans le suivi. Il serait d'ailleurs intéressant d'étudier l'incidence de ces troubles dans la population de lynx française et d'examiner précisément les yeux lors de l'examen post-mortem, quand l'état de conservation du cadavre le permet. Cela permettrait de déterminer si ces affections peuvent influencer la probabilité de collision des lynx avec des véhicules, ce qui, on le rappelle, représente la principale cause de mortalité chez cette espèce.

iii) Diagnostic différentiel des autres troubles observés

Plusieurs lynx ont été observés avec un état corporel dégradé (allant de la maigreur à la cachexie). Cet état de maigreur, quand il est observé sur des jeunes individus, peut être la conséquence d'une inanition chez un jeune lynx isolé, d'une infestation parasitaire massive (gale mais aussi parasitoses intestinales et pulmonaires), d'une infection (ex. cas de pasteurellose identifiés sur des cadavres de jeunes individus, virus oncogènes : FIV et FeLV (Ryser-Degiorgis, 2021 ; Nájera et al., 2019) qui affaiblissent ces jeunes individus au système immunitaire immature. De plus, les lynx sont sensibles à d'autres atteintes, pouvant affecter l'état corporel qui sont décrites chez le Chat domestique, comme : l'hyperthyroïdie, l'insuffisance pancréatique exocrine, la MICI, l'insuffisance rénale et les néoplasies) qui peuvent entrer dans le diagnostic différentiel de l'amaigrissement (Hébert et Bulliot, 2019).

Enfin, des malformations des pavillons auriculaires ont été observés sur des individus jeunes et adultes, se caractérisant par une absence partielle ou totale du pavillon auriculaire, uni ou bilatéral. Quand cette observation est bilatérale, la cause congénitale est privilégiée. Cependant, lors d'une atteinte unilatérale, il est plus difficile de savoir si la cause est traumatique ou agénésique. Cette anomalie

bilatérale détectée depuis 2011 pourrait être un signal de syndrome émergent. Comme pour d'autres malformations observées chez le lynx boréal en Suisse (vasculaires, squelettiques ; Ryser-Degiorgis, 2009), on peut soupçonner une origine génétique qui montre directement et très probablement partiellement l'impact négatif du goulot d'étranglement subit par l'espèce.

E. Perspectives futures de l'étude

Ce travail représente la première étude réalisée en France sur le Lynx boréal visant à développer et évaluer une méthode d'observation clinique associée à un suivi démographique par PP. Les outils développés (référentiels, protocoles, synthèses bibliographiques) seront réutilisés dans le cadre du suivi par PP de l'OFB et intégrés dans le protocole de saisie des données de la BDDi.

Dans le cadre de ce travail la pression d'observation n'a pas été prise en compte dans l'analyse des résultats et pourrait être utile pour mieux décrire spatio-temporellement la distribution de ces affections d'une part, et les quantifier d'autre part.

Par ailleurs, sachant que les collisions avec des véhicules sur les routes représentent une cause importante de mortalité des lynx, et donc un enjeu de conservation, quantifier les troubles oculaires, mieux les caractériser et vérifier s'ils jouent le rôle de comorbidité dans les collisions paraît incontournable. Suite aux premiers résultats présentés ici, une surveillance particulière a été mise en place par le réseau SAGIR sur le sujet.

Il pourra également être intéressant de continuer ce travail d'analyse sur les années de suivi à venir, en utilisant les données directement saisies par les biologistes en charge du suivi et en complétant la méthode (principalement les référentiels), en produisant ainsi de nouveaux résultats à comparer à cette première étude. Cependant, afin de pouvoir réaliser de la surveillance sanitaire au sens strict il est nécessaire d'avoir un suivi en continu avec une pression d'observation pouvant varier mais dont les modulations sont connues tout au long du suivi (exploitation des images/vidéos provenant uniquement des PP, nombre et qualités des PP, positionnement des appareils, réglages standardisés des PP, images/vidéos standardisés, biologistes formés à l'utilisation de l'outil ; cf. Thèse L.Blin, 2023) donc probablement des moyens techniques supplémentaires à ceux déployés pour le suivi de population strict réalisé actuellement.

Enfin il serait pertinent d'améliorer l'estimation de la sensibilité et de la spécificité de la méthode en augmentant le nombre d'événements testés, le nombre de vétérinaires et de biologistes qui testent la méthode.

CONCLUSION

Le suivi épidémiologique des maladies de la faune sauvage présente de nombreuses difficultés : accessibilité des données du vivant de l'animal, représentativité, conservation des échantillons biologiques et des cadavres récoltés, coordination des différents intervenants sur l'espèce concernée, mise à jour et exploitation de celles-ci en temps proche du réel. La méthode de suivi sanitaire par PP proposée dans cette étude est une méthode non invasive, potentiellement utilisable rétrospectivement sur n'importe quelle base de données vidéo-photographiques de Lynx boréal, à condition de fixer des critères de qualité des images exploitées (et adaptable sur d'autres espèces, après réalisation de référentiels adaptés). Cette méthode se montre complémentaire du suivi post-mortem actuellement réalisée par le réseau Sagir.

L'utilisation de cette méthode par la biologiste en charge du suivi populationnel du Lynx a montré une sensibilité satisfaisante et montre ainsi un fonctionnement adapté à son utilisation par des biologistes non-vétérinaires spécialistes du lynx dans le cadre d'un volet sanitaire du suivi régulier de la population du Lynx boréal français. La sensibilité et la spécificité de la méthode peuvent encore être améliorées (actuellement un quart à un tiers des troubles n'étaient pas repérés par la biologiste) mais cela implique un temps d'adaptation des observateurs à la méthode mise en place et un ajustement des référentiels à l'usage.

Les premiers résultats issus de cette méthode montrent que le suivi par PP est particulièrement adapté pour le suivi dermatologique ainsi que pour évaluer l'état corporel de chaque individu suivi de la population de Lynx boréal française. Il permet en plus de relever ponctuellement des troubles oculaires, locomoteurs, comportementaux, respiratoires et digestifs ainsi que des malformations.

Enfin, des cohérences ont pu être établies entre les affections cutanées observées macroscopiquement lors des nécropsies, à l'histologie et par PP même si l'étiologie complexe et probablement multiple de ces alopecies n'est pas encore totalement comprise. Afin d'avancer dans cette réflexion, il est indispensable de pouvoir tracer facilement les informations concernant un même individu : de la première image réalisée par PP au compte-rendu d'histopathologie en passant par le compte rendu de la nécropsie. Cette traçabilité est un outil indispensable à l'efficacité future du suivi sanitaire de l'espèce et dans l'intérêt de sa conservation. Ainsi nous avons pu mettre en évidence qu'une unique modalité de surveillance n'est pas suffisante et qu'il est pertinent de les combiner pour optimiser l'interprétation et donc l'utilisation de l'ensemble des données disponibles.

BIBLIOGRAPHIE

- ARTHUR, Christian, DROUILLY, Marine, BURLAUD, Rebecca, PAIN, Dominique, FROCHOT, Véronique, 2016. *La lettre d'actualités sur le Lynx boréal* de l'SFEPM. pp. 4.
- BLIN, Louison, 2023. Critères de qualité des prises de vues de pièges photographiques utilisables pour le suivi sanitaire du lynx boréal (*Lynx lynx*). pp. 85.
- BREITENMOSER-WÜRSTEN, Christine, ZIMMERMANN, Fridolin, MOLINARI-JOBIN, Anja, MOLINARI, Paolo, CAPT, Simon, VANDEL, Jean-Michel et al., 2007. Spatial and Social stability of a Eurasian lynx *Lynx lynx* population: an assessment of 10 years of observation in the Jura Mountains. *Wildlife Biology*. décembre 2007. Vol. 13, n° 4, pp. 365-380. DOI [10.2981/0909-6396\(2007\)13\[365:SASSOA\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.2981/0909-6396(2007)13[365:SASSOA]2.0.CO;2).
- BREWSTER, Kyle, HENKE, Scott E., HILTON, Clay et ORTEGA-S., Alfonso, 2017. Use of Remote Cameras to Monitor the Potential Prevalence of Sarcoptic Mange in Southern Texas, USA. *Journal of Wildlife Diseases*. avril 2017. Vol. 53, n° 2, pp. 377-381. DOI [10.7589/2016-08-180](https://doi.org/10.7589/2016-08-180).
- CARRICONDO-SANCHEZ, David, ODDEN, Morten, LINNELL, John D. C. et ODDEN, John, 2017. The range of the mange: Spatiotemporal patterns of sarcoptic mange in red foxes (*Vulpes vulpes*) as revealed by camera trapping. *PLOS ONE*. 19 avril 2017. Vol. 12, n° 4, pp. e0176200. DOI [10.1371/journal.pone.0176200](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0176200).
- CHARRIER, Ludovic, ORSINI, Philippe, CONORD, Melissa, BETBEDER, Laetitia, 2019. Monitoring wolves (*Canis lupus italicus*) by camera-traps in military camp (France-Var). pp. 49.
- CONSERVATION RESEARCH LTD, 2010. Extract Compare - Lynx. [en ligne]. 2010. [Consulté le 21 juillet 2022]. Disponible à l'adresse : <http://conservationresearch.org.uk/Home/ExtractCompare/lynx.html>
- COYNER, Kimberly S., 2019. *Clinical atlas of canine and feline dermatology*. Hoboken, NJ : Wiley-Blackwell. ISBN 978-1-119-22632-1. SF992.S55
- DECORS, Anouk, DESVAUX, Stéphanie, PAYNE, Ariane, HIVERT, Lorette, CARDOSO, Olivier, BRULEZ, Marion, et al., 2022. *Le réseau SAGIR, la surveillance au carrefour des enjeux*. *Bulletin épidémiologique, santé animale et alimentation* [en ligne]. 2022. [Consulté le 10 janvier 2023]. Disponible à l'adresse : https://be.anses.fr/sites/default/files/PER-028_2022-05-10_Decors_Sagir_MaqF.pdf 95(5) : 1-9
- DEGIORGIS, Marie-Pierre, HÅRD AF SEGERSTAD, Carl, CHRISTENSSON, Bodil, MÖRNER, Torsten, 2001. Otodectic Otoacariasis in Free-Ranging Eurasian Lynx in Sweden. *Journal of Wildlife Diseases*. juillet 2001. Vol. 37, n° 3, pp. 626-629. DOI [10.7589/0090-3558-37.3.626](https://doi.org/10.7589/0090-3558-37.3.626).

- ESCOBAR, Luis E., CARVER, Scott, CROSS, Paul C., ROSSI, Luca, ALMBERG, Emily S., YABSLEY, Michael J., et al., 2022. Sarcoptic mange: An emerging panzootic in wildlife. *Transboundary and Emerging Diseases*. Mai 2022. Vol. 69, n° 3, pp. 927-942. DOI [10.1111/tbed.14082](https://doi.org/10.1111/tbed.14082).
- FIALDES, Sophie, DECORS, Anouk, SAINT-ANDRIEUX, Christine, BARBOIRON, Aurélie, FAURE, Eva, CALENGE, Clément et al., 2016. La gale sarcoptique comme indicateur de santé des populations de sangliers ? Ce que nous apprennent les différents réseaux sur cette maladie. 3ème trimestre 2016. N° 312, pp. 5.
- FREICHE, Valérie, HERNANDEZ, Juan, 2010. Diarrhée. *Gastro-entérologie canine et féline*. 2010. pp. 25-43. DOI [10.1016/B978-2-294-04925-5.50004-0](https://doi.org/10.1016/B978-2-294-04925-5.50004-0).
- GATTI, Sylvain, 2022. PNA - Rétablir le Lynx dans un état de conservation favorable en France. pp. 182.
- GAUNTHIER, Dominique, LEMBERGER, Karin, DECORS, Anouk, 2016. *Vade-mecum des laboratoires départementaux d'analyses vétérinaires - Le diagnostic des maladies de la faune sauvage libre*. pp. 80.
- HÉBERT, Fabrice, BULLIOT, Christophe, 2019. *Guide pratique de médecine interne chien, chat et NAC*. Med'com.
- IUCN FRANCE, MNHN, SFPEM, OFB, 2017. La liste rouge des espèces menacées en France - Chapitre Mammifères de France métropolitaine. [en ligne]. 2017. [Consulté le 9 septembre 2022]. Disponible à l'adresse : <https://uicn.fr/wp-content/uploads/2017/11/liste-rouge-mammiferes-de-france-metropolitaine.pdf>
- KETRING, Kerry L., GLAZE, Mary B., 2012. *Atlas of Feline Ophthalmology*. Wiley-Blackwell.
- LACROUX, Camille, GUMA, Nelson et KRIEF, Sabrina, 2019. Facial dysplasia in wild forest olive baboons (*Papio anubis*) in Sebitoli, Kibale National Park, Uganda: Use of camera traps to detect health defects. *Journal of Medical Primatology*. 2019. Vol. 48, n° 3, pp. 143-153. DOI [10.1111/jmp.12408](https://doi.org/10.1111/jmp.12408).
- LAHOREAU, Jennifer, 2017. Un cas de dermatose prurigineuse aiguë localisée à la queue chez un loup artique. In : *Recueil de cas cliniques Animaux exotiques et sauvages*. Med'com. pp. 90-93.
- LENA, Alexia, PAUL, Mathilde, DUCHAMP, Christophe, JEAN, Nicolas, HIVERT Lorette, DELPONT Mattias et al., 2020. La mortalité des loups et lynx en France : analyse des causes et adaptation de la surveillance sanitaire. pp. 17.
- 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. pp. 187.
- MARTI, Iris, RYSER-DEGIORGIS, Marie-Pierre, 2018. Morphometric characteristics of free-ranging Eurasian lynx *Lynx lynx* in Switzerland and their suitability for age estimation. *Wildlife Biology* [en ligne]. 8 octobre 2018. Vol. 2018, n° 1. [Consulté le 9 décembre 2021]. DOI [10.2981/wlb.00432](https://doi.org/10.2981/wlb.00432). Disponible à

l'adresse : <https://bioone.org/journals/wildlife-biology/volume-2018/issue-1/wlb.00432/Morphometric-characteristics-of-free-ranging-Eurasian-lynx-Lynx-lynx-in/10.2981/wlb.00432.full>

MILLER, Michele A., BUSS, Peter, SYLVESTER, Tashnica Taime, LYASHCHENKO, Konstantin P., DEKLERK-LORIST, Lin-Mari, BENGIS, et al., 2019. MYCOBACTERIUM BOVIS IN FREE-RANGING LIONS (PANTHERA LEO) — EVALUATION OF SEROLOGICAL AND TUBERCULIN SKIN TESTS FOR DETECTION OF INFECTION AND DISEASE. *Journal of Zoo and Wildlife Medicine*. avril 2019. Vol. 50, n° 1, pp. 7-15. DOI [10.1638/2017-0187](https://doi.org/10.1638/2017-0187).

MORAILLON, Robert, LEGEAY, Yves, 2004. *Dictionnaire Pratique de Thérapeutique Canine et Féline*. 5^{ème} édition. Elsevier Masson.

MUNEZA, Arthur B., ORTIZ-CALO, Waldemar, PACKER, Craig, CUSACK, Jeremy J., JONES, Trevor, PALMER, Meredith S., et al., 2019. QUANTIFYING THE SEVERITY OF GIRAFFE SKIN DISEASE VIA PHOTOGRAMMETRY ANALYSIS OF CAMERA TRAP DATA. *Journal of Wildlife Diseases*. 9 octobre 2019. Vol. 55, n° 4, pp. 770. DOI [10.7589/2018-06-149](https://doi.org/10.7589/2018-06-149).

MASOT, A. Javier, GIL, María, RISCO, David, JIMÉNEZ, Olga M., NÚÑEZ, José I., REDONDO, Eloy, 2017. Pseudorabies virus infection (Aujeszky's disease) in an Iberian lynx (*Lynx pardinus*) in Spain: a case report. *BMC Veterinary Research*. 5 janvier 2017. Vol. 13, n° 1, pp. 6. DOI [10.1186/s12917-016-0938-7](https://doi.org/10.1186/s12917-016-0938-7).

MURRAY, Maureen H., FIDINO, Mason, LEHRER, Elizabeth W., SIMONIS, Juniper L., MAGLE, Seth B., 2021. A multi-state occupancy model to non-invasively monitor visible signs of wildlife health with camera traps that accounts for image quality. *Journal of Animal Ecology*. 2021. Vol. 90, n° 8, pp. 1973-1984. DOI [10.1111/1365-2656.13515](https://doi.org/10.1111/1365-2656.13515).

NÁJERA, F., SÁNCHEZ-CUERDA, S., LÓPEZ, G., DEL REY-WAMBA, T., RUEDA, C., VALLVERDÚ-COLL, N, et al., 2019. Lynx eats cat: disease risk assessment during an Iberian lynx intraguild predation. *European Journal of Wildlife Research*. juin 2019. Vol. 65, n° 3, pp. 39. DOI [10.1007/s10344-019-1275-5](https://doi.org/10.1007/s10344-019-1275-5).

NAPIER, Julia E., LUND, Michael S., ARMSTRONG, Douglas L., MCALOOSE, Denise, 2018. A RETROSPECTIVE STUDY OF MORBIDITY AND MORTALITY IN THE NORTH AMERICAN AMUR LEOPARD (*PANTHERA PARDUS ORIENTALIS*) POPULATION IN ZOOLOGIC INSTITUTIONS FROM 1992 TO 2014. *Journal of Zoo and Wildlife Medicine*. mars 2018. Vol. 49, n° 1, pp. 70-78. DOI [10.1638/2017-0019R2.1](https://doi.org/10.1638/2017-0019R2.1).

OFB, 2020a. Lynx boréal (*Lynx lynx*). *Le portail technique de l'OFB* [en ligne]. 2020. [Consulté le 20 juillet 2022]. Disponible à l'adresse : <https://professionnels.ofb.fr/fr/doc-fiches-especes/lynx-boreal-lynx-lynx>

OFB, 2020b. Réseau Loup-lynx. *Le portail technique de l'OFB* [en ligne]. 2020. [Consulté le 14 février 2023]. Disponible à l'adresse : <https://professionnels.ofb.fr/fr/reseau-loup-lynx>

- OFB, 2022. Lynx flash info - Lettre d'information du réseau Loup-Lynx. [en ligne]. 2022. [Consulté le 21 juin 2022]. Disponible à l'adresse : https://professionnels.ofb.fr/sites/default/files/pdf/documentation/Lynx_Flash-info_2022-02_n11.pdf
- OLEAGA, Álvaro, CASAIS, Rosa, BALSEIRO, Ana, ESPÍ, Alberto, LLANEZA, Luis, HARTASÁNCHEZ, Alfonso et al., 2011. New techniques for an old disease: Sarcoptic mange in the Iberian wolf. *Veterinary Parasitology*. septembre 2011. Vol. 181, n° 2-4, pp. 255-266. DOI [10.1016/j.vetpar.2011.04.036](https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2011.04.036).
- PATERSON, Sue, 2016. The investigation of feline alopecia. *Companion Animal*. 2 janvier 2016. Vol. 21, n° 1, pp. 15-20. DOI [10.12968/coan.2016.21.1.15](https://doi.org/10.12968/coan.2016.21.1.15).
- PÉREZ, Jesús M., GRANADOS, José E., SARASA, Mathieu et SERRANO, Emmanuel, 2011. Usefulness of estimated surface area of damaged skin as a proxy of mite load in the monitoring of sarcoptic mange in free-ranging populations of Iberian wild goat, *Capra pyrenaica*. *Veterinary Parasitology*. mars 2011. Vol. 176, n° 2-3, pp. 258-264. DOI [10.1016/j.vetpar.2010.11.002](https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2010.11.002).
- PION, Paul, SPADAFORI, Gina, 2017. Veterinary Partner. *VIN.com* [en ligne]. 8 août 2017. Disponible à l'adresse : <https://www.vin.com/doc/?id=8156779>
- PISANO, Simone Roberto Rolando, ZIMMERMANN, Fridolin, ROSSI, Luca, CAPT, Simon, AKDESIR, Ezgi, BÜRKI, et al., 2019. Spatiotemporal spread of sarcoptic mange in the red fox (*Vulpes vulpes*) in Switzerland over more than 60 years: lessons learnt from comparative analysis of multiple surveillance tools. *Parasites & Vectors*. décembre 2019. Vol. 12, n° 1, pp. 521. DOI [10.1186/s13071-019-3762-7](https://doi.org/10.1186/s13071-019-3762-7).
- PREECE, Noel D., ABELL, Sandra E., GROGAN, Laura, WAYNE, Adrian, SKERRATT, Lee F., VAN OOSTERZEE, Penny, et al., 2017. A guide for ecologists: Detecting the role of disease in faunal declines and managing population recovery. *Biological Conservation*. Octobre 2017. Vol. 214, pp. 136-146. DOI [10.1016/j.biocon.2017.08.014](https://doi.org/10.1016/j.biocon.2017.08.014).
- PRIETO MENDOÇA, Agnes, FURTADO SILVA, Thaíz, SILVEIRA DE MORAES, Reiner, COUTO DO AMARAL, Vitor Andréia, DE SOUZA RAMOS, Dirceu Guilherme, 2022. Haw's Syndrome Associated with Giardiasis in a Cat. *Acta Scientiae Veterinariae* [en ligne]. 3 mai 2022. Vol. 50. [Consulté le 17 février 2023]. DOI [10.22456/1679-9216.118829](https://doi.org/10.22456/1679-9216.118829). Disponible à l'adresse : <https://www.seer.ufrgs.br/index.php/ActaScientiaeVeterinariae/article/view/118829>
- ROVERO, F, ZIMMERMANN, F, BERSI, D, MEEK, P, 2013. « Which camera trap type and how many do I need? » A review of camera features and study designs for a range of wildlife research applications. 2013. pp. 9.
- RYSER-DEGIORGIS, Marie-Pierre, 2020. Lynx lynx: Anatomic particularities and examples of pathologic conditions. pp. 22.

RYSER-DEGIORGIS, Marie-Pierre, 2009. Causes of mortality and diseases of Eurasian lynx (*Lynx lynx*). In : Iberian Lynx Ex Situ Conservation: An Interdisciplinary Approach. Fundación Biodiversidad. pp. 275-289.

RYSER-DEGIORGIS, Marie-Pierre, MARTI, Iris, PISANO, Simone R. R., PEWSNER, Mirjam, WEHRLE, Martin, BREITENMOSER-WÜRSTEN, Christine, et al., 2021. Management of Suspected Cases of Feline Immunodeficiency Virus Infection in Eurasian Lynx (*Lynx lynx*) During an International Translocation Program. *Frontiers in Veterinary Science*. 25 octobre 2021. Vol. 8, pp. 730874. DOI [10.3389/fvets.2021.730874](https://doi.org/10.3389/fvets.2021.730874).

RYSER-DEGIORGIS, Marie-Pierre, RYSER, Andreas, BACCIARINI, Luca, ANGST, Christof, GOTTSTEIN, Bruno, JANOVSKY, Martin et al., 2002. Notoedric and Sarcoptic Mange in Free-ranging Lynx from Switzerland. *Journal of wildlife diseases*. 1 février 2002. Vol. 38, pp. 228-32. DOI [10.7589/0090-3558-38.1.228](https://doi.org/10.7589/0090-3558-38.1.228).

SCHMIDT-POSTHAUS, Heike, BREITENMOSER-WÜRSTEN, Christine, POSTHAUS, Horst, BACCIARINI, Luca, BREITENMOSER, Urs, 2002. CAUSES OF MORTALITY IN REINTRODUCED EURASIAN LYNX IN SWITZERLAND. *Journal of Wildlife Diseases*. 1 janvier 2002. Vol. 38, n° 1, pp. 84-92. DOI [10.7589/0090-3558-38.1.84](https://doi.org/10.7589/0090-3558-38.1.84).

THALMANN, Sam, WISE, Phil et HUXTABLE, Stewart, 2014. Sentinel camera traps monitor the emergence of infectious disease in Tasmanian devils (*Sarcophilus harrisii*). In : *Camera Trapping: Wildlife Management and Research*. Csiro Publishing. pp. 27-34.

THOREL, Milan, PIGNON, Charly, ARNE, Pascal, DONNELLY, Thomas M., RIVIÈRE, Julie, 2020. CLOUDED LEOPARD (*NEOFELIS NEBULOSA*) MORBIDITY AND MORTALITY IN CAPTIVE-BRED POPULATIONS: A COMPREHENSIVE RETROSPECTIVE STUDY OF MEDICAL DATA FROM 271 INDIVIDUALS IN EUROPEAN, ASIAN, AND AUSTRALIAN ZOOS. *Journal of Zoo and Wildlife Medicine*. mars 2020. Vol. 51, n° 1, pp. 150-158. DOI [10.1638/2019-0048](https://doi.org/10.1638/2019-0048).

ANNEXES

Annexe 1 : Fiche Technique 2 - Liste des troubles observables par PP pour le lynx boréal



FICHE TECHNIQUE 2
LISTE DES TROUBLES OBSERVABLES PAR
PIEGEAGE



PHOTOGRAPHIQUE POUR LE LYNX BOREAL

Auteurs : Louison Blin et Laura Lenglin

Corrections : Delphine Chenesseau, Anouk Decors et Philippe Gourlay

Date d'émission : 04/11/2023

➤ **Trouble comportementaux (Tcomp_)**

- Absence de fuite (ADF_)
- Animal qui tâtonne (AQT_)
- Autre (Autre_)

➤ **Troubles cutanés (Tcut_)**

- Alopécie_Minime (Alopécie_Minime_)¹
- Alopécie sévère (Alopécie_Sévère_)
- Cicatrice (Cicatrice_)
- Enflure (Enflure_)
- Hémorragie (Hémorragie_)
- Grattage (Grattage_)
- Plaie cutanée superficielle (PCS_)
- Plaie profonde (PP_)
- Peau Epaissie (PE_)
- Peau Noirâtre (PN_)
- Pellicules (Pellicules_)

- Queue de rat (QDR_)
- Autre (Autre_)

➤ **Troubles digestifs (Tdig_)**

- *Diarrhée (Diarrhée_)*
- *Salivation (Salivation_)*
- Vomissement (Vomissement_)
- Autre (Autre_)

➤ **Troubles de l'état corporel (Tec_)**

- Abdomen gonflé (AG_)
- Maigreur (Maigreur_)
- Autre (Autre_)

➤ **Troubles génitaux (Tgen_)**

- *Ecoulement vulvaire (EV_)*
- *Testicule absent (TA_)*

➤ **Troubles locomoteurs (Tloc_)**

- Amputation (Amputation_)
- *Articulation gonflée (AG_)*
- Boiterie (Boiterie_)
- Fonte musculaire (FM_)
- *Fracture (Fracture_)*
- *Patte gonflée (PG_)*
- Autre (Autre_)

➤ **Malformations (Malformation_)**

- Malformation

➤ **Troubles neurologiques (Tneuro_)**

- *Convulsion (Convulsion_)*
- *Geste locomoteur exagéré (GLE_)*

- *Marche en cercle large (MCL_)*
- *Port anormal de la tête² (PAT_)*
- *Se gratte furieusement (SGF_)*
- *Titube (Titube_)*
- *Tournis³ (Tournis_)*
- *Autre (Autre_)*

➤ **Troubles oculaires uni ou bilatéral à préciser (Toc_UL_ ou Toc_BL)**

- *Énucléation (Enucléation_)*
- *Hémorragie (Hémorragie_)*
- *Inflammation (Inflammation_)*
- *Larmoiement (Larmoiement_)*
- *Modification de couleur (MC_)*
- *Œil exorbité (OE_)*
- *Œil fermé (OF_)*
- *Paupière collée (PC_)*
- *Paupière gonflée (PG_)*
- *Procidence troisième paupière⁴ (P3P_)*
- *Sécrétion épaisse (SE_)*

➤ **Troubles respiratoires : (Tresp_)**

- *Écoulement nasal (EN_)*
- *Éternuement (Eternuement_)*
- *Respiration difficile (RD_)*
- *Respiration rapide (RR_)*
- *Toux (Toux_)*
- *Autre (Autre_)*

Exemples :

- Un trouble cutané caractérisé par une absence de poils sur une ou plusieurs zones se caractérise ainsi : Tcut_alopécie_(sévère ou minime), une procidence de la 3^{ème} paupière se caractérise ainsi : Toc_(uni ou bilatéral)_P3P.

¹ *Alopécie = absence de poils sur une zone de la peau*

² *Tête penchée, torticolis*

³ *Tourne sur lui-même*

⁴ *Procidence troisième paupière = Membrane rosée visible au niveau–du coin interne de l’œil*



FICHE TECHNIQUE 4
METHODOLOGIE DU SUIVI SANITAIRE DU
LYNX BOREAL PAR PIEGEAGE
PHOTOGRAPHIQUE



Auteurs : Louison Blin et Laura Lenglin

Corrections : Anouk Decors, Delphine Chenesseau et Philippe Gourlay

Date d'émission : 04/11/2023

Ce document a pour but de décrire de manière précise la méthode d'analyse à tenir pour réaliser le suivi sanitaire par piégeage photographique du Lynx boréal en France.

I. Formation initiale

Regarder la présentation *Référentiel pour l'observation du lynx boréal par PP – Etat de bonne santé apparente* afin de se former le regard sur des lynx en bonne santé et connaître les difficultés rencontrées lors du visionnage des images et vidéos pour le suivi sanitaire. Puis regarder le *Référentiel pour l'observation du lynx boréal par PP – Affection observables* afin d'avoir une idée des différents types de troubles rencontrés et des points clés à vérifier lors de l'analyse de chaque image ou vidéo.

II. Protocole d'observation clinique pour le suivi sanitaire du lynx :

Ceci est la liste des éléments à regarder sur chaque image ou vidéo. Bien sûr l'ensemble des points ne sont pas observables sur chaque fichier mais cela permet de ne pas oublier un élément lors du visionnage. Tout d'abord, il est important de prendre en compte le contexte de la capture. La saison est un paramètre important à connaître pour observer l'état corporel et du pelage de l'animal, cette information est accessible directement sur l'image ou la vidéo car la date est apparente. De plus, il faut

prendre en compte le moment de la prise de vue, jour ou nuit ainsi que les conditions météorologiques qui modifient la perception des couleurs et des contrastes.

➤ Observation clinique appliquée au support photographique :

1. Etat Corporel (côtes saillantes, apophyses transverses (= pointes osseuses des vertèbres) saillantes, pointes de la hanche et de la fesse saillantes)
2. Etat général
3. Posture (Port de tête, Port de dos, etc.)
4. Comportement/Troubles neurologiques (langue sortie anormalement, exagération des gestes locomoteurs, prostration, absence de fuite etc.)
5. Tête :
 - a. Mâchoire (fracture, prognathisme (= mâchoire inférieure avancée par rapport à la mâchoire supérieure), aspect des dents)
 - b. Yeux (procidence 3ème paupière, ulcère, exophtalmie/énophtalmie (= globe oculaire sortant/enfoncé), écoulement, œil fermé, œil blanc, œil rouge (inflammation) etc.)
 - c. Truffe (hyperkératose (= augmentation de l'épaisseur cutanée), écoulement nasal, etc.)
 - d. Oreilles (Croûtes, lésions, port et forme de l'oreille, etc.)
6. Appareil digestif : Souillure anale ou défaut de poils sur les jarrets (peut indiquer une diarrhée chronique), prolapsus (= externalisation du rectum), hypersalivation, ballonnement.
7. Appareil cutané (de la tête à la queue) : alopecie, masse, traumatisme, croûtes, œdème sous-cutané, etc.
8. Appareil respiratoire : halètement.
9. Appareil locomoteur : fracture, articulations, aplomb, amyotrophie, perte d'un membre, etc.

➤ Observation clinique appliquée au support vidéo :

1. Etat Corporel (côtes saillantes, apophyses transverses saillantes, pointes de la hanche et de la fesse saillante)
2. Etat général (bon ou suspect (ex : poils hirsute))
3. Posture (Port de tête, Port de dos, etc.)

4. Comportement/Troubles Neurologique (langue sortie anormalement, exagération gestes locomoteurs, tâtonnement, ataxie (= trouble de la coordination), prostration, absence de fuite devant l'homme, tremblements, prurit, marche en cercle/tournis, vocalise, etc.)
5. Tête :
 - a. Mâchoire (fracture, prognathisme, aspect des dents)
 - b. Yeux (procidence 3ème paupière, ulcère, exophtalmie/énophtalmie, écoulement, œil fermé, œil blanc, œil rouge, etc.)
 - c. Truffe (hyperkératose, écoulement nasal, etc.)
 - d. Oreilles (Croûtes, lésions, port et forme de l'oreille, etc.)
6. Appareil digestif : Souillure anale ou défaut de poils sur jarret (peut indiquer une diarrhée chronique), prolapsus, hypersalivation, ballonnement, vomissement.
7. Appareil cutané (de la tête à la queue) : alopecie, masse, traumatisme, croûtes, œdème, etc.
8. Appareil respiratoire : halètement, fréquence respiratoire, éternuements, etc.
9. Appareil locomoteur : fracture, articulations, aplomb, amyotrophie, perte d'un membre, boiterie, troubles locomoteurs, etc.

III. Enregistrement des troubles observés et mise à jour de la base de données

Dans le fichier répertoriant l'ensemble des événements enregistrées dans la base de données, trois colonnes sont ajoutées : une première pour indiquer le type de trouble (ex : « Tcut »), une deuxième précisant la nature du trouble (ex : Tcut_Alopecie_Sévère ») et une dernière pour préciser le noms du ou des fichiers où le trouble est visible pour l'observateur dans la série de photos/vidéos de l'événement concerné. Enfin la colonne commentaire déjà présente pourrait être utilisée pour tout commentaire semblant nécessaire à la description du trouble.

IV. Vérification et exploitation

Les événements relevés pourront ensuite faire l'objet d'une nouvelle analyse comme celle réalisée sur les données relevées de 1997 à 2020.

Annexe 3 : Comparaison de lésions cutanées observées par PP avec une base de données histopathologique de lynx boréaux sauvages français



COMPARAISON DE LÉSIONS CUTANÉES OBSERVÉES PAR PIÉGEAGE PHOTOGRAPHIQUE AVEC UNE BASE D'HISTOPATHOLOGIE DE LYNX BORÉALS SAUVAGES FRANÇAIS

Laura Lenglin - 2023



Je remercie tout particulièrement le Dr Karin Lemberger qui m'a permis de visionner et d'exploiter les lames et les comptes rendus d'histopathologies des lynx de la base de données de Vetdiagnostics

1

OBJECTIFS

- Caractériser de la manière la plus précise possible les lésions observées sur les lynx sauvages dans leur milieu
- Etablir un diagnostique différentiel des lésions cutanées observées
- Proposer des hypothèses étiologiques

Exemple de photographies par piégeage photographique présentant des lésions



EXEMPLE 1

- Zones d'alopecie macroscopique en plages sur l'ensemble du flanc gauche
- Peu de poils sur la queue

3



EXEMPLE 2

- Alopecie macroscopique sur l'ensemble du corps en plages et particulièrement sur la queue
- Poil terne et piqué
- Cachexie



4



EXEMPLE 3

- Alopécie sur les parties déclives (abdomen, face médiale des membres, sous la queue)

5

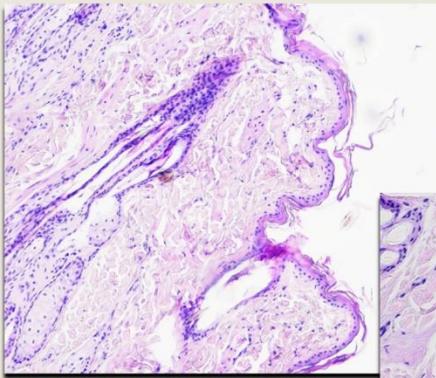
Hypothèses diagnostiques

(inspiré du diagnostic chez le chat domestique (*Felis catus*); Moraillon & Legeay, 2004 ; Coyer, 2019)

- **Alopécie extensive féline** : caractérisée par un léchage extensif avec rupture des poils à la base, pouvant être dû à une cause :
 - **Parasitaire** (*Pulicose*, *Gale sarcoptique*, *notoédrique*, à *Otodectes cynotis* ou *Cheyletiellose*, *Démodécie*, *Trombiculose*, *Phtiriose*)
 - **Fongique** (*Malassezia sp.*, *Microsporum canis*, *Trichophyton sp.*)
 - **Allergique** (*Dermatite allergique aux piqûres de puces (DAPP)*, *allergie alimentaire*, *atopie*)
 - **Psychogène** (*problème comportemental souvent lié à un stress environnemental*)
- **Pyodermite**
- **Dermatite prurigineuse provoquée par des soies de chenilles processionnaire** (Lahoreau, 2017)
- **Alopécie paranéoplasique**

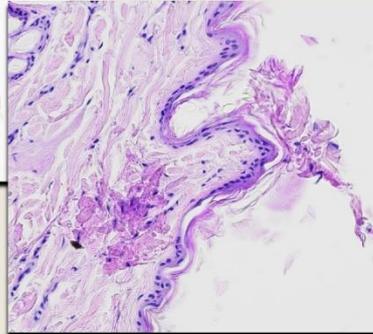
6

Lynx V18-6825 – SAGIR 41468 Rapport



+ Vacuolisation corticosurrénalienne diffuse modérée (probablement dû à un stress)

- **Derme superficiel légèrement infiltré par une population inflammatoire** composée majoritairement de mastocytes, lymphocytes, plasmocytes, quelques macrophages, préférentiellement en position périvasculaire et périannexielle.
- **Congestion diffuse marquée des capillaires** du derme superficiel et **œdème modéré** séparant les fibres de collagène



- **Epiderme présentant une hyperkératose orthokératosique diffuse modérée** et quelques images d'**excoriations**. Les follicules pileux sont présents à tous les stades du cycle de développement.
- **Absence de parasites ou de champignons**

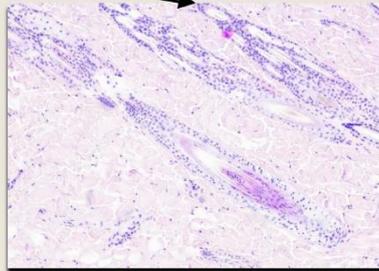
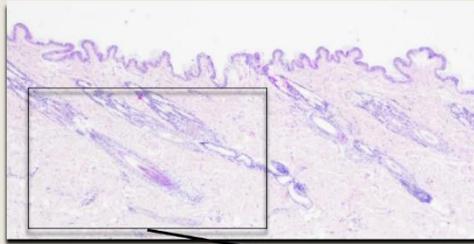
7

Lynx V18-6825 SAGIR 41468 – Bilan

- **Conclusion** : Dermatite périvasculaire et périannexielle minime non spécifique avec rares excoriations
 - *lésions très légères et non spécifiques avec absence d'atteinte des follicules pileux*
 - l'alopecie notée macroscopiquement est d'origine mécanique/traumatique
- **Etiologie possible** : Alopecie extensive féline, caractérisée par un léchage extensif avec perte de poils, généralement due à une dermatite à piqûres de puces

8

V21-5820 Sagir : 138463 - Rapport



- **Derme superficiel peu à légèrement infiltré** par une population inflammatoire mixte.
- **Congestion diffuse marquée des capillaires du derme superficiel et œdème modéré** séparant les fibres de collagène.
- **Les follicules pileux sont présents à tous les stades du cycle de développement.**
- **Absence de parasites ou de champignons** sur les colorations classiques et spéciales.

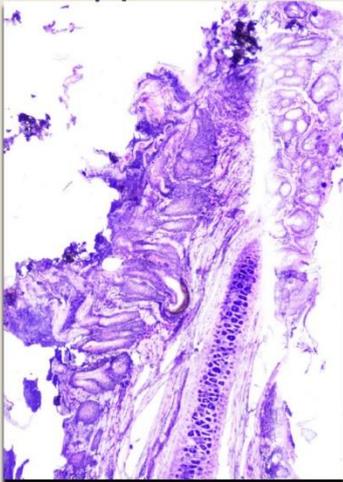
+ *Congestion multicentrique marquée, œdème, hémorragies et emphysème pulmonaires multifocaux modérés à marqués, hyperplasie lymphoïde marquée avec épaissement folliculaire et histiocytose sinusale (lié à l'origine traumatique de la mort)*

Lynx V21-5820 Sagir : 138463 – Bilan

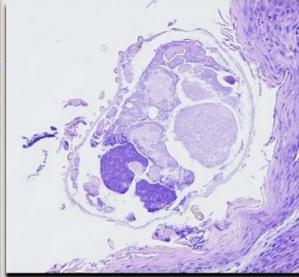
- **Conclusion** : Dermatite périvasculaire et périannexielle minime non spécifique
→ *lésions très légères et non spécifiques avec absence d'atteinte des follicules pileux*
→ l'alopecie notée macroscopiquement est d'origine mécanique/traumatique
- **Etiologie possible** : Alopecie extensive féline, caractérisée par un léchage extensif avec perte de poils, généralement due à une dermatite à piqûres de puces.

Lynx V18-6826 Sagir 141472

Rapport



PEAU OREILLE ET FLANC



+ *Lipidose hépatique modérée (conséquence de la cachexie?), hépatite suppurée aléatoire minime à modérée (septicémie terminale ?)*

- **Epaississement épidermique sévère diffus avec spongiose et hyperkératose orthokératosique marquée multifocales.** Présence dans les couches de kératine de nombreux **organismes métazoaires** mesurant approximativement 500 µm de diamètre et jusqu'à 800 µm de long, avec un exosquelette chitineux hérissé d'épines triangulaires dorsales, des organes appendiculaires articulés, des fibres musculaires striées, un tractus digestif et un tractus reproducteur (**arthropodes**).
- Le **derme superficiel est diffusément légèrement infiltré par des cellules inflammatoires** similaires mélangées à un nombre moindre de lymphocytes, plasmocytes et macrophages en position périvasculaire préférentielle. Les fibres de collagènes sont modérément séparées par de l'**œdème** et les vaisseaux dermiques sont modérément congestionnés.

11

Lynx V18-6826 Sagir 141472 – Bilan

- **Conclusion** : Dermatite hyperplasique et hyperkératosique sévère avec arthropodes intra lésionnels
- **Etiologie possible** : Dermatite chronique avec arthropodes intra lésionnels, en faveur d'une gale sarcoptique (ou notoédrique) à l'origine des lésions

12

Retour sur les hypothèses diagnostiques

Etiologies possibles	Arguments en faveur	Arguments en défaveur
Dermatose psychogène	- Apparition/disparition souvent cyclique des lésions - Présence des follicules pileux sur les individus prélevés	- Apparition sur le chat domestique dans un environnement stressant (possible chez le lynx sauvage ?)
Pulicose et/ou DAPP, Phtiriose, Trombiculose, Démodécie	- Pression parasitaire importante surtout chez les jeunes individus - Contact avec d'autres mammifères (prédation, proie partagées → renards)	- Trombiculose peu probable au vu des lésions et de l'absence de visualisation des parasites - Pas de demodex visualisés à l'histologie
Gales (sarcoptique, notoédrique, Cheyletiellose, à Otodectes Cynotis)	- Contact avec d'autres mammifères (prédation, proie partagées → renards) - Observation de parasites Arthropodes compatibles avec de la gale chez au moins un individu à l'histologie - Cachexie pouvant être associée	
Dermatite fongique	- Teigne peut être présente dans l'environnement - Contact avec d'autres mammifères (prédation, proie partagées → renards)	- Lésions peu caractéristique (pas spécifiquement circulaire) - Pas de mycètes rencontrés sur les lames observés
Pyodermite	- Présence de bactéries pyogènes dans l'environnement	- Pas de bactéries rencontrées sur les échantillons prélevés - Pas d'aspect purulent sur les images
Dermatite prurigineuse (soies de chenilles processionnaire)	- Apparition/disparition souvent cyclique des lésions - Présence dans le milieu de vie de la chenille processionnaire du chêne	- Possible observation des lésions en hiver - Répartition géographique large des lésions
Alopécie paranéoplasique		- Pas de néoplasie retrouvé à l'autopsie - Pas un cas isolé sur individu âgé touche toutes les catégories d'âges

13

Conclusion

- En l'état actuel des investigations ces atteintes tégumentaires caractérisées macroscopiquement par une alopecie dans la population de lynx français sauvage semblent liées à plusieurs causes :
 - *La présence de gale suspectée par les images montrant des lynx présentant une alopecie sur l'ensemble du corps associées à une cachexie semble confirmée par la détection histologique d'ectoparasites compatibles avec de la gale.*
 - *Sur tous les individus prélevés les follicules pileux sont présents à tous les stades du cycle, de plus nous observons dans de nombreux cas, une apparition/disparition cyclique voire saisonnière des lésions, ce qui nous laisse penser que la cause la plus probable en parallèle de la gale est lié à la présence d'un autre ectoparasite omniprésent dans l'environnement : les puces (pulicose et DAPP), sans pour autant que la présence d'autres ectoparasites soit exclu.*
- Cependant nous ne pouvons pas conclure définitivement car nous avons peu d'échantillons analysés dans la population, de plus l'étude n'est pas réalisée à l'échelle de l'individu (les lynx photographiés ne sont pas forcément ceux qui ont été prélevés). Ce document comparatif n'est qu'une ébauche permettant de mettre en relation différents outils de détection d'affection cutanées dans une population de lynx sauvages, afin d'améliorer le suivi sanitaire de l'espèce.

14

Laura LENGLIN

Élaboration d'une méthode d'évaluation sanitaire par piégeage photographique du Lynx boréal *Lynx lynx* et description spatio-temporelle des affections détectées en France entre 1997 et 2020

Development of a camera trap-based health assessment method for the boreal lynx *Lynx lynx* and spatio-temporal description of detected diseases in France from 1997 to 2020

Thèse d'État de Doctorat Vétérinaire : Nantes, le 15 mars 2024

RESUME

Cinquante ans après la réintroduction dans les Vosges et dans le Massif Jurassien Suisse du Lynx boréal *Lynx lynx*, ses effectifs restent faibles et l'espèce demeure en danger d'extinction en France. La principale menace pesant sur le Lynx boréal sont les collisions routières mais l'importance des maladies est peu connue. Ce travail présente, tout d'abord, l'élaboration d'un protocole d'observation clinique de données collectées par piégeage photographique et destiné aux biologistes en charge du suivi populationnel de l'espèce. Cette méthode a, ensuite, été appliquée aux 3574 événements, soit 270 individus identifiés, présents dans la base de photo identification du Lynx boréal du Réseau Loup Lynx de l'Office Français de la Biodiversité entre 1997 et 2020. Les lynx étudiés présentent au moins un trouble pour 17 % d'entre eux. Les troubles majoritairement observés sont cutanés. Les autres sont des troubles de l'état corporel, des troubles oculaires ou locomoteurs, des malformations et rarement des troubles respiratoires, de comportements ou digestifs. Ces derniers troubles se concentrent à la fin de la période d'étude qui correspond aussi à la période avec le plus de pièges photographiques et donc de données. Spatialement, les troubles sont principalement localisés dans les départements du Doubs, du Jura et de l'Ain avec deux zones spécialement denses en troubles cutanés au sud de l'Ain et à l'Est du Jura. Cette méthode et ces résultats ont, enfin, été comparés au suivi post mortem effectué par le Réseau SAGIR. Cela a montré la complémentarité des deux méthodes et permis d'avancer des hypothèses étiologiques pour certains des troubles observés par piégeage photographique.

MOTS CLES :

- Photographie
- Piégeage
- Lynx boréal
- Surveillance sanitaire
- Epidémiologie
- Faune sauvage
- Conservation des espèces

DATE DE SOUTENANCE : 15 mars 2024