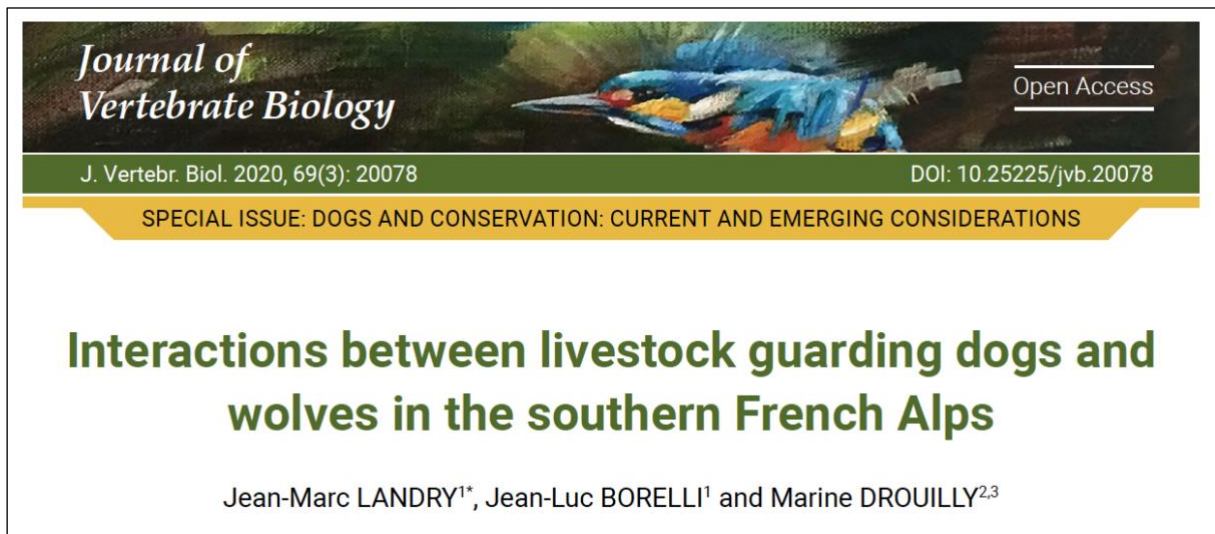


## Interactions entre chiens de protection et loups dans le sud des Alpes Françaises



<sup>1</sup> Institut pour la Promotion et la Recherche sur les Animaux de protection, La Frasse, Haute-Savoie, France; e-mail: [canis.ovis@gmail.com](mailto:canis.ovis@gmail.com)

<sup>2</sup> Institute for Communities and Wildlife in Africa, University North Avenue, University of Cape Town, Cape Town, South Africa; e-mail: [marinedrouilly@gmail.com](mailto:marinedrouilly@gmail.com)

<sup>3</sup> Panthera, New York, NY, USA

Received 26 July 2020; Accepted 20 September 2020; Published online 2020

### Résumé

Trente ans après le retour du loup gris (*Canis lupus*) dans les Alpes Françaises, les pertes de cheptel sont à la hausse malgré l'utilisation répandue des chiens de protection (LGD). Leur pertinence est donc interrogée par certaines associations de propriétaires de moutons. À ce jour, aucune étude n'a examiné comment les LGD interagissent avec les loups dans les pâturages. Nous présentons les résultats d'une étude de 6 ans, totalisant 3300 heures d'observations directes de nuit pour enregistrer la nature, la fréquence et les résultats des interactions LGD-loup dans le sud des Alpes Françaises. Nous avons enregistré 476 observations de loups en présence de LGD, dont 175 interactions (66%) étaient agonistiques. La plupart (65%) des interactions se sont produites à une distance > 100 m du troupeau et impliquaient en moyenne plus les LGD que les loups. En présence de LGD, les loups se sont approchés des troupeaux 134 fois, ce qui n'a entraîné aucune attaque (65%), des attaques sans victime de mouton (24,6%), ou attaques avec  $\geq 1$  victime de mouton (10,4%). Nos résultats suggèrent que les interactions LGD-loup sont complexes et ne se produisent pas simplement à proximité immédiate du troupeau. Nous recommandons d'utiliser des groupes > 6 LGD et en renforçant la présence de LGD dans un rayon plus large autour du troupeau pour limiter la présence de groupes isolés de moutons et améliorer la protection contre les attaques de loups.

**Mots clés :** comportement agonistique, *Canis lupus*, petit élevage extensif, déprédation du bétail, élevage de chiens de protection, imagerie thermique

## INTRODUCTION

De nombreuses espèces de grands carnivores sont menacées dans le monde (Ripple et al. 2014), mais certaines populations se rétablissent, retournant progressivement dans les régions d'où elles avaient disparu autrefois (Breitenmoser 1998, Karamanlidis et al. 2015). Au début des années 1990 en Europe occidentale, l'amélioration de la qualité des habitats, y compris les proies disponibles et / ou la modification de la législation, de la politique et des attitudes du public, ont abouti à ce que les grands carnivores commencent à recoloniser certains habitats historiquement occupés (Chapron et al. 2014). Un de ces grands carnivores, le loup gris (*Canis lupus* ; loup), élargit son aire de répartition et augmente ses effectifs en Europe occidentale, initialement des Apennins vers les Alpes Françaises, Suisses et Autrichiennes (Fabbri et al. 2014). Les loups d'Europe de l'Est se sont également installés en Allemagne et recolonisent l'ouest de la Pologne et se déplacent vers l'ouest jusqu'au Danemark, la Belgique et les Pays-Bas, formant désormais la population des plaines d'Europe centrale (Szewczyk et coll. 2019). L'absence de grandes zones de nature sauvage d'Europe, avec la grande adaptabilité des loups et leur capacité à se disperser sur de longues distances (Ražen et al. 2016) les ont amenés à rétablir leurs populations dans des paysages fortement modifiés par l'homme, tels que les systèmes agropastoraux, et de persister dans ces zones rurales (Llaneza et al. 2012, Milanese et al. 2017). Partager un espace avec de grands carnivores sur un continent dominé par les humains comme l'Europe, entraîne des conflits avec les activités humaines, dont la déprédation du bétail est la plus répandue et économiquement significative (Bautista et al. 2019). Les loups se nourrissent principalement de grandes et moyennes proies sauvages (Janeiro-Otero et al. 2020) mais peuvent aussi attaquer et se nourrir de bétail domestique (Newsome et al. 2016).

La déprédation du bétail entraîne souvent des attitudes négatives de la part des agriculteurs (Kaltenborn et al. 1999, Dressel et coll. 2015) et une montée des conflits sociaux sur la gestion des loups entre les parties prenantes, avec des points de vue et des intérêts très divergents (Bisi et al. 2010, Jacobsen & Linnell 2016). Ensemble, cela peut nuire aux chances de succès de la conservation des grands carnivores, y compris des loups (Treves et Bruskotter 2014).

Les loups sont naturellement revenus en France depuis le centre de l'Italie après leur disparition dans les années 1930, suite aux conséquences de la déforestation, de la réduction des populations d'ongulés et de la persécution humaine (Lequette et Houard 1995). Entre 2017 et 2019, environ 12 167 têtes de bétail ont été indemnisées en moyenne chaque année à travers le pays, en raison de déprédation possible par les loups (DDT (M) -DREAL Auvergne-Rhône-Alpes 2020a). Soixante-deux pour cent de ces compensations ont été versées en Région Provence-Alpes-Côte d'Azur (PACA) (DDT (M) - DREAL Auvergne-Rhône-Alpes 2020a), qui couvre 49% de l'aire de répartition du loup. Les loups bénéficient d'une protection juridique complète en France depuis 1993, mais le ministère de l'Environnement peut autoriser l'abattage d'individus à tout moment. Aussi, en 2019, 94 loups ont été légalement abattus en France sur un maximum de 100 autorisés (DDT (M) -DREAL Auvergne-Rhône-Alpes 2019). L'autorisation a été renouvelée pour 2020 pour 90 autres loups, d'une population d'environ 580 (OFB 2020). En PACA, environ 1500 éleveurs ovins sont présents avec un total d'environ 786 000 moutons (Chambres d'agriculture Provence-Alpes-Côte-d'Azur, 2018). Pendant la transhumance d'été, environ 550 000 moutons quittent les plaines du sud de la France vers les Alpes du sud et environ 140 000 vers les Alpes du Nord, où ils passent quatre à cinq mois sur les alpages (Maison Régionale de l'Élevage - Sud PACA 2019). Sur le plateau de Canjuers (Fig.1), le pâturage dure huit à neuf mois, du printemps à l'automne. Pendant

ce temps, les moutons sont les plus exposés au risque de déprédation par les loups, mais certains troupeaux restent en dehors toute l'année et peuvent subir des attaques tout au long de l'année. Suite à la disparition des loups dans les Alpes du Sud vers 1900, les mesures de protection du bétail (c.-à-d. l'élevage de bétail permanent, l'utilisation de chiens de protection et les enclos de nuit) ont été abandonnés dans la région. Cela a eu pour conséquence d'augmenter la vulnérabilité des troupeaux aux attaques de loups, lors de la phase de recolonisation (Gervasi et al. 2020), qui a peut-être été aggravé par un comportement anti-prédateur amoindri des élevages (Flörcke & Grandin 2013). Le retour du loup dans les Alpes Françaises a ainsi forcé les éleveurs et les bergers à reprendre la protection de leurs troupeaux contre les attaques des grands carnivores.

Des chiens de protection (LGD) ont été utilisés à travers le monde pour protéger le bétail de diverses espèces de prédateurs, des félinés (par exemple guépard *Acinonyx jubatus*) et des canidés (par exemple le coyote *Canis latrans*) aux ursidés (par exemple, l'ours brun *Ursus arctos*) et même les primates (par exemple les babouins *Papio spp.* ; Gehring et al. 2010). En Europe, ils sont utilisés depuis plus de 2000 ans pour empêcher la déprédation du bétail par les loups (Coppinger et Coppinger 1993). Les LGD sont parmi les derniers chiens domestiques à rester en contact avec leurs homologues ancestraux (loups) et tous deux interagissent constamment sur les pâturages, soit indirectement (contacts olfactif, visuel et auditif) ou directement (rencontres physiques). À ce jour, la plupart des études se concentrant sur les interactions entre les LGD et les prédateurs sauvages se sont appuyées sur des informations telles que la mémoire des agriculteurs, des rapports et anecdotes (Green et al. 1984, Marker et al. 2005a, b, Potgieter et al. 2013, 2016, Leijenaar et al. 2015, Whitehouse-Tedd et coll. 2020) ou, récemment, sur l'analyse du régime alimentaire des LGD (Drouilly et al. 2020, cet article).

Bien que les preuves **anecdotiques** aient de la valeur, parce qu'elles rendent compte d'un comportement rarement directement observé sur les pâturages, elles sont trop rares et dispersées pour permettre de comprendre la manière dont les LGD interagissent avec les prédateurs sauvages, y compris les loups. Dans le sud des Alpes Françaises, la déprédation du loup dans les pâturages intensifs des moutons reste un défi pour les éleveurs et les bergers, et les pertes ont augmenté malgré l'utilisation de LGD. Notre objectif était donc de déterminer la nature, la fréquence et les résultats des interactions LGD-loup pour faire avancer notre compréhension sur le fonctionnement des LGD et du comportement des loups dans le contexte du pastoralisme alpin. Notre nouveau protocole de surveillance nocturne d'utilisation de la technologie d'imagerie thermique nous a permis d'observer directement les événements qui se produisent la nuit dans certains pâturages l'été et pour explorer le comportement de réponses des LGD à la présence des loups (voir [www.ipra-landry.com / fr / ressources-références / videos-canovis /](http://www.ipra-landry.com/fr/ressources-références/videos-canovis/) pour quelques exemples de vidéos). Nous avons émis l'hypothèse que la taille du groupe de LGD et la distance du troupeau à laquelle les interactions LGD-loup se sont produites, constituent des **variables importantes à considérer pour mieux protéger les troupeaux confrontés à des attaques potentielles de loups**. Sur la base d'une revue de la littérature internationale, nous avons prédit qu'un nombre plus élevé de LGD offrent une meilleure protection du troupeau (Green et al. 1994, van Bommel et Johnson 2012, Allen et al. 2017), et nos objectifs spécifiques étaient de déterminer l'effectif minimum de LGD dans notre système et le mécanisme sous-jacent à travers duquel la meilleure protection pourrait être obtenue. Nous avons aussi prédit une meilleure protection du troupeau si les LGD sont restés dans son voisinage immédiat, comme souligné dans la littérature théorique (Coppinger et al. 1983, Lorenz et Coppinger 1986). Bien que nos résultats soient préliminaires, ils offrent de nouvelles perspectives sur les relations entre les LGD, les troupeaux et les loups. Nous

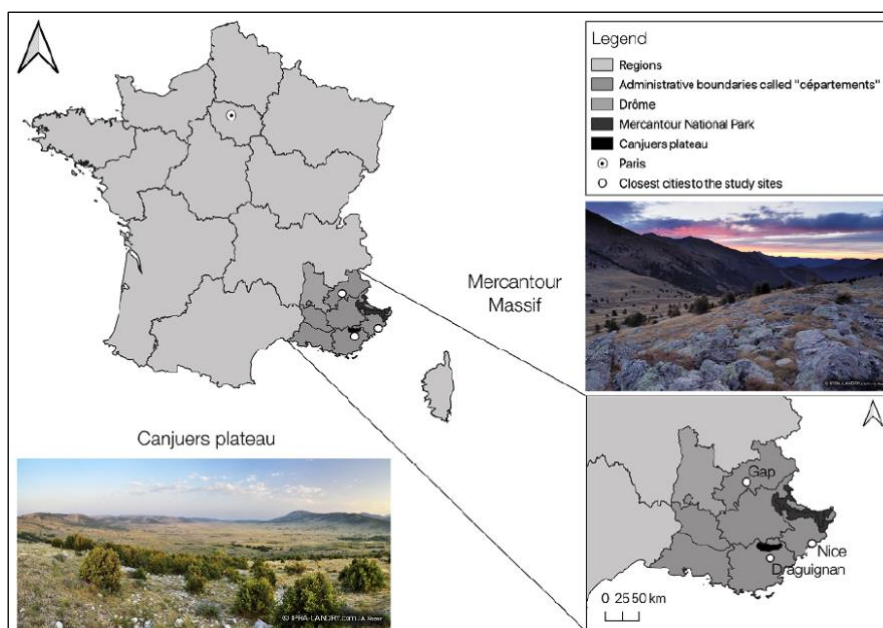
concluons en faisant quelques recommandations de gestion pour améliorer la protection des troupeaux ovins avec les LGD, afin de promouvoir un paysage partagé avec des carnivores sauvages.

## MATERIEL ET METHODES

### Zone d'étude

Notre étude a été principalement conduite sur deux sites situés en région Provence-Alpes-Côte d'Azur dans le sud-est de la France (Fig. 1). Dans le département du Var, sur le plateau de Canjuers (site 1) qui couvre 35 000 ha de vastes pâturages, à environ 50 km au nord de la ville de Draguignan (Fig.1, Tableau 1). La topographie est un mélange de plateaux, de petites vallées et collines avec une élévation allant de 586 à 1 577 m d'altitude, entouré de chaînes de montagnes (Fig. 1). Le climat méditerranéen chaud et sec soutient une végétation sous forme d'arbustes méditerranéens (garrigue, 18%) avec quelques chênes duveteux (*Quercus pubescens*), pins sylvestre (*Pinus sylvestris*) et des forêts de pins d'Alep (*Pinus halepensis*) couvrant les montagnes environnantes (65%, Observatoire de la forêt méditerranéenne 2003). Les températures de l'air peuvent être extrême (–20°C en janvier et 30°C en juillet) avec des précipitations annuelles comprises entre 900 et 1300 mm (Charrier et al. 2019). Dans le département du Var, la déprédation des loups sur les moutons a augmenté au cours des neuf dernières années avec 1117 pertes de moutons constatées et indemnisées par le gouvernement Français en 2019 (DDT (M) -DREAL Auvergne-Rhône-Alpes 2020b). Ces dernières années, 6,6% du cheptel pastoral du plateau de Canjuers a été perdu par les déprédations de loups, représentant environ 60% des pertes dans le département du Var et constitue l'une des zones les plus élevée d'Europe (Blanchon et al. 2018). Pour cette raison, le plateau de Canjuers a été appelé « la fabrique de loups du Var » par les petits éleveurs (Blanchon et al. 2018). Canjuers accueille le plus grand camp militaire d'Europe, partage le paysage avec six regroupements pastoraux ; un système collectif agricole qui concerne le pâturage communal de plusieurs troupeaux, pour un total de 61 unités de pâturage (Blanchon et al. 2018). Un total de 200 bovins et environ 14 000 brebis et chèvres appartenant à environ 30 petits fermiers, broutaient abondamment sur les 17 000 ha du camp militaire (environ 49% du Plateau de Canjuers), protégé par 137 LGD en 2017 (Blanchon et coll. 2018). Certains agriculteurs additionnent leur bétail, formant des troupeaux de 1 500 à 2 000 animaux. Pendant notre étude, on pensait que deux à trois meutes de loups utilisaient la zone, ce qui représente un total d'environ 10 à 15 individus adultes.

Le Massif du Mercantour (site 2) est situé à environ 70 km au nord de la ville de Nice (Fig.1, Tableau 1). Il comprend le Parc National du Mercantour qui couvre 214 670 ha, dont 46% sont utilisés en pâturage extensif sous forme de 177 unités pastorales (c'est-à-dire des pâturages alpins où un troupeau de moutons pâture pendant la saison estivale ; Parcs Nationaux de France 2012). La topographie est complexe, avec des vallées étroites et des canyons escarpés. Les altitudes varient de 500 à 3000 mètres. La végétation se compose principalement de mélèzes (*Larix decidua*), de chênes verts (*Quercus ilex*), d'oliviers méditerranéens (*Olea europaea*), de rhododendrons (*Rhododendron ferrugineum*) et de prairies alpines parfois entrecoupées de sapins et de forêts d'épinettes (Fig. 1). Le climat est affecté par le bord de la mer Méditerranée, donc les précipitations sont abondantes (généralement supérieur à 1000 mm / an) et peuvent être torrentielles avec des tempêtes ([www.maritimemercantour.ue](http://www.maritimemercantour.ue)). En été, entre 120 000 et 140 000 moutons paissent dans les pâturages du parc, et entre 60 000 et 70 000 moutons paissent dans le parc toute l'année (B. Lequette, comm. pers., A Kaczensky 1996).



**Fig. 1.** Carte de la France avec la région Provence-Alpes-Côte d'Azur (PACA) et le département de la Drôme mis en évidence dans les tons les plus sombres de gris. Les polygones du parc national du Mercantour et du plateau de Canjuers sont respectivement en gris foncé et en noir. Les villes les plus proches des sites d'étude sont représentés par des points blancs. Les photos illustrent les paysages typiques des unités pastorales du plateau de Canjuers et du Massif du Mercantour.

De plus, en 2018, nous avons surveillé un autre site dans le département de la Drôme, en Région Auvergne-Rhône-Alpes (site 3 ; Fig.1, Tableau S1). Ce site est à la jonction entre le nord et le sud des Alpes Françaises, à la limite sud du Parc Naturel Régional du Vercors. La végétation se compose de prairies et de landes à Éricacées avec quelques parcelles de forêt de pins et de mélèzes. Les altitudes vont de 1300 à 1900 m. En 2018, ce site était au cœur du domaine vital d'une meute de loups reproductrice (Borelli & Landry 2018).

Ces trois sites ont été choisis pour deux raisons : **1)** ils ont été les premiers à être recolonisés par les loups dans les années 1990, et **2)** ensemble, ils représentent environ 33% des pertes nationales de bétail liées à la déprédation du loup, malgré le niveau élevé de protection du bétail et les efforts des agriculteurs pour adapter leurs pratiques à la présence de ce prédateur. Les trois sites sont également représentatifs des paysages pastoraux les plus touchés par les déprédations des loups en France et plus généralement dans les Alpes du sud. **Nous avons surveillé un total de 12 unités pastorales (quatre sur le plateau de Canjuers, sept dans et autour du Parc National du Mercantour et un dans le Haut Buëch** dans la Drôme), chacun largement pâturés par un ou plusieurs troupeaux de moutons. Cinq unités (trois sur le plateau de Canjuers et deux dans et autour du Parc National du Mercantour) ont fait l'objet d'un suivi intensif pendant cinq (2014-2018) et six (2013-2018) ans, respectivement (Tableau 1). Les six autres unités ont fait l'objet d'un suivi moins intensif entre 2013 et 2015 et le site du Haut Buëch (Drôme) n'a fait l'objet d'un suivi qu'en 2018 (Tableau S1). Chaque session sur le terrain a duré entre deux et dix jours consécutifs, en fonction des conditions de l'environnement, de la disponibilité des agriculteurs, de la logistique et de la présence de loup.

### Surveillance nocturne des interactions LGD-loup

La technologie d'imagerie thermique est le processus de conversion du rayonnement infrarouge (IR) (chaleur) émis par un objet à des images visibles qui représentent la distribution spatiale des différences de température dans une scène, vue par une caméra thermique (Speakman & Ward 1998). Développé par les militaires, elle n'a pas besoin de lumière pour être efficace et permet la

détection d'animaux à des distances > 500 m (Focardi et al. 2001). Elles sont de plus en plus utilisées dans les études de surveillance de la faune car elles peuvent réduire ou supprimer la perturbation et la fuite de la faune, améliorer la surveillance et la collecte de données sur les espèces cryptiques, les espèces homéothermes nocturnes dans leurs habitats naturels (Allison et Destefano 2006, Havens et Sharp 2016). À notre connaissance, c'est la première fois que cette technologie est utilisée pour élucider les interactions entre les loups et les LGD en milieu naturel. Deux paires de jumelles longue portée infrarouges refroidies MATIS haut de gamme (-200°C) (© SAFRAN Electronics & Défense, précédemment SAGEM Défense Sécurité), chacune couplée à un mini enregistreur vidéo numérique externe, ont été utilisées pour filmer les interactions nocturnes entre LGD et loup dans les pâturages en été. **Nous avons classé les types de réponse affichées par les LGD lors des interactions LGD-loup en quatre catégories : agoniste, recherche de loups sur le pâturage, non belligérant, et aboiement** (Tableau 2). Chaque catégorie contenait des types de comportement spécifiques que les LGD pouvaient afficher seuls (par exemple, des aboiements) ou dans le cadre d'une séquence comportementale (association d'au moins deux types de comportement affichés par les LGD lorsque des loups sont présents sur le pâturage, par ex. aboyer et recherche). Une séquence comportementale a commencé lorsque le ou les LGD ont répondu à la présence du loup dans l'unité pastorale, et a terminé soit lorsque l'interaction LGD-loup a quitté notre champ d'observation, ou lorsque le ou les LGD sont retournés au troupeau après que le loup / les loups aient quitté la zone sous la Protection des LGD.

Du crépuscule à l'aube, deux à trois observateurs postés entre 300 et 700 m du troupeau a pris des quarts de travail pour scanner les moutons et leur environnement (jusqu'à 5 km) avec une paire de jumelles infrarouges. En fonction de la complexité du paysage, chaque scan durait entre deux et dix minutes avec une pause de trois minutes entre chaque scan. A chaque observation de loup dans le système pastoral (c.-à-d. loup event), nous avons regardé et filmé la scène et avons noté **1) si les LGD étaient visibles et étaient avec le troupeau, 2) ce que faisaient les loups, y compris s'ils ont montré un intérêt pour le système pastoral** (c.-à-d. troupeau, LGD ou infrastructure), **3) comment les LGD et les loups ont réagi à la présence des uns aux autres** (c.-à-d. le type de réponse et de comportement, Tableau 2), **4) combien de LGD et de loups étaient impliqués dans chaque interaction, 5) la distance** du troupeau de chaque l'interaction LGD-loup, et **6) le résultat de chaque interaction LGD-loup**. Après le terrain, les observateurs ont extrait les informations pertinentes des notes et vidéos de terrain. Une distance approximative de chaque interaction LGD-loup du troupeau a été estimée en utilisant Google Earth (Gorelick et al. 2017) ou calculé après collecte des coordonnées GPS de chaque interaction sur le terrain avec un ordinateur GPS de poche. Le matin, si possible, les agents de terrain ont donné les commentaires à l'éleveur ou au berger sur les événements de la nuit.

**Tableau 2.** Description des quatre catégories de réponse et des douze types de comportement associés différents affichés par les chiens de protection (LGD) lors d'interactions avec des loups sur des unités pastorales dans les Alpes du Sud, France (2013-2018).

| Catégorie de réponse LGD | Comportement LGD | Description du comportement   |
|--------------------------|------------------|---|
| Agonistique              | Interposition    | Le LGD et le loup s'affrontent                                      |
|                          | Chasser          | Le LGD court vers le loup et s'arrête une fois que le loup s'enfuit |
|                          | Poursuite        | Le LGD court après un loup qui s'enfuit                             |
|                          | Combat           | Le LGD se bat physiquement contre le loup                           |
| Recherche du loup        | Nomadisme        | Le LGD marche ou trotte autour de l'unité pastorale                 |

|                 |   |   |
|-----------------|---|---|
|                 | Déplacements vers la source de perturbation | Le LGD se déplace vers le lieu de perturbation en train de se produire / vient de se produire       |
|                 | Suivi                                       | Le LGD suit une piste de loup reniflant l'air ou le sol   |
| Non belligérant | Tolérance                                   | Le LGD ne réagit pas directement à la présence de loups à proximité (ils gardent un contact visuel) |
|                 | Enquête sociale                             | Le LGD permet au loup de renifler différentes parties de son corps                                  |
|                 | Invitation à jouer                          | Le LGD et / ou le loup s'invitent à jouer (jouer invitation à l'arc ou à la poursuite)              |
|                 | Escorte à distance                          | Le LGD marche parallèlement au loup (80 à 150 mètres à part)  |
| Vocalisation    | Aboiement                                   | Le LGD aboie sans autre comportement perceptible  |

## Analyse des données

Nous avons calculé la **fréquence d'occurrence relative** de chaque type de comportement affiché par les LGD en présence de loups (Tableau 2) comme nombre de fois qu'un type de comportement spécifique s'est produit divisé par le nombre total de fois que tous les types de comportement se sont produits, exprimé en pourcentage. Nous avons également enregistré la fréquence à laquelle chaque type de comportement s'est produit dans le cadre d'une séquence comportementale. Nous avons utilisé des tests de contingence du  $\chi^2$  pour déterminer si les différents types de comportement des LGD en présence de loups étaient indépendants. En particulier, nous étions intéressés dans la relation entre des types spécifiques de comportement (tel que présenté dans le Tableau 2) et la taille du groupe de LGD (c.-à-d.  $\leq 6$  ou  $> 6$  chiens), la distance de l'interaction entre LGD-loup et troupeau (c'est-à-dire de 0 à  $> 1000$  m) et la présence (oui/non) dans le pâturage d'une carcasse d'animal domestique ou sauvage, soit tué par les loups ou étant mort d'une autre cause. Nous avons utilisé le test U non paramétrique unilatéral de Mann-Whitney pour tester (1) si les combats impliquaient plus de LGD et plus de loups que tout autre type d'interactions LGD-loup et (2) si les grands ( $> 6$ ) groupes de LGD auraient plus de chiens impliqués dans les interactions LGD-loup que les petits groupes ( $\leq 6$ ). Nous avons aussi utilisé une corrélation de Spearman pour tester l'association entre le nombre de LGD et le nombre de loups impliqués dans l'interaction LGD-loup (c'est-à-dire à mesure que le nombre de loups augmentait dans une interaction LGD-loup, le nombre de LGD). Enfin, nous avons utilisé le test de contingence du  $\chi^2$  pour comparer la fréquence d'attaque et de prédation lorsque les moutons étaient en petits groupes (c'est-à-dire situés à une distance  $> 300$  m du troupeau et pendant plus de quatre heures à la fois) *vs* avec le troupeau. Nous avons utilisé les tests U de Mann-Whitney pour déterminer si le nombre moyen de loups, les interactions LGD et LGD-loup étaient différentes lors d'une attaque avec victime (s) *vs* sans victime (c'est-à-dire si des moutons ont été déprédés). Les moyennes sont présentées  $\pm$  SD comme mesure de variation. Pour tous les tests, nous avons évalué nos résultats au niveau  $\alpha = 0,05$ .

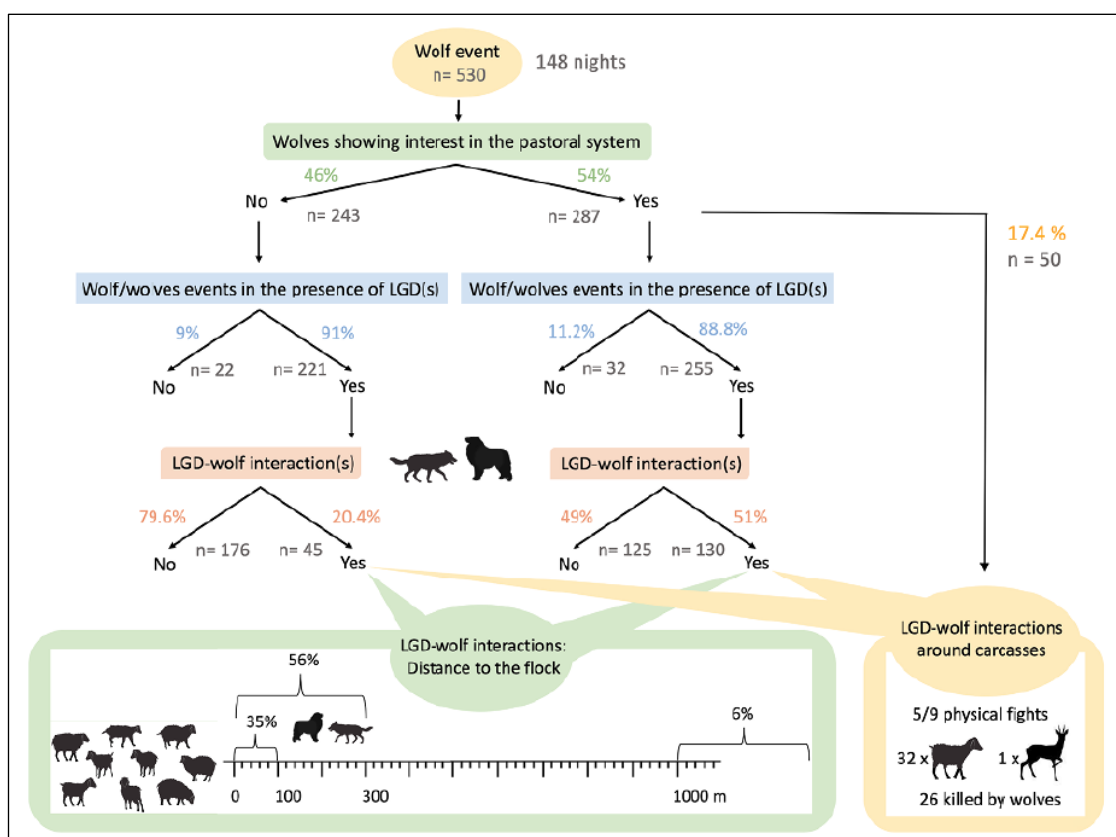
## RESULTATS

Entre 2013 et 2018, nous avons passé 291 nuits sur le terrain (130 dans le Mercantour, 133 à Canjuers et 28 dans la Drôme), représentant environ 3300 heures d'observations nocturnes entre nos 12 unités de pâturage. Un total de 530 observations de loups (124 dans le Mercantour, 378 à Canjuers et 28 dans la Drôme) a été enregistré sur 148 nuits. Quarante-vingt-dix pour cent (90%) de ces événements ( $n = 476$ ) se sont produits en présence d'au moins un LGD dans le troupeau ou dans son environnement immédiat (Fig. 2). Les loups ont montré un intérêt pour le système pastoral dans 54% des observations de loups, soit 74% du total des interactions LGD-loup que

nous avons pu avoir sur les enregistrements (Fig. 2). Le reste du temps (46%), les loups étaient présents dans l'unité pastorale sans montrer d'intérêt pour le système pastoral. Ces types d'événements de loups pourraient encore déclencher une réponse des LGD (s) et représentaient 26% du total des interactions LGD-loups (Fig. 2).

### Nature et fréquence des interactions LGD-loup

Environ un tiers ( $n = 175$ ) des observations de loups a déclenché une réponse d'au moins un LGD, résultant en une interaction LGD-loup (Fig. 2). Le comportement agonistique était significativement plus fréquent (65,7%,  $\chi^2 = 59,65$ ,  $P < 0,001$ ) que les trois autres types de comportement mis en commun (34,3% ; Fig. 2). C'était le cas dans 72% de toutes les séquences comportementales. Les interactions LGD-loup ont conduit les LGD à chasser les loups (21,1%) et les poursuites étaient présentes dans 44,2% des séquences comportementales. Les combats physiques entre LGD (s) et loups se sont produits dans neuf cas (Tableau S2). Aucun LGD n'a été blessé, mais nous n'avons pas pu vérifier si les loups avaient été blessés. Le comportement de recherche des LGD représentait 25,1% des comportements individuels (Fig. 3) mais sont survenu dans 43,7% des séquences comportementales. Les réponses non belligérantes étaient rares (3,3% ; Fig. 3) et se sont produites dans 5,7% des séquences comportementales. Le vent et la distance entre les observateurs et les interactions n'ont pas toujours permis l'enregistrement des vocalisations (c'est-à-dire les aboiements et autres sons comme les grognements) mais les aboiements accompagnaient un autre comportement dans une séquence comportementale au moins dans 59% des interactions LGD-loup.



**Fig. 2.** Diagramme hiérarchique résumant comment les événements de loups mènent à des interactions entre les chiens de protection et les loups, la distance de ces interactions du troupeau et du cas particulier des carcasses présentes sur les pâturages du sud des Alpes Françaises.



## Nombre de LGD et de loups impliqués dans les interactions

Nous avons pu compter le nombre de LGD et de loups impliqués dans les interactions LGD-loup dans 92% des cas et 95% des cas, respectivement. Dans la majorité des interactions LGD-loup (74%), les chiens ont dû faire face à un seul (56%) ou deux loups (18%) et dans seulement trois cas (<2%) les LGD ont dû faire face à un maximum de sept loups (à Canjuers).

En moyenne,  $3,4 \pm 2,8$  LGD (plage : 1-20) et  $2,0 \pm 1,5$  loups (plage : 1-7) ont été impliqués lors des interactions LGD-loup. Les combats physiques entre LGD et loups impliquait significativement plus de LGD ( $U = 1135,5$ ,  $P = 0,002$ ) et plus de loups ( $U = 1385,5$ ,  $P < 0,001$ ) que toutes les autres interactions, avec une moyenne de  $7,1 \pm 3,6$  LGD (intervalle : 1-13) et  $5,3 \pm 1,8$  loups (intervalle : 2-7 ; Tableau S2). Les LGD en groupe  $\leq 6$  individus ( $n = 30$ ) étaient moins susceptibles de courir après les loups ( $\chi^2 = 51,98$ ,  $P < 0,001$ ) que les LGD en groupe  $> 6$  individus ( $n = 132$ ). Pendant une interaction LGD-loup, avec plus de six LGD, la probabilité était significativement plus élevée ( $\chi^2 = 17,46$ ,  $P < 0,001$ ) pour qu'il reste des chiens dans le troupeau qu'avec des groupes  $\leq 6$  LGD (87% contre 54%). Le nombre de LGD impliqués dans les interactions LGD-loup était significativement moins élevé ( $U = 1306,5$ ,  $P < 0,001$ ) en groupe  $\leq 6$  chiens que dans les groupes  $> 6$  individus (médiane : 2 vs 3 ; moyenne :  $2,1 \pm 1,2$  vs  $3,8 \pm 3,0$  LGD). Il y avait une association positive faible mais significative entre le nombre de loups et le nombre de LGD impliqué dans les interactions LGD-loup ( $\rho_{160} = 0,21$ ,  $P = 0,008$ ).

## Distance des interactions LGD-loup par rapport au troupeau

Les interactions LGD-loup se sont produites à différentes distances du troupeau, allant de  $< 100$  m à  $> 1000$  m, mais la plupart des interactions LGD-loup (56%) ont commencé à une distance  $< 300$  m du troupeau, y compris à une distance  $< 100$  m, 35% (Fig. 2). Seulement 6% des interactions LGD-loup se sont produites à une distance  $> 1000$  m (Fig. 2). La proportion de poursuites n'était pas statistiquement plus élevée ( $\chi^2 = 3,04$ ,  $P = 0,080$ ) lorsque les interactions LGD-loup ont commencé plus près du troupeau (c'est-à-dire entre 0 et 300 m) qu'au début à une distance  $> 300$  m.

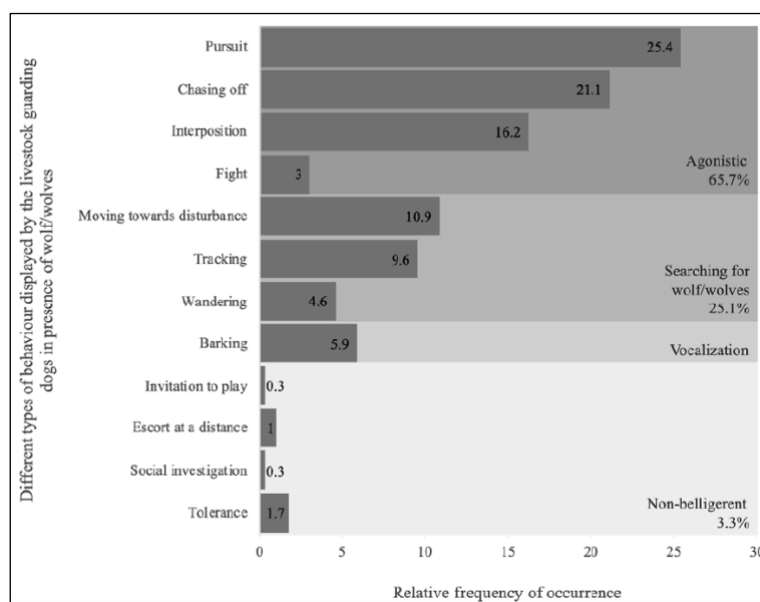
## Le cas particulier des carcasses

Les interactions LGD-loup autour des carcasses se sont élevées à environ 17% des observations de loups et représentaient 50 interactions autour de 33 carcasses différentes (32 sur les animaux domestiques et une sur un chevreuil (*Capreolus capreolus*), dont 26 ont été tués par des loups ; Fig. 2). Jusqu'à six loups (moyenne :  $1,9 \pm 1,5$ ) et 12 LGD (moyenne :  $3,5 \pm 2,8$ ) se sont réunis autour d'une seule carcasse. C'est autour des carcasses que les interactions LGD-loup les plus intenses ont été observées, représentant cinq des neuf combats physiques (Fig. 2, Tableau S2). La proportion des réponses LGD avec au moins un type de comportement agonistique dans la séquence était significativement plus élevée ( $\chi^2 = 4,41$ ,  $P = 0,036$ ) lorsqu'une carcasse était en jeu que dans toutes les autres situations (86,0% contre 71,3%). Dans cinq cas, cependant, les LGD ont toléré le « charognage » des loups sur une carcasse à une courte distance du troupeau.

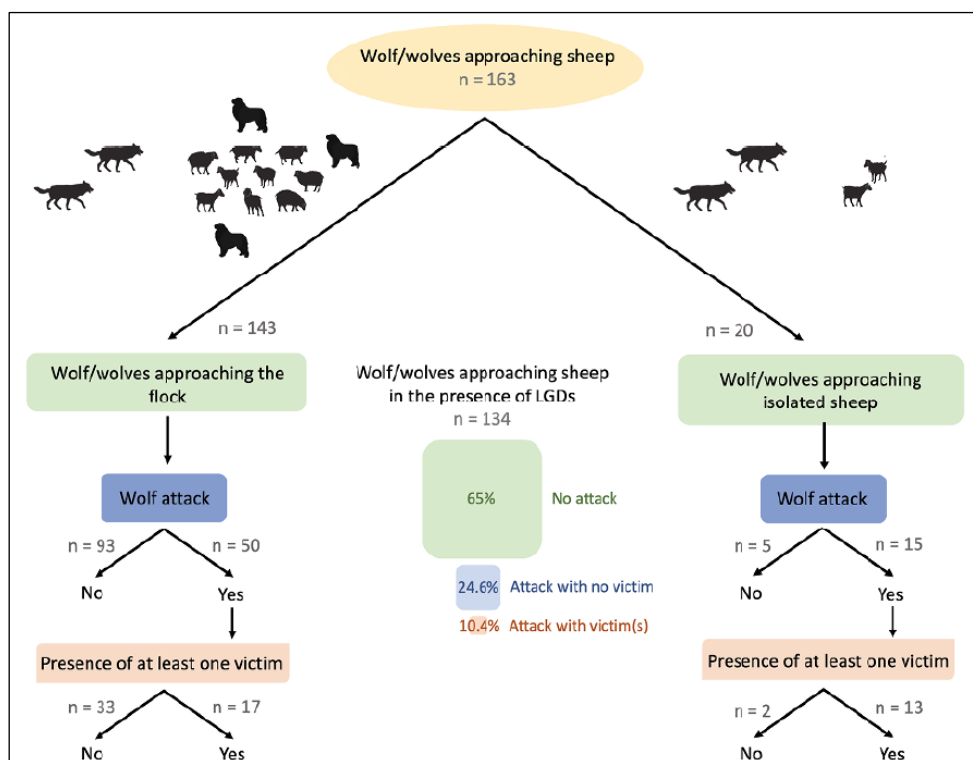
## Résultats des interactions LGD-loup

En présence de LGD, les loups se sont approchés du troupeaux 134 fois, sans attaquer dans 65% des cas (c'est-à-dire que les loups se sont retirés), en attaquant sans faire de victime (24,6%) ou en attaquant avec au moins une victime (10,4% ; 1,3 victimes par attaque en moyenne, portée : 1-4 ; Fig.4). Il n'y avait pas de différence significative dans le nombre moyen de LGD ( $U = 468,5$ ,  $P = 0,459$ ) ou de loups ( $U = 290,5$ ,  $P = 0,303$ ) impliqués pendant une attaque avec ou sans victimes.

Cependant, il y avait significativement plus d'attaques (75% contre 35% ;  $\chi^2 = 11,635$ ,  $P < 0,001$ ) et plus d'attaques avec des victimes (86,7% et 34,0% ;  $\chi^2 = 12,696$ ,  $p < 0,001$ ) lorsque les moutons étaient en petits groupes isolés, que lorsqu'ils sont restés avec le troupeau principal. Il y avait aussi beaucoup plus d'interactions LGD-loup pendant les attaques de loups sans victimes que lors d'attaques avec les victimes ( $\chi^2 = 23,48$ ,  $p < 0,001$ ). Il y avait un nombre significativement plus faible d'observations de loups sans LGD (s) lors d'attaques sans victime que pendant les attaques avec victime (s) ( $\chi^2 = 10,50$ ,  $P = 0,001$ ).



**Fig. 3.** Histogramme de la fréquence relative d'occurrence (en %) de douze types de comportement différents des chiens de protection en présence de loups sur les pâturages d'été dans le sud des Alpes Françaises. Les douze types de comportement sont divisés en quatre grandes catégories de réponses mises en évidence avec leur fréquence (en %) sur le côté droit du graphique



**Fig. 4.** Diagramme hiérarchique résumant les différents résultats survenant lorsque les loups s'approchent des moutons (troupeau ou petits groupes isolés) sur les pâturages d'été dans le sud des Alpes Françaises

## DISCUSSION

Le but de cette étude était de déterminer la **nature**, la **fréquence** et les résultats des **interactions** entre les chiens de protection et les loups dans les pâturages d'été. Les caractéristiques intrinsèques des loups les rendent difficiles à étudier (Mech 1981), en particulier dans les paysages dominés par l'homme, comme ceux d'Europe occidentale. À notre connaissance, notre étude est la première à utiliser la technologie de l'imagerie thermique permettant d'observer directement les loups et d'étudier leurs interactions nocturnes avec les chiens de protection des troupeaux sur les pâturages. **Le fait que nous ayons réussi à enregistrer tant d'observations de loups, suggèrent fortement que les loups sont omniprésents dans le système pastoral et que les chiens de protection, les troupeaux de moutons et les loups partagent un espace de vie commun, où leurs activités se chevauchent.**

### Attaques de loups avec des moutons victimes *vs* aucune victime

Trois variables semblaient **diminuer** le risque de prédation des loups sur les moutons : la **grégarité** des moutons (troupeau *vs* petits groupes isolés) sur le pâturage, la présence de chiens de protection, et la capacité des chiens à interagir avec les loups. **Nous avons constaté que les moutons qui faisaient partie de petits groupes étaient plus à risque d'attaque et plus à risque de prédation que les moutons restés avec le troupeau.** Ces résultats peuvent certainement être expliqués par la présence de chiens de protection avec le troupeau, ce qui n'est pas toujours le cas lorsque les moutons sont isolés. De plus, les troupeaux présentent une vigilance accrue et donc une probabilité de détection des prédateurs par rapport aux petits groupes (les hypothèses ; Lima 1995), ainsi que la dilution du risque en raison de la présence de nombreux individus (Pulliam 1973). Dans nos sites d'étude, lorsque les moutons ont détecté les loups approchant du troupeau, leur mouvement et le changement du son général de leurs cloches ont **alerté** les chiens qui se sont déplacés rapidement vers la source de perturbation, généralement avec des aboiements. **En petits groupes isolés**, les loups peuvent également détecter et se concentrer plus facilement sur un individu à attaquer (Vine 1971). Le regroupement est une réponse évolutive des herbivores au risque de prédation, car la grégarité augmente la sécurité (c.-à-d. « sécurité du nombre » ; McNamara & Houston 1992), et se retrouve chez de nombreuses espèces dans le monde, y compris les moutons sauvages (par exemple Rieucou & Martin 2008). **Avoir suffisamment de chiens sur le pâturage pour limiter la formation de groupes de moutons isolés non gardés est donc crucial pour minimiser les attaques de loups et la prédation.**

Nous avons également montré que les événements de loups sans chiens de protection ont conduit à l'attaque de plus de moutons que les événements de loups en présence de chiens. **Cela montre que la présence de chiens a encore diminué le risque de prédation (c.-à-d. répulsif primaire), même s'il n'était pas toujours suffisant pour éviter une attaque ou une mortalité.** Lors d'une attaque de loup, le nombre d'interactions avec les chiens a également joué un rôle important. **Loin** du troupeau il y avait moins de prédation quand il y avait plus d'interactions entre les loups et les chiens. Le **harcèlement** constant des loups par les chiens pourrait amener les loups à dépenser plus d'énergie et à prendre plus de risques pour tuer. Ces interactions répétées pourraient à la fin, **décourager** certains loups de tuer des moutons et montrent comment l'attention et la protection sont importantes lors de l'élevage et de la formation de ces chiens (Lorenz & Coppinger 1986).

### Interactions entre les chiens de garde du bétail et les loups et le nombre de chiens

**La présence de loup n'a pas toujours déclenché une réponse des chiens** (Fig. 2), principalement parce que les loups ne menaçaient pas les troupeaux, mais aussi parce que les chiens ne

remarquaient pas toujours les loups, ou étaient dans une autre zone du troupeau à l'approche des loups. Néanmoins, des interactions directes et indirectes entre les chiens de protection et les loups étaient fréquentes sur nos sites d'étude. Comme prévu, la plupart des interactions étaient des rencontres agonistiques, mais les cas de mortalité entre les chiens de protection et les loups étaient rares. Nous n'avons observé aucun comportement directement lors de notre étude mais deux éleveurs de moutons travaillant avec nous, ont rapporté la mort d'un chien adulte tué par des loups dans le Massif du Mercantour et la mort d'un jeune et d'un adulte pendant un même combat à Canjuers. Un loup sub-adulte a également été signalé avoir été tué par des chiens de protection à Canjuers. La rareté de ces rencontres mortelles semble conforme aux caractéristiques intrinsèques des chiens de protection et des loups. Coppinger & Schneider (1995) ont caractérisé les chiens de protection comme des « animaux courageux » protégeant leur troupeau tout en minimisant les rencontres mortelles. Ils ont décrit leurs actions comme **perturbant** le comportement prédateur des loups. Pourtant, dans certaines occasions, les chiens de protection ont également été rapporté avoir tué des prédateurs. En Turquie par exemple, des chiens de berger d'Anatolie auraient tué des loups (Urbigit & Urbigit 2010). Dans la plupart de ces rapports, les chiens de protection ont tué des prédateurs qui étaient plus petits qu'eux. Dans une étude menée en Namibie, les agriculteurs ont signalé que les chiens de protection tuaient des chacals à dos noir (*Canis mesomelas*), des babouins (*Papio sp.*), des caracals (*Caracal caracal*), des renards à oreilles de chauve-souris (*Otocyon megalotis*), des chats sauvages africain (*Felis sylvestris*) et des guépards (*Acinonyx jubatus* ; Potgieter et coll. 2016), tous plus petits que la taille typique des chiens de protection. De même, les loups ont été représentés dans plusieurs rapports examinés par Mech (1981) comme affichant une « aversion pour le combat » et « éviter les rencontres agressives avec les chiens », ce qui pourrait expliquer pourquoi le nombre d'attaques avec victimes était plus faible lorsque les chiens harcelaient les loups à travers de nombreuses interactions. Sur nos sites d'étude, les loups étaient presque toujours plus nombreux que les chiens. Selon Boitani (1983), les loups ont tendance à vivre en couple ou en petits groupe dans les zones où ils sont fortement persécutés (environ 15% de la population de loups a été prélevée (tir) chaque année en France depuis 2018), ce qui est un handicap face aux grands groupes de chiens de garde de bétail. Dans nos sites d'étude, les combats n'ont eu lieu qu'entre les plus gros groupes de loups et de chiens de garde. Cela pourrait expliquer pourquoi nous n'avons enregistré aucun combat lors de nos observations nocturnes et il serait intéressant de surveiller si les combats commencent à émerger quand / si des meutes de loups sont plus grande. Les loups tuent des chiens, y compris les chiens de protection, même si les cas sont rarement importants, est répandus (Bangs et al. 2005, Mertens & Schneider 2005, Lescureux & Linnell 2014), notamment lorsque les chiens sont plus nombreux que les loups (Ciucci & Boitani 1998, Iliopoulos et al. 2009, van Liere et al. 2013). De telles interactions extrêmes pourraient endommager la perception des loups et décourager les éleveurs d'obtenir plus de chiens de protection, ce qui pourrait menacer la coexistence entre les activités agricoles et la conservation du loup (Skogen & Krange 2003, Lescureux et Linnell 2014).

Coppinger & Schneider (1995) ont également mentionné que les chiens de protection pourraient afficher un complexe, un comportement ambigu, qui semble parfois inadaptés (par exemple, enquêtes sociales, invitations à jouer). Sur nos sites d'étude, les interactions entre les chiens de protection et les loups n'étaient pas toujours agonistique, et la tolérance, l'enquête sociale, l'escorte à distance et même des invitations à jouer ont été enregistrées. Ces interactions non belligérantes, bien que rare, pourrait conduire à une hybridation potentielle (Vilà & Wayne 1999, Hindrikson et al. 2012), qui est une source de préoccupation majeure pour la conservation du loup en Europe (Hindrikson et al. 2017), et / ou le transfert de maladies et de parasites (de Almeida Curi et al. 2010,

Müller et coll. 2011) entre les chiens de protection et les loups, en raison de leur proximité génétique. Le nombre de chiens de protection confrontés aux loups pourrait donc jouer un rôle important pour éviter les trois cas extrêmes cités ci-dessus (c.-à-d. interactions entraînant la mort ou l'hybridation et / transfert de maladie), en supposant que plus il y a de chiens, moins il y a de risque de comportement extrême.

Notre étude a souligné l'importance du nombre de chiens de protection présents dans ou autour du troupeau. Conformément à notre première hypothèse et prédiction, des groupes plus importants de chiens de protection offraient une meilleure protection aux troupeaux mais pas directement en diminuant le nombre d'attaques avec des victimes. Au contraire, les grands groupes permettent la création d'une zone tampon entre les loups et le troupeau, empêchant les attaques de se produire. Certains chiens formaient les limites extérieures de la zone tampon en s'engageant dans des poursuites avec des loups loin des troupeaux, tandis que d'autres formaient à l'intérieur les limites d'une zone tampon en respectant les moutons. Un grand nombre de chiens est également utile pour augmenter le nombre d'interactions avec les loups, qui est l'un des mécanismes par lesquels la fréquence des attaques avec les victimes semblait en diminution sur nos sites d'étude. Un autre avantage d'avoir un grand nombre de chiens est que le groupe peut être structuré comme une pyramide des âges, avec de jeunes chiens en apprentissage (pour remplacer les anciens), des chiens matures, et de vieux chiens. Ainsi, un nombre minimum de sept chiens de protection (deux-trois-deux) est le plus logique en termes de structure par âge tout en maximisant la protection.

Bien que la plupart des interactions entre le bétail et les chiens de protection et les loups étaient agonistiques, les loups revenaient sans cesse aux unités pastorales. Les chiens de protection peuvent donc être considérés comme des répulsifs (Shivik et al. 2003), perturbant le comportement des loups (Coppinger et al. 1988), mais incapable pour le modifier en permanence, grâce à l'association d'apprentissage, suggérant qu'aucun évitement à long terme se produisait sur nos sites d'étude. Les chiens de protection ont ainsi pu minimiser mais pas supprimer complètement les impacts négatifs sur le bétail.

### **Vers une nouvelle définition des chiens de protection - troupeaux gardés en pâturages plein air**

Certaines publications discutent de la distance moyenne entre les chiens de protection et les parcours de moutons (Young et al. 2019, Mosley et al. 2020). Les chiens de protection ont parfois été trouvés en train d'errer loin de leurs moutons (van Bommel & Johnson 2014b, Mosley et al. 2020). Dans une étude utilisant des lectures audios et des emplacements de parfum pour simuler des incursions de dingos (*Canis dingo*) à différents endroits sur les domaines des chiens de protection, les auteurs ont constaté que les chiens partaient à 570 m des moutons qu'ils gardaient pour défier un intrus perçu à leur portée (van Bommel et Johnson 2014a). Aucune étude jusqu'à présent n'a pu observer et enregistrer la présence de prédateurs potentiels et la distance du troupeau auquel les chiens ont interagi avec eux.

Nos résultats démontrent que les interactions régulières entre les chiens de protection et les loups se produisent à une certaine distance du troupeau (> 300 m). Même s'il n'y avait pas d'attaques de loups, 65% du temps quand les loups s'approchaient des troupeaux, près de trois sur 10 attaques étaient en faveur des loups.

Ces résultats suggèrent qu'une fois que les loups sont près du troupeau, il est très difficile pour les chiens de protéger tous les moutons : soit les loups ont dérangé le troupeau, ou blessé ou tué au moins un individu. Ces résultats contredisent notre prédiction selon laquelle les chiens de protection doivent rester dans l'espace immédiat entourant le troupeau pour le protéger. Nos résultats suggèrent plutôt que si la proximité des chiens avec le troupeau peut permettre aux chiens d'intervenir rapidement en cas de perturbation, cela ne permet pas aux chiens d'empêcher une attaque. Pour cette raison, pour améliorer la protection du troupeau, nous recommandons qu'un groupe de chiens de protection composé de deux chiens qui restent à proximité immédiate du troupeau pour éviter les interactions directes entre les loups et le troupeau (Allen et al. 2017) et des chiens qui se déplacent dans un rayon plus large (environ 300 m, mais jusqu'à 1000 m selon les conditions locales) autour du troupeau (van Bommel & Johnson 2012, 2014b), surtout lorsque le troupeau se déplace librement sur le pâturage. Notre recommandation est en outre soutenue par notre constat que la moitié des interactions entre les chiens de protection et les loups sont à une distance supérieure à 300 m du troupeau. La meilleure protection des moutons sur nos sites d'étude, repose donc en partie sur le maintien **d'une zone tampon** qui nécessitera aux loups d'affronter les chiens de protection sur deux différentes occasions avant de pouvoir atteindre le troupeau.

Par conséquent, nous proposons que la protection du bétail avec des chiens et le lien entre les chiens et le troupeau ne soit pas considérée uniquement sur la base de la proximité entre les chiens et les moutons (Coppinger et al. 1983, Lorenz et Coppinger 1986). Nous suggérons plutôt que le concept d'un **lien sensoriel** entre les chiens de protection et le troupeau soit étudié. Tant que les chiens peuvent voir, entendre et / ou sentir le troupeau qu'ils gardent, on peut émettre l'hypothèse qu'ils sont en contact avec le troupeau et capable de réagir à son comportement. Ainsi, les chiens de protection qui marchent à distance du troupeau ne doivent pas nécessairement être considérés comme errants, tant qu'ils restent en contact **sensoriel** avec le troupeau qu'ils gardent. La distance **sensorielle** entre un chien et son troupeau dépend de divers facteurs tels que la topographie du terrain et la météo. Par conséquent, la distance sensorielle varie en fonction des conditions environnementales et devrait prendre en compte les caractéristiques spécifiques de chaque pâturage d'été ou zone de pâturage. Ces deux cercles de protection proposés (c'est-à-dire cercle intérieur avec le troupeau et le cercle plus grand, plus loin du troupeau) devraient renforcer l'efficacité globale du comportement des chiens de protection. La notion de collage sensoriel est complexe et nécessiterait des recherches plus approfondies avant d'être largement mise en œuvre. Il faudrait également l'adapter aux lois de chaque pays où se trouvent des chiens de protection, notamment en matière de sécurité publique (van Bommel et Johnson 2014b). En effet, il y a des registres d'éleveurs poursuivis et condamnés à une amende parce que leurs chiens de protection ont mordu des randonneurs en France (Linder & Durand 2001). Dans un cas, un éleveur a même reçu une peine de prison avec sursis (J.-M. Landry, observ. pers.). Cela se produit en partie parce que les systèmes pastoraux sont désormais des systèmes multi-usages où d'autres utilisateurs pratiquent souvent leur passe-temps, sans s'en rendre compte ou sans avoir d'expérience avec de grands chiens de travail. C'est la première fois de leur histoire que les chiens de protection doivent travailler dans des régions comme les Alpes Françaises et représentent un réel défi pour leurs propriétaires et formateurs. La sensibilisation des bergers et des autres utilisateurs des domaines pastoraux seront donc cruciaux pour la mise en œuvre de cette stratégie réussie. De même, communiquer avec les autorités locales sur le rôle des chiens de protection dans le maintien des activités pastorales dans les grandes zones de carnivores sont importantes, car les autorités locales ont parfois interdit les chiens de protection de leurs communautés, en particulier pendant les mois d'hiver, lorsque les

chiens de protection doivent être confinés, souvent à proximité des établissements humains (Gehring et al. 2010).

### **Le cas particulier des carcasses**

Bien que les chiens de protection soient formés pour protéger le bétail, notre étude met en évidence les enjeux que représentent les carcasses tant pour les chiens de protection que pour les loups. Nourrir les chiens de protection avec des moutons morts est une pratique courante dans les systèmes pastoraux de nombreux pays, y compris dans les Alpes Françaises (J.-M. Landry, observ. pers.). Le comportement de « charognage », à la fois sur faune sauvage et animaux domestiques, a été observée chez les chiens de protection sur les terres agricoles africaines (van Vliet 2011, Whitehouse-Tedd et coll. 2020) et quand ils ont l'opportunité, les chiens de protection peuvent agir comme prédateurs (Green et al. 1984, Timm & Schmitz 1989, Marker et al. 2005*a, b*, Potgieter et al. 2013, 2016). La présence de carcasses sur les unités pastorales pourrait détourner l'attention des chiens qui gardent le bétail du troupeau lui-même. Des recherches supplémentaires sur l'impact des carcasses sur les chiens de protection et le comportement des loups serait intéressant, mais offrent probablement peu de possibilités de gestion, car il est peu probable que les éleveurs / bergers puissent être en mesure de déplacer les carcasses hors de la portée des loups sur un terrain Alpin accidenté.

## **CONCLUSION**

En étant à l'interface entre écologie comportementale, conservation des grands carnivores et élevage, notre étude se concentre sur un sujet d'actualité, car de plus en plus d'agriculteurs ont besoin de protéger leurs troupeaux contre la recolonisation des carnivores protégés, en particulier des loups. Nous montrons que bien que les chiens de protection aient été utilisés avec succès dans le sud des Alpes Françaises, le manque général de données sur la façon dont ils interagissent avec les loups a empêché l'amélioration de leur utilisation pour protéger le bétail. L'utilisation de l'imagerie thermique offre de nouvelles perspectives sur les relations la nuit entre les chiens de protection et leurs ancêtres sauvages, et a avancé notre compréhension de leur comportement dans un paysage dominé par l'homme. **Malgré la présence des chiens de protection, des loups ont été observés fréquemment dans le système pastoral, qui forme une partie de leur domaine vital. Pourtant, les loups n'ont pas toujours montré un intérêt pour le troupeau avec lequel ils ont partagé le paysage.** Bien que notre étude soit restée exploratoire, certains facteurs comme la grégarité des moutons, la présence et le nombre de chiens de protection, leur proximité avec le troupeau, et la capacité d'interagir avec les loups pourrait être utilisée pour améliorer la protection du bétail. L'utilisation de chiens de protection entraînent des frais supplémentaires et une charge de travail pour les agriculteurs (Gehring et al. 2010). Une meilleure compréhension pour savoir comment tirer le meilleur parti de leur présence pour protéger les moutons, garantira qu'ils puissent rester un atout pour les éleveurs et les bergers.

Nos résultats indiquent que les interactions entre les chiens de protection et les loups sont constituées d'une suite complexe de comportements qui ne sont pas encore totalement compris. Le principal défi de la compréhension de ces interactions est que de nombreux composants sont susceptibles de jouer un rôle dans le processus et son issue, des mécanismes écologiques (par exemple, la structure de l'habitat, la constitution de la meute de chiens / loups) à comportementale (par ex. comportement et personnalités des chiens et des loups, réponse du troupeau au comportement des canidés) et aspects socio-historiques (par exemple, pratiques d'élevage et

expériences des agriculteurs dans une Région). Par conséquent, nos résultats doivent être considérés avec prudence en dehors des territoires étudiés. Comme le soulignent Lescureux & Linnell (2014), les relations entre les deux canidés défient nos perceptions du sauvage et du domestique. La frontière entre ces deux concepts est plus dynamique et subtile que l'on est susceptible d'apprécier. Les recherches complémentaires sur le comportement des loups en alpage, et leurs interactions avec les méthodes de protection du bétail, notamment les chiens de protection, doivent accueillir cette réalité complexe et ambiguë pour favoriser un paysage partagé où les activités humaines et les grands carnivores peuvent coexister.