

Monitoring wolves (*Canis lupus italicus*) by camera-traps in military camp (France-Var)

Ludovic Charrier, Philippe Orsini, Melissa Conord, Laetitia Betbeder

► **To cite this version:**

Ludovic Charrier, Philippe Orsini, Melissa Conord, Laetitia Betbeder. Monitoring wolves (*Canis lupus italicus*) by camera-traps in military camp (France-Var). 2019. hal-02274438v2

HAL Id: hal-02274438

<https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02274438v2>

Preprint submitted on 3 Sep 2019

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.



Suivre le loup (*Canis lupus italicus*) par pièges-photographiques : le cas d'un Camp militaire (Var)

CHARRIER Ludovic (Muséum départemental du Var), ORSINI Philippe (Muséum départemental du Var), CONORD Melissa, BETBEDER Laetitia

Table des matières

RESUME.....	2
Abstract.....	3
I. Introduction.....	4
II. Matériel et méthodes.....	6
2.1/Site d'étude.....	6
2.2/ Les pièges-photographiques.....	8
a) Pourquoi utiliser des pièges-photographiques ?.....	8
b) Matériel utilisé.....	9
c) Disposition des pièges-photographiques.....	12
d) Variables mesurées.....	14
III. Résultats.....	15
3.1/ La détection par les pièges-photographiques.....	15
a) Historique de l'effort de piégeage.....	15
b) Deux approches complémentaires.....	17
3.2/Biologie et comportement du loup.....	22
a) Distinction des individus et suivi pluriannuel.....	22
b) Répartition spatiale et données de reproduction des deux meutes.....	24
c) Gale sarcoptique.....	26
d) Analyses des caractères phénotypiques.....	27
e) Régime alimentaire.....	27
f) Analyse des déplacements en groupe.....	28
g) Rythmes d'activités.....	31
IV. Discussion.....	35
1/ Reconnaître les individus.....	36
2/ Connaître l'état sanitaire de la population.....	37
3/ Renseigner sur le régime alimentaire et la prédation.....	37
4/ Connaître les sites de rendez-vous.....	37
5/ Connaître l'état reproducteur, l'âge et le sexe des individus.....	38
6/ Connaître le nombre d'individus d'une meute.....	38

7/ Connaître les déplacements en groupes	38
8/ Connaître le rythme d'activité sur un cycle nyctéméral et annuel	39
9/ Renseigner sur les espèces proies, espèces compagnes et l'environnement	39
Conclusion	41
Remerciements	41
Bibliographie	43

RESUME

Un suivi de loups (*Canis lupus*) a été réalisé entre 2011 et 2015 dans le sud-est de la France au sein du Camp militaire de Canjuers (34 500 ha) situé sur des plateaux steppiques méditerranéens. Cette étude a permis de tester huit modèles différents de pièges-photographiques grâce à la pose de 16 pièges-photographiques en moyenne par an (min. 4 en 2011 et max. 26 en 2015). Plus de 1000 passages de loups et 3600 photos de loups ont été collectés durant ce suivi, ce qui a permis d'améliorer les connaissances sur la biologie et le comportement des loups en zone méditerranéenne française. Cette étude montre qu'un suivi individualisé (type CMR pour Capture-Marquage-Recapture) par enregistrement photographique n'est possible que si l'animal présente une marque distinctive (maladie, blessure ou organe sectionné). L'analyse de la taille des groupes de loups en déplacement a montré, sur les deux meutes étudiées, que les loups se déplacent principalement seuls ou par deux. Enfin, le très grand nombre de passages de loups enregistrés a permis de réaliser un graphique montrant le rythme d'activité de déplacement des loups, heure par heure, sur un cycle annuel complet, en fonction des heures de lever et de coucher du soleil.

Les résultats suggèrent que l'utilisation de pièges-photographique est une technique fiable pour le suivi des populations de loups, au moins dans la zone prospectée, sans enneigement. Elle vient en complément des autres méthodes de suivis. Leur utilisation

permet aux biologistes et gestionnaires d'obtenir rapidement un état de la population lupine (individus isolés ou en meutes) sur un territoire précis.

Abstract

*A monitoring of wolves (*Canis lupus*) was carried out between 2011 and 2015 in south-eastern France in a 34,500 ha military camp localized in a Mediterranean steppic plateau. This study tested eight different camera trap models by setting an average of 16 camera traps per year (min. 4 in 2011 and a max. 26 in 2015). More than 1 000 wolf passages and 3 600 wolf photos were collected during this monitoring, which allowed improving the knowledge on the biology and behavior of wolves in this French Mediterranean area. This study shows that individualized monitoring (CMR) is only possible if the animal presents a distinctive mark (disease, injury or severed organ). The analysis of wolves group size on the move showed, on the two packs studied, that the wolves move mainly alone or in pairs. The large number of recorded wolf passages made it possible to produce a graph showing wolf movement rates, hour by hour, over a complete annual cycle, between sunrise and sunset times.*

Camera-trapping is a noninvasive method which has been used successfully to monitor wolf populations in the Mediterranean area without snow that complements other survey techniques. Their use allows biologists and managers to quickly obtain a status of wolf population (isolated individuals or packs) on a specific territory.

I. Introduction

Le Muséum d'histoire naturelle de Toulon et du Var (abbrev : le Muséum) s'est engagé depuis 1991 dans des inventaires de faune et de flore sur le Camp militaire de Canjuers (abbrev : le Camp). L'étude des mammifères, qui est longue et délicate, se poursuit toujours par diverses méthodes : observations directes, analyse de pelotes de réjection de rapaces, recherche de traces et de crottes, itinéraires-échantillons nocturnes au phare et pose de pièges-photographiques.

Le Loup gris d'Italie (*Canis lupus italicus* [Altobello, 1921](#)), dont le statut taxinomique a été confirmé récemment ([Montana et al., 2017](#)), est une espèce rare, à forte valeur patrimoniale et culturelle mais difficile à observer et localiser. Depuis son retour en France, elle est également source de conflits avec le monde rural et notamment les éleveurs ([Anonyme, 1996](#) ; [Dobremez, 1996](#)) et a été l'un des sujets de recherche du Muséum départemental.

Disparu de Provence à la fin du XIXe/début du XXe siècle ([Orsini, 1996](#)), le loup était auparavant une espèce abondante en France ([De Beaufort, 1988](#) ; [Moriceau, 2007](#)). Il a néanmoins pu se maintenir au sein de quelques populations dans les pays limitrophes de la France, notamment l'Italie (Apennins avec une centaine d'individus en 1970, selon [Zimen & Boitani, 1975](#)) et en Espagne.

À partir des années 1980, le loup connaît une expansion dans la plupart des pays d'Europe ([Fabbri et al., 2007](#)). Il atteint le Parc national du Mercantour (Alpes-Maritimes) en provenance d'Italie au début des années 1990 ([Houard & Lequette, 1993](#)).

On enregistre au même moment, sur le Camp, des attaques régulières de troupeaux d'ovins, qui furent d'abord attribuées au Lynx boréal par les éleveurs. Malgré quelques observations annuelles dans le Var, il faudra attendre 1998 pour que les premières analyses génétiques réalisées par l'Office national de la chasse et de la faune sauvage (abbrev : ONCFS) viennent confirmer la présence officielle du loup dans le Var.

Dans les zones montagneuses françaises recolonisées par le loup, ce sont principalement les suivis d'empreintes laissées dans la neige qui ont permis de faire les premières estimations des effectifs et de la répartition des loups (Dahier & Duchamp, 2002).

Dans les massifs de basse altitude faiblement enneigés, il a donc été nécessaire de rechercher des solutions alternatives à la recherche des traces pour mettre en évidence la présence du loup (Galaverni *et al.*, 2012; Liberg, 2012). Les pièges-photographiques sont utilisés depuis les années 1990 et se sont généralisés pour les études mammalogiques il y a une dizaine d'années (Tobler *et al.*, 2008). Ils servent préférentiellement à étudier la présence ou l'absence de mammifères rares ou présentant un faible taux de détection (Muñoz *et al.*, 2014). Dans le cas de certaines espèces, ils peuvent être utilisés pour la reconnaissance individuelle (Karanth *et al.*, 2004). Sur le Camp, la recherche du loup commença par de longs itinéraires pédestres estivaux sur les pistes à la recherche de fèces puis des sorties estivales nocturnes au phare et enfin dès 2007, l'utilisation de pièges-photographiques.

II. Matériel et méthodes

2.1/Site d'étude

Le Camp de Canjuers s'étend sur 34 500 ha et demeure le plus grand camp militaire de l'Europe de l'Ouest (Orsini, 2006). Il se situe en France dans le département du Var à une trentaine de kilomètres de la mer Méditerranée, en bordure sud des gorges du Verdon (fig.1).

Le climat est de type subméditerranéen, présentant une influence montagnarde forte en ubac avec des hivers rudes et des étés chauds et secs (Panini & Amandier, 2005). Le Camp présente cependant des micro-climats locaux déterminés par de fortes entrées maritimes à l'est, un mistral très marqué à l'ouest et un gradient altitudinal élevé (586 à 1577 mètres). En conséquence les températures peuvent être extrêmes : -20°C en janvier contre +30°C en juillet et les précipitations abondantes (900 à 1300 mm par an) avec une moyenne de 20 jours de neige selon l'altitude (Faure, 2008).

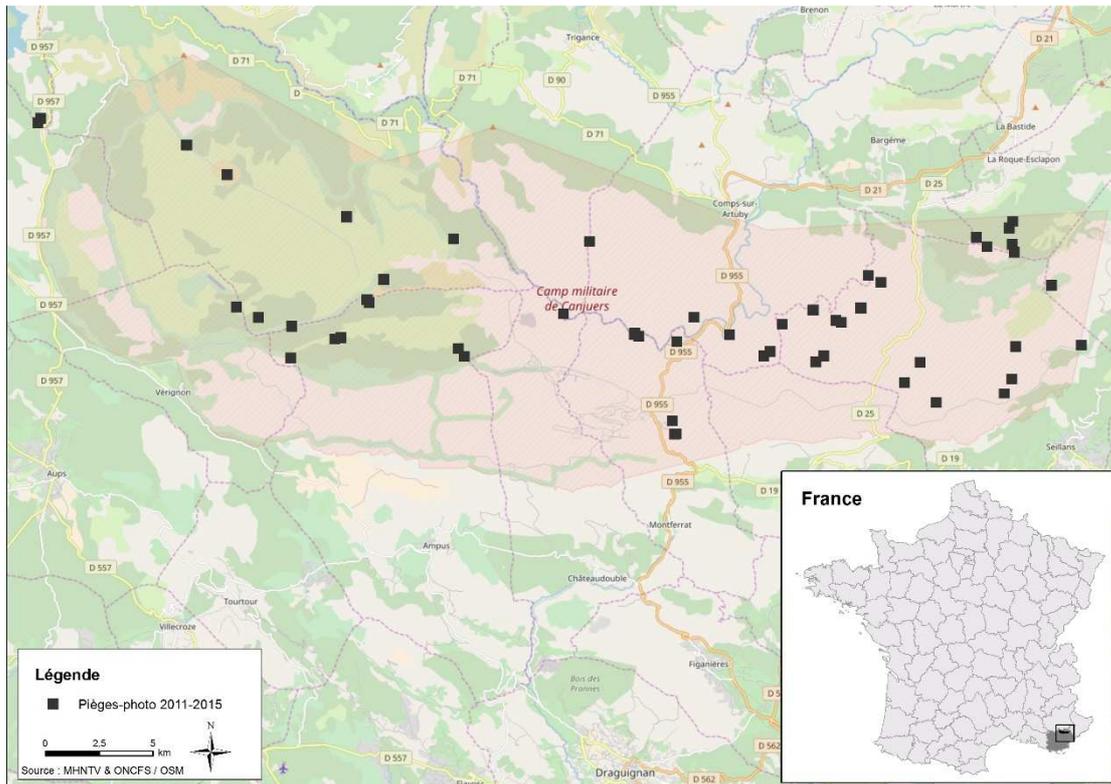


Figure 1. Situation de la zone d'étude

Situés à l'étage montagnard-méditerranéen, ces hauts plateaux steppiques (800 à 1000 m d'altitude) sont entrecoupés de boisements de chênes pubescents (*Quercus pubescens*) et de pins sylvestres (*Pinus sylvestris*) avec un sous étage composé de lavandaie à buis. Les reliefs sont assez doux à l'exception de quelques collines et de deux grandes montagnes, le Grand Margès (1577m) au nord-ouest et le Malay (1424m) au nord-est. Hêtre (*Fagus sylvatica*) et Sapin pectiné (*Abies alba*) occupent les flancs nord de ces montagnes (Quertier *et al.*, 2002). Deux cours d'eau traversent la zone d'étude : La Bruyère et l'Artuby (dont le canyon dépasse les 500 mètres de profondeur au niveau de la Coline d'Estelle). Ces deux cours d'eau ne sont pas pérennes, mais l'eau y demeure cependant dans des gours, durant tout l'été.

Pour des raisons de sécurité, l'accès au Camp est strictement interdit au public. Le pastoralisme, l'apiculture, les coupes de bois, la chasse et les suivis scientifiques (faune, flore et paléontologie) sont soumis à des autorisations d'accès sur des secteurs précis pendant des périodes strictement déterminées.

L'agriculture est quasiment inexistante à l'exception des cultures à gibier et de quelques parcelles destinées à l'élevage. En revanche, ces vastes steppes constituent d'excellents parcours à moutons utilisés à l'année. En 2015, l'effectif maximal atteint 21 000 brebis (entre mars et juin) sur les 53 000 présentes dans le Var ([com pers. DDTM du Var et Ph. Fabre – éleveur sur le Camp](#)). Le nombre de chiens de protection destinés à protéger ces troupeaux est évalué en 2016 à 160 individus au minimum ([com. pers. N.Fenart –ONF antenne de Canjuers et DDTM du Var](#)).

La grande faune, qui constitue les proies sauvages les plus recherchées par les loups ([Peterson & Ciucci, 2003](#); [Flühr, 2012](#); [Anceau *et al.*, 2015](#)) est abondante. Elle est majoritairement constituée de sangliers, mais aussi de chevreuils ainsi que de quelques chamois sur les parties montagneuses et dans les gorges. Comme l'ont montré [Mattioli *et al.* \(1995\)](#) en Italie, le sanglier semble être la proie sauvage la plus consommée par le loup sur le Camp (observation directe de poils de sanglier dans plus de la moitié des crottes de loup ramassées sur le site).

2.2/ Les pièges-photographiques

a) Pourquoi utiliser des pièges-photographiques ?

Les pièges-photographiques (abrév : PP) sont des appareils photographiques disposés la plupart du temps sur des arbres et qui se déclenchent automatiquement au passage

d'animaux ou tout autre objet en mouvement (Rovero *et al.*, 2010). C'est une méthode de suivi non-invasive (Gompper *et al.*, 2006) et faiblement coûteuse en matériel.

Au début, les PP ont été posés uniquement pour confirmer la présence du loup sur certains secteurs du Camp. Devant les nombreux résultats obtenus, l'effort de piégeage s'est intensifié ainsi que le nombre de données recueillies par les équipes du Muséum et de l'ONCFS. Cela a permis notamment de compléter l'inventaire mammalogique du Camp, d'avoir une abondance relative du nombre de loups, de suivre certains individus ayant un signe distinctif particulier ou encore de confirmer s'il y avait reproduction, comme l'ont démontré Rovero *et al.* (2013) en Italie.

Au cours des 5 années de suivi sur le Camp et ses environs immédiats, les PP ont permis d'identifier plus de 1000 passages totalisant plus de 3600 photos de loups. Toutes ces données permettent de faire une première synthèse de ce que l'on peut apprendre sur la biologie et l'écologie du loup par l'utilisation des PP.

b) Matériel utilisé

Huit modèles de pièges-photographiques ont été utilisés : Moultrie (modèle Panoramic)[®], Spypoint (modèle IR-A)[®], Cuddeback (modèles Capture, Ambush, Attack et C1 Flash)[®] et Reconyx (modèle HC 600 et HC 550)[®].

Au vu des caractéristiques des différents modèles et des premiers résultats obtenus, notre préférence s'est orientée sur l'utilisation de PP présentant les caractères suivants :

- piles au lithium (durée de vie proche d'un an et insensibilité au froid),

- discrétion de nuit (leds noires non visibles par les humains et ne provoquant pas de réaction de fuite chez les animaux),
- distance de détection élevée,
- grande rapidité de déclenchement,
- haute-définition des clichés et qualité du flash incandescent lorsque ce dernier s'avère nécessaire.



Figure 2. Modèles de pièges-photographiques utilisés durant l'étude

Trois appareils (fig. 2) ont particulièrement répondu aux critères retenus dans le cadre de cette étude : le Reconyx HC600, le Cuddeback Ambush 1170 et le Cuddeback C1 Flash (Tableau 1).

Tableau 1 : Caractéristiques des pièges-photos utilisés

Modèle	Reconyx HC600	Cuddeback Ambush 1170	Cuddeback C1 Flash
<i>Système d'illumination nocturne</i>	Infrarouge, invisible 940nm	Flash incandescent	Flash incandescent
<i>Mode prise de vue</i>	Photo couleur (jour) monochrome (nuit)	Photo couleur jour et nuit Vidéo de jour en couleur	Photo couleur jour et nuit Vidéo de jour en couleur
<i>Résolution</i>	3.1 MP	5 MP	5 ou 20 MP
<i>Distance de détection</i>	10 mètres	10 mètres	8 mètres
<i>Temps de reprise entre chaque évènement</i>	0 s	Dispose d'un mode FAP ¹	Dispose d'un mode FAP ¹
<i>Nombres de photos possibles par évènement (Mode rafale)</i>	1 à 10 (jour et nuit)	1 (jour et nuit)	1 à 5 (jour) 1 (nuit)
<i>Nombre de photos par seconde en mode rafale</i>	2 photos/seconde	1 photo/seconde	1 photo/seconde
<i>Vitesse de déclenchement</i>	Déclenchement 0,2 sec	Déclenchement 0,25 sec	Déclenchement 0,25 sec
<i>Alimentation</i>	12 piles AA (lithium)	8 piles AA (lithium)	8 piles AA (lithium)

¹*Fast As Possible* (Le plus rapide possible) qui permet à l'appareil de réarmer dès que possible. Cependant, de nuit, l'appareil devra attendre de recharger le flash avant de pouvoir redéclencher, nécessitant en moyenne 30 à 45 secondes.

c) Disposition des pièges-photographiques

Pour maximiser les chances d'obtenir des clichés de loup, les PP ont été situés sur des emplacements dont le choix a été dicté par :

- une connaissance fine du site d'étude (pistes, cols, passages obligés dans les vallons, points d'eau),
- les variations saisonnières du comportement de l'espèce,
- des retours d'informations sur la présence de loups : observations visuelles, troupeaux, attaques sur troupeaux, découvertes de crottes, ou de cadavres de proies domestiques ou sauvages, hurlements ([Galaverni et al., 2012](#)),

Comme le montre la figure 3, les pièges-photos ont été placés à environ un mètre de hauteur, perpendiculairement à la piste afin de photographier les loups de plein profil. Cela permet d'optimiser la photo-identification (masque facial, cicatrices, etc..) et nous renseigne souvent sur le sexe et/ou l'état reproductif des individus.

Par ailleurs, afin de fixer les individus devant la cellule photo du piège, nous avons eu recours à différentes techniques : dépôts à proximité du PP d'urine de louve en chaleur ou d'extrait de glande anale de coyote provenant des USA (difficile à obtenir...), mixture de micromammifères en décomposition ou encore urine humaine. Cette dernière, déposée sur une pierre devant les PP, est la solution qui a été la plus utilisée, car très facile à mettre en œuvre et dont les résultats se sont avérés concluants.

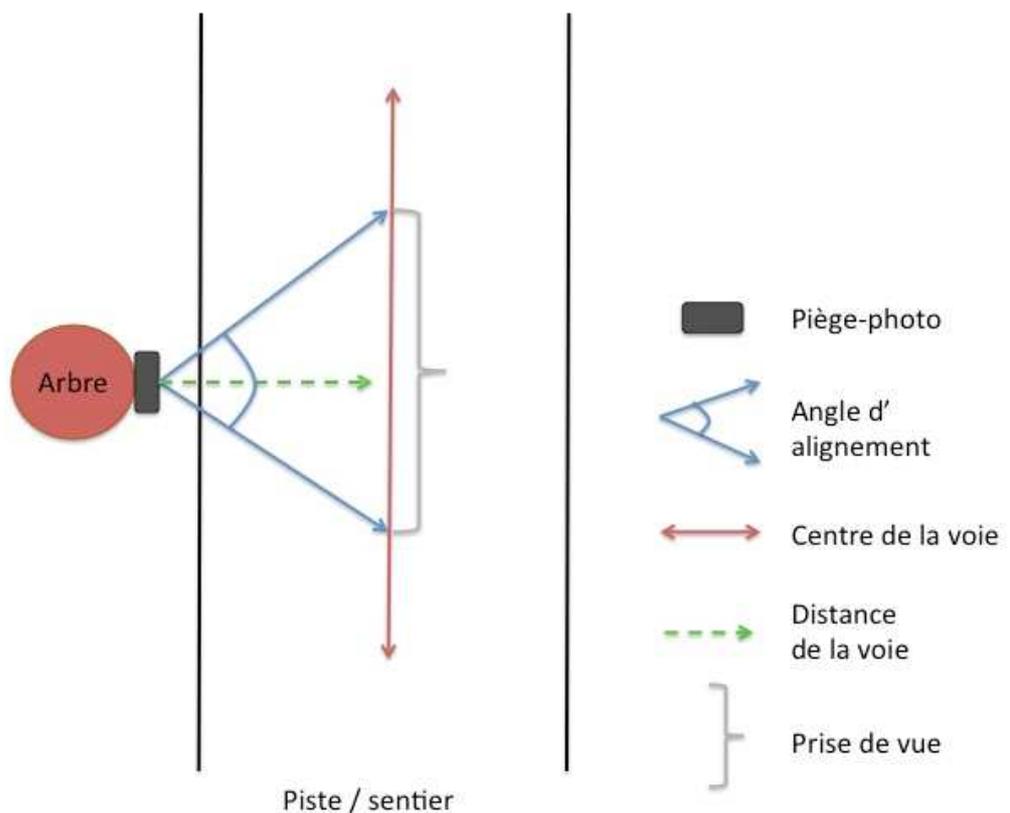


Figure 3 : Schéma de positionnement des pièges-photos par rapport aux voies de circulation des loups (adapté de Kora, 2015)

En plus des problèmes rencontrés habituellement lors de l'utilisation des PP (déclenchement tardif du PP lors du passage ; piles usées trop rapidement ; carte SD saturée à cause des mouvements de branches, du passage d'un troupeau d'animaux domestiques ou de sangliers ; animaux qui retournent le PP en s'y frottant ; problème de mauvaise inclinaison sur la piste ; problème de surexposition face au soleil), l'activité militaire intense sur le camp a constitué une contrainte forte pour la pose et le relevé des PP.

En effet, les contraintes spécifiques au site (secteurs en cours de déminage, travaux d'aménagements divers, déplacements de véhicules blindés, tirs, manœuvres de troupes),

n'ont pas permis de réaliser les relevés standardisés prévus à l'origine deux fois par mois. Nous avons donc dû adapter notre étude et relever (ou déplacer) les PP afin d'optimiser leur utilisation.

d) Variables mesurées

Pour chaque emplacement de PP, les variables suivantes ont été relevées : type de piège, localisation (longitude/latitude), altitude, dates de début et de fin de pose, durée en jours du fonctionnement effectif du piège (pannes, problèmes de piles...), nombre total de photos prises, nombre total de photos de faune sauvage ou domestique, nombre de photos de chaque espèce de mammifère ou d'oiseau. La distinction a été faite entre chien de chasse, chien de conduite et chien de protection mais il n'a pas été possible de séparer les moutons des chèvres quand les troupeaux sont mixtes. Quelques commentaires ont complété, si nécessaire, les autres éléments caractéristiques du site (pont, rivière, trou d'eau, route ou piste, fréquentation humaine et automobile, proximité d'un troupeau, pourcentage ongulés sauvages/ongulés domestiques, etc.). La totalité des 301 430 photos a été conservée et est en cours d'étude.

En ce qui concerne le loup, pour chaque passage, les éléments complémentaires suivants ont été notés : localisation du PP, date, heure précise (si possible à la seconde), type de piège, nombre de photos de loups, nombre de loups ensemble, remarques sur les individus reconnaissables et/ou leurs comportements et sens de déplacement.

Tous les passages de loups sont donnés en heure d'hiver (UTC +1) afin d'éviter l'artefact lié au changement d'horaire semestriel qui n'a pas de sens biologique.

L'unité d'échantillonnage utilisée est le jour-piège (un piège-photo posé sur un site pendant 24 heures).

Les données des PP du Muséum et de l'ONCFS ayant été obtenues durant la même période, sur le même site, avec un matériel et un protocole identiques, nous avons pu les fusionner. La répartition globale (cf. fig. 1) sur le Camp de l'ensemble des PP a été le fruit d'une coopération permanente entre le Muséum et le Service Départemental de l'ONCFS du Var.

III. Résultats

3.1/ La détection par les pièges-photographiques

a) Historique de l'effort de piégeage

Les premiers essais de piégeage réalisés en 2007-2008 ont donné des résultats décevants car seulement deux photos de loup ont été prises. L'utilisation d'un seul modèle d'appareil de marque Bushnell Trailscout (qui ne sera par la suite pas retenu au vu des critères de sélection) et la durée courte de pose par peur de vandalisme (vol ou casse de l'appareil) expliquent ce peu de résultats des premiers tests. Par ailleurs, le faible effectif de loups à cette époque (1 à 2 loups) et le manque de connaissance de leur écologie sur le Camp ont également été des facteurs d'échec.

En effet, au cours des premières années, les PP étaient placés dans des lieux assez isolés. En guise d'appât, un leurre olfactif ou une carcasse d'ongulé étaient utilisés. Les résultats étant décevants, les PP ont été déplacés vers des axes de déplacement : sentiers, pistes, routes goudronnées et carrefours. Le rendement des prises de clichés de loups fut proportionnel à la taille de la piste : plus une voie était large, plus le nombre de photos

augmentait. Cette donnée a été également confirmée par le fait que la majorité des crottes de loups étaient récoltées sur des grands axes ([Barja et al., 2005](#)).

Les premiers résultats utilisables et encourageants datent seulement de 2011 avec l'utilisation de 4 PP (2 du Muséum et 2 de l'ONCFS) de marque Reconyx HC600 qui ont permis la prise de plus de 2000 photos de faune sauvage dont 320 de loups. La confiance dans l'utilisation des PP est alors apparue et a permis un véritable investissement en temps et en matériel.

L'effort de piégeage est donc allé *crescendo* entre 2011 et 2015 en raison de l'augmentation du nombre de PP, de la durée de pose sur le terrain (Tableau 2), de la meilleure connaissance des déplacements des loups et du choix des modèles de PP les plus efficaces.

À titre indicatif les crottes de loups qui étaient récoltées annuellement lors des recherches pédestres étaient de l'ordre d'une dizaine. Parallèlement, seuls 1 à 3 individus par an étaient observés lors des itinéraires nocturnes au phare ([Orsini & Charrier, non publié](#)).

L'analyse des espèces animales photographiées sur le Camp lors de cette étude a fait l'objet de rapports annuels. La publication de [Betbeder et al. \(2014\)](#), concernant 24795 photos de faune sauvage (comprenant 13 espèces de mammifères et 10 espèces d'oiseaux) et 2431 photos de faune domestique (appartenant à 6 espèces), obtenues sur le Camp par l'ONCFS, au cours de la seule année 2013, donne une excellente idée de l'intérêt des PP. Le loup y est présent sur 2,5% des photos de faune sauvage.

Un travail de synthèse est en cours pour valoriser quelques 200 000 photos de faune accumulées en cinq années sur le Camp par l'ONCFS et le Muséum.

Tableau 2 – Effort de piégeage de 2011 à 2015 (NC = Non communiqué)

Année	Muséum		ONCFS	
2011	2 pièges	103 jours - pièges	2 pièges	NC
2012	10 pièges	435 jours - pièges	NC	NC
2013	9 pièges	1556 jours - pièges	10 pièges	2276 jours - pièges
2014	10 pièges	1730 jours - pièges	10 pièges	2160 jours - pièges
2015	12 pièges	2526 jours - pièges	14 pièges	3736 Jours - pièges

Ce n'est qu'avec au moins 20 PP, mis en place toute l'année, relevés régulièrement et déplacés si nécessaire, qu'il a été possible d'avoir des éléments pertinents sur l'écologie du loup sur les 34 500 ha du Camp.

b) Deux approches complémentaires

Les PP ont été utilisés selon deux approches totalement différentes mais très complémentaires (Salgues, 2014) :

Photographier « tout ce qui passe devant le PP » : nous avons choisi le Reconyx HC 600 qui a un temps de réaction rapide : les photos sont prises en continu depuis la détection du premier mouvement jusqu'à la disparition de l'animal dans le champ de détection (fig.4). Ainsi, il est fréquent d'obtenir plusieurs photos d'un seul individu, d'observer son comportement durant le temps de son passage, et de ne pas manquer l'individu suivant le cas échéant.

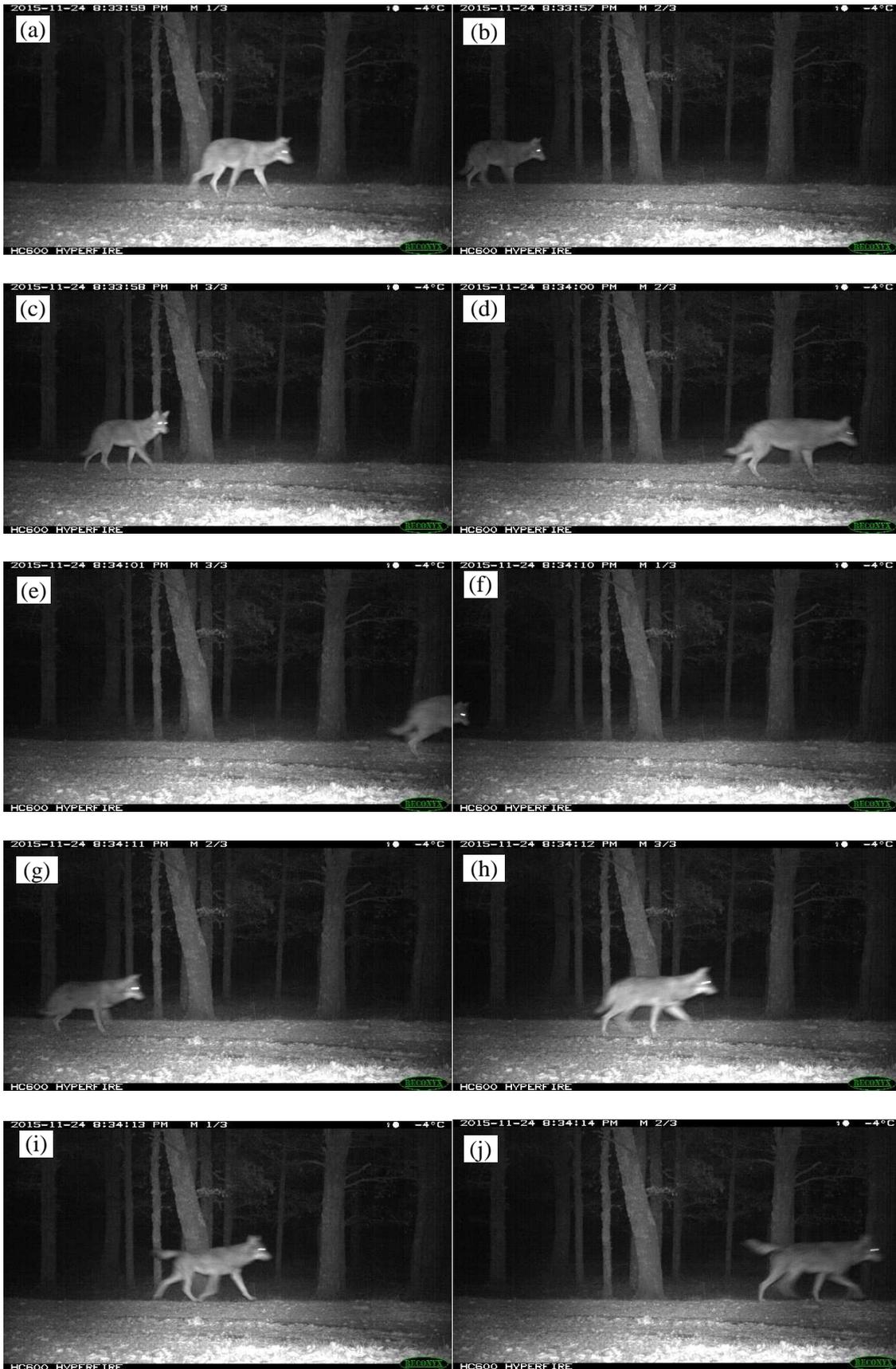


Figure 4. Cadence de prise de photos au Reconyx HC600 : Loup 1 (a-e), 2 (f-h) et 3 (i-j)

Les photos de jour sont d'une excellente qualité (fig. 5). Ses leds noires en 940 nm, invisibles pour l'homme, permettent d'obtenir d'excellentes photos nocturnes monochromes et ne provoquent aucune réaction de fuite chez les animaux. Ses piles lithium durent environ un an et fonctionnent très bien sous des températures fortement négatives. Le Reconyx HC 600 ne donne de nuit que des photos monochromes mais en très grand nombre. Cela est très utile pour l'analyse des comportements au sein de la meute. Il permet surtout, pour chaque passage de loup, d'avoir le nombre exact d'individus se déplaçant ensemble.

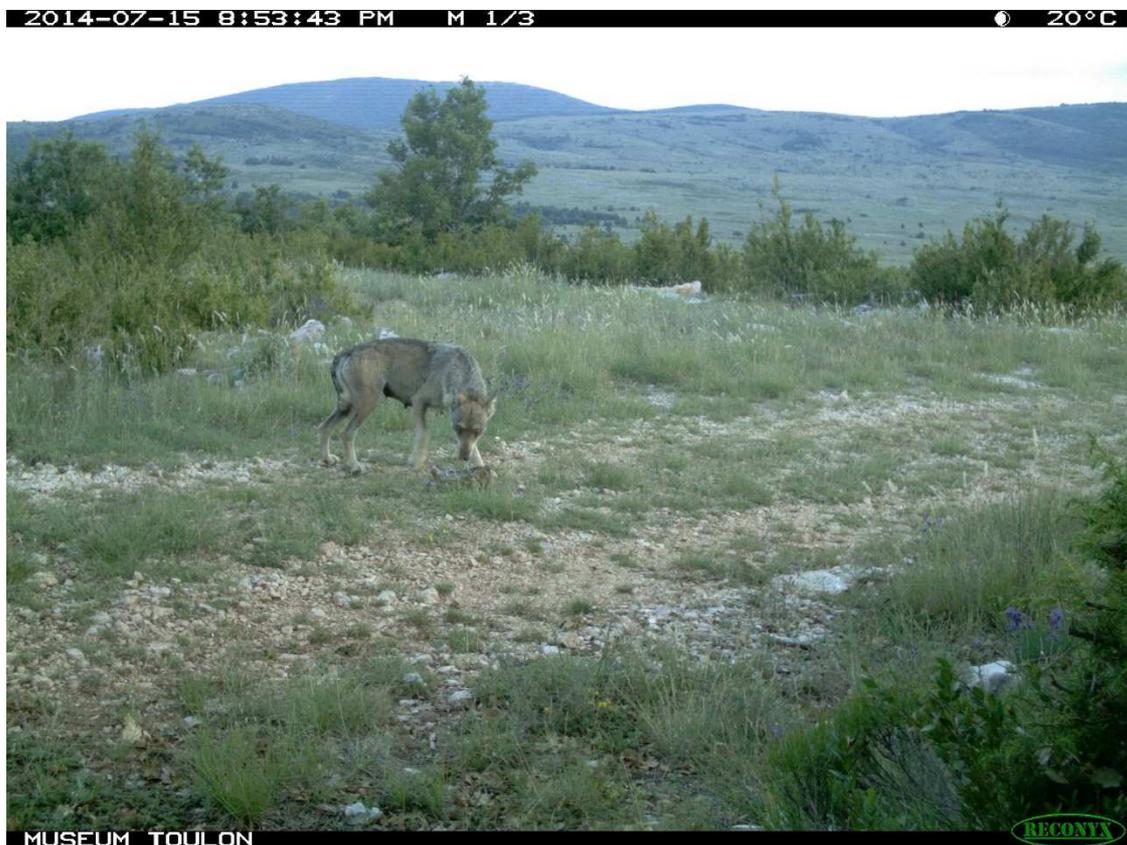


Figure 5. Femelle alpha tétée, stoppée par un leurre en plein jour

Avoir des images de bonne qualité: cela permet d'identifier certains individus. Notre choix s'est porté principalement sur les Cuddeback Ambush et C1 dont le déclenchement

est rapide. Leur flash incandescent, d'excellente qualité, permet de fixer l'image du loup lorsqu'il est bien perpendiculaire à l'objectif. Le but de ces appareils n'étant pas de connaître le nombre de loups qui se déplacent ensemble (données fournies par le Reconyx HC600) mais d'avoir une belle photo de loup, plein profil. La durée de rechargement du flash permet très rarement une seconde photo.

Le cliché ainsi obtenu permet d'avoir les résultats sur :

- *Le masque facial* : il permet rarement de reconnaître un individu déterminé, mais il permet d'en éliminer certains.
- *La présence de cicatrices ou de balafres* : elles sont parfois très caractéristiques et permettent l'identification certaine de l'individu, mais souvent pendant un laps de temps assez court (extraordinaires facultés de cicatrisation et de repousse des poils). La balafre, si elle est importante peut être observée l'année suivante, en septembre, lorsque le loup possède son poil le plus ras.
- *Les pelades ou les plaques de gale*, plus ou moins purulentes voire saignantes, sont de bons critères momentanés de reconnaissance mais elles régressent en hiver et sont donc moins facilement observables du fait de l'épaisseur de la fourrure.
- *Les critères de reconnaissance sexuelle* (mamelles, fourreau pénien, testicules, vulve) et de dominance (posture du loup et position de la queue) ainsi que l'état de gestation ou de lactation ont été finement étudiés sur chacun des loups photographiés. En ce qui concerne les photos couleur, le Cuddeback Ambush a donné les meilleurs résultats mais nous avons aussi utilisé les Capture, C1 Flash et dans une moindre mesure le CuddebackAttack (fig. 6).

- La recherche de phénotypes pouvant résulter d'une hybridation chien x loup (anomalies de coloration, loups noirs, présence de super-ergots, taille et forme des oreilles, taille et port de la queue) a été systématique

Très souvent les deux types de PP ont été posés côte à côte pour obtenir le maximum de renseignements.



Figure 6. photo du Cuddeback Ambush (1), photo du Cuddeback Capture (2) et photo du Cuddeback C1 (3)

3.2/ Biologie et comportement du loup

a) Distinction des individus et suivi pluriannuel

L'utilisation des PP sur le Camp a permis de reconnaître certains individus grâce à de nombreux critères distinctifs.

Étant donné que dans la grande majorité des cas, les loups ont été photographiés de profil il a parfois été possible d'identifier le sexe de l'individu (présence d'organes génitaux ou de mamelles).

En période de reproduction, l'avancement du cycle reproducteur a pu être constaté et suivi. Ainsi une femelle alpha a été photographiée gestante puis allaitante à 2 jours d'intervalle, donnant ainsi la date de la mise bas.

Les loups photographiés montraient très souvent des balafres résultant de blessures occasionnées lors de confrontations intraspécifiques ou lors de la capture de proies (sabots des ongulés, défenses des sangliers). Ces blessures sont bien visibles sur les appareils avec flash incandescent et nous permettent d'identifier sur une courte période certains individus d'une meute.

Enfin et surtout une femelle alpha a été suivie grâce à une tache noire au niveau de la mamelle thoracique droite en 2011, puis, les années suivantes par de multiples zones pelées et même sanguinolentes causées par la gale sarcoptique ([Kreeger, 2003](#); [Galaverni et al., 2012](#)). Une fois l'individu bien identifié, il nous été très facile de suivre ses mouvements sur 15 PP différents et d'estimer les limites du territoire de sa meute. Sa maladie, aux symptômes bien visibles (zones dénudées, formations de croûtes de sang)

n'a pas empêché la femelle de se reproduire pendant plusieurs années (présence de mamelles tétées chaque année).

Ce suivi photographique a permis de localiser cette femelle, appelée dans cette étude « la Mama » durant 4 années consécutives (2011-2015) et à 136 reprises. La cartographie (fig.7) de l'occurrence de cette femelle alpha nous a donné une excellente localisation du territoire de sa meute. Ce territoire est nettement séparé de celui de l'autre meute par, du nord au sud, un immense canyon quasiment infranchissable, les bâtiments et les abords immédiats de la zone bâtie du Camp militaire puis une gorge très encaissée.

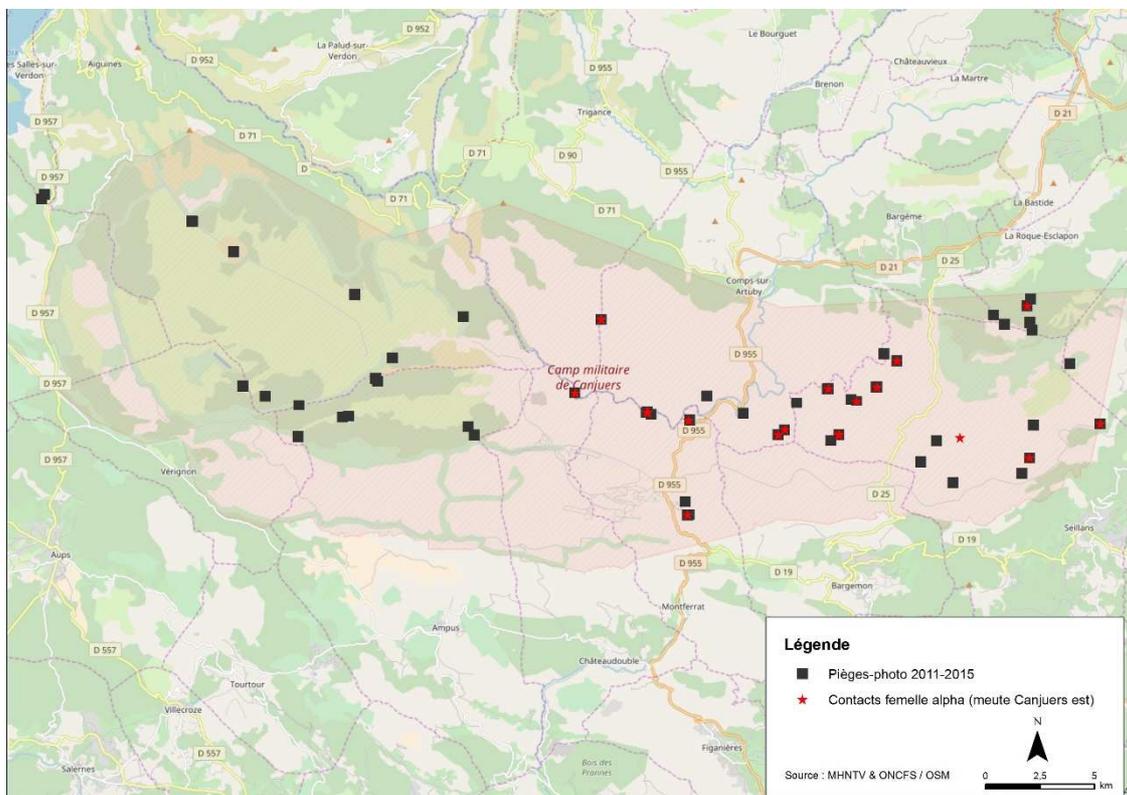


Figure 7 : répartition des contacts avec une femelle alpha

b) Répartition spatiale et données de reproduction des deux meutes

Certaines données concernant les territoires de ces deux meutes ont été confirmées par les analyses ADN d'excréments, réalisées par l'ONCFS. Pour plus de facilité les deux meutes ont été appelées « meute est » et « meute ouest ».

- Meute « est » : sur 33 emplacements de PP, 601 passages de loups ont été obtenus dont 162 au ReconyxHC 600 (fig.8)
- Meute « ouest » : sur 17 emplacements de PP, 359 passages de loups ont été obtenus dont 205 au ReconyxHC 600 (fig. 9) Dans la mesure du possible les données de la reproduction de ces deux meutes ont pu être étudiées séparément (Tableau 3).



Figure 8. Couple alpha (meute est)



Figure 9. Couple alpha (meute ouest)

Tableau 3 : Résultats détaillés du suivi des deux meutes

Années	Meute est	Meute ouest
2011	Photographie d'un couple dont la femelle très caractéristique (très probablement la Mama) est tétée le 04/07. Ce couple est totalement différent de celui de la meute ouest.	Observations de 3 adultes différents. La femelle dominante a été photographiée le 28/08, avec 5 louveteaux puis systématiquement avec seulement 4 louveteaux, tous atteints de gale.
2012	Au moins trois adultes différents dont la femelle dominante (la Mama) tétée.	Peu documentée mais 3 loups ensemble (2 adultes et 1 louveteau) le 11/09.
2013	Femelle (la Mama) gestante le 16/05 et allaitante le 02/06.	7 loups ensemble (adultes et louvarts) le 29/11.
2014	4 adultes ensemble avant reproduction le 12/04. Femelle (la Mama) gestante le 13/05 et allaitante le 16/05. 4 louvarts le 14/10. Couple dominant suivi de 7 individus ensemble dont louvarts le 26/10 (soit 9 individus après reproduction)	Femelle allaitante le 06/07. 6 adultes ensemble le 29/08
2015	5 adultes ensemble le 12/01. Observation visuelle de 5 loups le 24/05. Femelle gestante (nouvelle femelle alpha) le 30/04 et allaitante le 03/06. 1 adulte et 3 louveteaux le 29/09. 5 loups ensemble (adultes et louvarts) le 13/11 et le 10/12	Femelle gestante les 24/04, 06/05 et 07/05 et allaitante le 27/06. 11 loups ensemble (dont adultes et louvarts) le 24/11.

c) Gale sarcoptique

Cette maladie a été décelée dans les deux meutes :

- meute est : 31 passages de loups présentant des traces de gale. La femelle alpha étant elle-même la plus fortement affectée par cette maladie (fig.10). Apparemment deux autres individus étaient atteints également.



Figure 10. Femelle alpha fortement galeuse (1) et Femelle alpha avec pelage classique en fin d'hiver (2)

- meute ouest : en 2011, 4 louveteaux sont atteints de gale (fig.11). En 2015, 3 passages d'un loup (probablement le même individu) atteint de gale.



Figure 11 : Deux louveteaux atteints de gale sarcoptique

d) Analyses des caractères phénotypiques

Toutes les photos de bonne qualité ont été analysées et tous les loups photographiés avaient le phénotype de la sous-espèce *Canis lupus italicus* : masque facial bien marqué, filets noirs sur le devant des avant-bras de couleur roux/fauve, queue relativement courte.

Aucun individu possédant des caractères pouvant laisser supposer une hybridation (grandes oreilles, super ergots, anomalies de coloration) n'a été observé. Enfin, aucun loup noir n'a été photographié sur ces cinq années de suivis.

e) Régime alimentaire

Les photos d'apports de proies ont été relativement peu nombreuses et moins de la moitié ont permis de déterminer l'espèce proie.

Sur les 19 photos de proies transportées par les loups, seules 9 ont pu être identifiées : 4 fois du sanglier (fig.12), 4 fois du mouton (dont 2 agneaux entiers) et une fois un chevreuil entier. 10 proies n'ont pu être identifiées car le loup ne transportait qu'un morceau de viande peu caractéristique par sa forme ou la couleur des poils.



Figure 12. Transport d'un marcassin

f) Analyse des déplacements en groupe

À partir des 367 photos de loups issues uniquement des Reconyx HC 600, nous avons synthétisé les résultats de déplacements obtenus pour les deux meutes présentés dans le tableau 4 ci-dessous.

Tableau 4 : Nombre de loups se déplaçant ensemble dans les deux meutes

Nb de loups	Meute est (nb passages)	Meute est (fréquence en %)
1	86	53,1
2	63	38,9
3	5	3,1
4	3	1,9
5	2	1,2
6	1	0,6
7	2	1,2
8	0	0,0
9	0	0,0
10	0	0,0
11	0	0,0
Total	162	100 %

Nb de loups	Meute ouest (nb passages)	Meute ouest (fréquence en %)
1	161	78,5
2	29	14,1
3	6	2,9
4	3	1,5
5	2	1,0
6	2	1,0
7	1	0,5
8	0	0,0
9	0	0,0
10	0	0,0
11	1	0,5
Total	205	100 %

Il apparaît clairement que dans chacune des deux meutes, les loups se déplacent principalement seuls : 53,1% des cas dans la meute « est » et 78,5% dans la meute « ouest ».

Les déplacements par deux viennent ensuite avec respectivement 38,9% des cas dans la meute « est » et 14,1% dans la meute « ouest ».

Aussi bien sur la meute « est » que sur la meute « ouest », le total des pourcentages des déplacements seuls ou par deux sont très proches (92,0% et 92,6%). L'analyse concernant tous les cas où deux loups se déplacent ensemble, réalisée grâce à l'utilisation complémentaire des PP couleurs, a montré que sur 158 passages le couple dominant a pu

être identifié 47 fois, soit 30% des cas. Ce résultat est très fortement sous-estimé car l'identification certaine et simultanée des deux individus du couple est toujours très délicate.

Les déplacements de 3 à 5 individus ensemble ne concernent que 5,2% des passages pour la meute « ouest » et 6,0% pour la meute « est ».

Les déplacements de 6 à 11 loups ensemble sont peu communs voire rares et peuvent être considérés comme la meute entière, sauf pendant la période s'étendant de mi-mai à mi-septembre où il convient de rajouter les louveteaux se trouvant soit à la tanière, soit sur le site de rendez-vous.

Le déplacement relevé de 11 loups ensemble le 29/11/2013 nous apporte différentes informations. En effet, les individus (probablement la meute entière) se déplaçaient au trot rapide sur une piste d'environ 3 m de large. La vitesse de déplacement a été calculée grâce à la chronologie à la seconde près de chaque loup. Les 11 loups, régulièrement espacés (de 10 à 20 mètres), ont mis 98 secondes pour défiler devant le PP. Avec une vitesse moyenne de 7,3km/h, la meute entière s'étirait donc sur une distance d'environ 200 mètres.

La taille des groupes de loups se déplaçant ensemble, repérés grâce au Reconyx, permet également de constituer l'équivalent de l'EMR* (effectif minimum retenu) calculé habituellement d'après le suivi des traces dans la neige (Tableau 5).

Tableau 5 : EMR de la meute « est » pour l'hiver 2014-2015 d'après les PP

Nb indiv	1	2	3	4	5	6	7
Nb de contacts	59	12	1	2	1	0	1

*Cette méthode est utilisée par l'ONCFS pour servir de référence aux suivis nationaux. Cependant, le calcul de l'EMR par suivi des traces dans la neige est quasiment impossible à mettre en œuvre dans les territoires méditerranéens actuellement occupés par les loups.

g) Rythmes d'activités

Les PP ont permis également d'obtenir de très nombreuses données sur les rythmes nyctéméraux d'activité des loups. Les PP ayant été placés sur des voies de circulation, les rythmes obtenus concernent principalement les activités de déplacement, même si l'on a pu mettre en évidence, des transports de proies, des actes de marquage du territoire ainsi que des comportements agonistiques.

Pour réaliser cette approche nous avons analysé tous les passages enregistrés sur tous les types de PP. Seule la première photo de chaque passage d'un ou de plusieurs loups devant l'appareil a été utilisée. Pour chacun des 960 passages ont donc été notés la date (jour et mois) ainsi que le moment de la journée en heure et minute. Tous les horaires sont notés en heure d'hiver (temps UTC+1).

Nous avons, dans un premier temps, regroupé artificiellement toutes les données des 5 années d'étude sur un cycle de 24h, comme l'ont fait [Galaverni et al. \(2012\)](#).

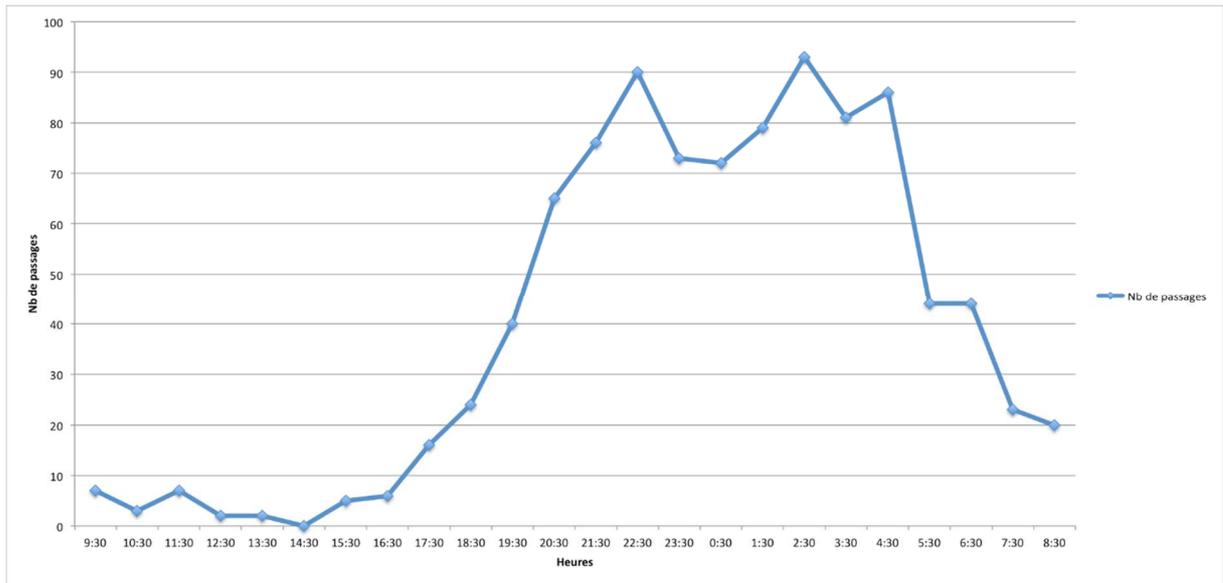


Figure 13 : Activité de déplacement des loups sur un cycle nyctéméral d’après l’utilisation des PP.

D’après la figure 13, il est clair que l’activité est franchement nocturne. Elle commence entre 16h30 et 17h30 avec un pic vers 22h30. On observe alors une baisse sensible des passages de loups au cœur de la nuit, entre 23h30 et 1h30. Cette baisse est peut-être liée à une phase de moindre activité, comme observé chez la louve « Tinée » dans le Programme Prédateur Proie (Ailloud, 2012). Elle peut également correspondre à des actions de chasse ou de consommation des proies : les loups ne fréquentant plus les chemins, ils ne sont plus détectés par les PP. Gérard Millischer (com.pers.) a observé régulièrement cette baisse des déplacements des loups en cœur de nuit grâce à des jumelles thermiques. On note ensuite un nouveau pic d’activité entre 2h30 et 4h30, avec 80 à 90 passages comptabilisés sur cette seule tranche horaire, puis une décroissance jusqu’à 8h30. L’activité diurne est nettement plus faible mais des loups ont été capturés sur les PP à toutes les heures de la journée sauf entre 14h et 15h. Ces données sont assez comparables à celles de Galaverni *et al.* (2012) mais avec deux différences notables :

1/ces auteurs ne mettent pas en évidence la légère baisse d'activité au cœur de la nuit ;
2/ils n'ont apparemment pas de données sur les déplacements diurnes, entre 6h et 16h.
Sans rentrer dans le détail des facteurs pouvant engendrer ces différences, il est clair que le nombre important de passages analysés dans notre étude (960 données contre 103 pour l'étude menée par Galaverni *et al.*, 2012) permet d'avoir une approche plus globale et représentative du rythme d'activité des loups sur le site.

Le grand nombre de données nous autorise en effet d'étendre cette analyse du rythme d'activité nycthémeral sur un cycle annuel comme l'a réalisé Robert Hainard sur le Blaireau (Hainard, 1987). Pour cela, l'ensemble des données de passages obtenues de 2011 à 2015 a été lissé artificiellement sur une seule année civile. Les horaires (en heure d'hiver) de lever et de coucher du soleil sur un cycle annuel ont été lissés sur le même graphique (fig. 14). Il convient de noter que le nombre de PP en place sur le terrain n'ayant pas été le même tout au long des 5 années de l'étude, il est impossible de comparer l'activité de déplacement entre les différents mois de l'année. En revanche, quelle que soit la période de l'année et le laps de temps étudié, l'activité de déplacement des loups peut être aisément analysée par rapport au lever et coucher du soleil.

On voit ainsi, sur un cycle annuel, que l'activité se situe nettement entre le coucher et le lever du soleil (soit 87 % des données) ; les loups commencent à se déplacer juste avant la nuit noire (qui débute une heure après le coucher du soleil). Cette période est appelée communément « *entre chien et loup* ».

Si l'on divise l'année en quatre saisons biologiques on peut entrer dans le détail de l'activité de déplacement des loups.

Hiver (décembre, janvier, février) : l'effort d'échantillonnage a été faible mais suffisant pour montrer que l'activité est quasi-strictement nocturne avec 1 seule donnée dans l'après-midi et seulement 3 passages en matinée (soit 0,3 %).

Printemps (mars, avril, mai) : légère augmentation de l'activité diurne (2,2 %), avec quasi-égalité des passages entre matin et après-midi.

Été (juin, juillet, août) : nette augmentation de l'activité diurne (7,2 %). Elle est treize fois plus intense le matin, surtout dans les deux heures suivant le lever du soleil, que l'après-midi. Les nuits très courtes, à cette époque où ils sont les plus nombreux (naissances des louveteaux mi-mai) et ont les plus grands besoins alimentaires, obligent les loups à rentrer plus tard en matinée.

Automne (septembre, octobre, novembre) : ralentissement progressif de l'activité diurne (2,9%) avec l'augmentation de la durée de la nuit. L'activité reste encore environ trois fois plus intense en matinée que l'après-midi.



Figure 14 : Rythme d'activité de déplacement des loups sur un cycle annuel par rapport aux heures de lever et de coucher du soleil

IV. Discussion

Cette étude, menée sur le Camp militaire de Canjuers sur le loup à l'aide de PP est, à notre connaissance, la plus détaillée jamais menée en France en utilisant cette méthode. Outre les résultats importants concernant la connaissance sur les loups occupant ce site, développés dans le corps de cet article (nombre de meutes, territoires, dénombrement des individus par meute, régime alimentaire, etc.) nous avons pu aborder, plus en détail, certains aspects de la biologie du loup, notamment ses déplacements

Une réflexion a été menée tout au long de cette étude sur les forces et les faiblesses des PP par rapport à d'autres approches qui peuvent être : l'observation directe (de jour ou de nuit), le suivi de traces dans la neige, les hurlements provoqués et l'analyse ADN des excréments.

Les PP pour l'étude des loups en zone méditerranéenne :

1/ Reconnaître les individus (phénotypes, hybrides, loups noirs) :

Même avec des photos d'excellente qualité, la reconnaissance individuelle est difficile voire le plus souvent impossible ([Genovesi, 2002](#)).

L'utilisation d'un logiciel de métrologie appelé Piximètre ([Henriot & Cheype, 2017](#)), pour tester la reconnaissance individuelle n'a pas permis d'obtenir des résultats pertinents. En effet, des logiciels spécifiques tel que Extract Compare (Conservation Research Ltd) donnent de très bons résultats sur des espèces qui présentent des motifs singuliers telles que le Lynx et le Tigre permettant ainsi des suivis par CMR ([Gatti et al., 2011](#)), ce qui n'est pas le cas des loups.

Toutefois, la présence d'un individu présentant une pathologie de type gale sarcoptique permet d'améliorer les chances de reconnaissance ([Kreeger, 2003](#)). Cela nous a permis de suivre une femelle alpha durant 4 ans (« *la Mama* ») et de connaître le territoire de sa meute.

Par ailleurs, l'observation approfondie des meilleures images permet de différencier certains individus au temps « *t* ». Ce qui autorise à bâtir, loup après loup et sur un espace de temps bref, une approche de la constitution de la meute.

Tous les loups observés présentaient un phénotype du type *Canis lupus italicus*. Aucun phénotype hybride n'a été observé (pas plus que de loup noir). Certes l'analyse ADN est bien plus performante pour aborder ce domaine mais les coûts et les délais sont vraiment très supérieurs (Galaverni *et al.*, 2012; ONCFS, 2017).

2/ Connaître l'état sanitaire de la population (individus malades ou blessés) : Les photos couleur permettent non seulement de mettre en évidence la gale sarcoptique de certains individus (Galaverni *et al.*, 2012) et certaines blessures mais aussi d'observer l'évolution de la maladie ou la cicatrisation des plaies. Nous avons observé, par exemple que la femelle alpha appelée « *la Mama* », fortement affectée par la gale, récupérait son pelage quasiment normal en hiver. Un individu boiteux, qui avait été repéré par observation directe, a aussi été détecté deux fois par les PP.

3/ Renseigner sur le régime alimentaire et la prédation : Les résultats obtenus par les PP sont faibles : un seul acte de prédation a pu être enregistré et seulement 9 proies ont pu être identifiées (sur 19 transportées par les loups). L'étude de la prédation peut être réalisée parfois lors d'observations directes diurnes mais ce sont les analyses de suivis nocturnes par caméras thermiques qui donnent de loin les meilleurs résultats (Landry *et al.*, 2014). De même, les analyses de fèces, collectés pour analyses ADN apportent les données les plus nombreuses et les plus fiables sur le régime alimentaire.

4/ Connaître les sites de rendez-vous : Le Muséum n'a jamais cherché à placer de PP sur les sites de rendez-vous, ce lieu étant extrêmement sensible pour la survie des louveteaux. L'intervention sur les sites de rendez-vous est du seul ressort de l'ONCFS, responsable au niveau national du suivi de la reproduction du loup. Dans ces cas, l'observation directe ou l'utilisation de caméras thermiques à grande distance, sont bien

plus efficaces et moins dérangeantes que les PP. Cependant, en 2011, un PP a été placé sur un site adopté un mois plus tard par la meute comme site de rendez-vous. On a pu ainsi, prouver la reproduction et connaître le nombre de jeunes. De plus les très bonnes photos des quatre louveteaux ont permis d'observer que tous étaient atteints de gale.

5/ Connaître l'état reproducteur, l'âge et le sexe des individus : Les PP ont permis chaque année de mettre en évidence la reproduction, en photographiant des femelles gestantes et/ou allaitantes ; permettant de connaître la période de mise bas de manière très précise. Les individus dominants sont facilement reconnaissables et quand ils sont ensemble le dimorphisme de taille est souvent évident. Le sexe des loups adultes est souvent déterminable d'après photo, en pelage d'été. En revanche, en pelage d'hiver, cette détermination s'avère plus difficile. Il en est de même pour la distinction adulte/louvars à partir de novembre. Malgré ces difficultés, les PP n'ont aucun équivalent permettant la reconnaissance des détails morphologiques des loups constituant une meute bien qu'en aucun cas on ne puisse donner de sex-ratio précis.

6/ Connaître le nombre d'individus d'une meute : En raison du très grand nombre de passages de loups photographiés, et de la précision obtenue dans la taille des groupes (cf. tableau 4), les PP permettent de faire une estimation de la taille d'une meute.

Par ailleurs, ils permettent également de calculer un équivalent de l'EMR ; estimation qui serait totalement impossible dans les zones dépourvues de neige.

7/ Connaître les déplacements en groupes : Nous avons pu montrer que, dans chacune des deux meutes étudiées, les loups se déplacent dans plus de 90% des cas seuls ou éventuellement par deux. Cela confirme les observations par caméra thermique de [Landry & Borrelli \(2018\)](#) et permet d'expliquer que des loups isolés, un couple ou un petit groupe

peuvent être observés au même moment à de grandes distances les uns des autres, tout en appartenant à la même meute. Ce comportement donne la fausse impression « *qu'il y a des loups partout* » et que le nombre de loups estimés par les scientifiques est inférieur à la réalité. Par ailleurs le fait que le loup se déplace principalement seul, même quand il y a une meute, explique qu'une meute peut s'être constituée alors que l'on n'a toujours eu **qu'un seul loup à la fois sur plusieurs dizaines de passages sur les PP**. Ces genres d'observations peuvent, bien sûr, être réalisées à l'aide de caméras thermiques mais cela est assez lourd et coûteux à mettre en œuvre.

8/ Connaître le rythme d'activité sur un cycle nyctéméral et annuel : L'étude fine du rythme d'activité sur un cycle de 24 h montre une activité essentiellement nocturne des loups avec une pause au milieu de la nuit. Le Loup n'étant pas une espèce strictement nocturne (Gaynor *et al.*, 2018), si le comportement prédateur du loup évolue vers une activité majoritairement diurne en réponse à la mise en place de certaines pratiques pastorales concernant le regroupement et la garde nocturne, cela devrait apparaître sur son activité de déplacement enregistrée par les PP.

Enfin, le cycle d'activité annuel par rapport au lever et coucher du soleil est une approche originale qui à notre connaissance n'avait jamais été réalisée sur le loup en France. Les PP ont été particulièrement bien adaptés pour réaliser cette approche et les résultats montrent que le rythme d'activité est globalement nocturne mais déborde dans la journée principalement l'été du fait des nuits plus courtes et de la nécessité de capturer plus de proies pour nourrir les jeunes.

9/ Renseigner sur les espèces proies, espèces compagnes et l'environnement : Cet aspect n'a pas été abordé dans le présent article et sera abordé dans une analyse plus

générale sur la faune de Canjuers au moyen des PP. En effet, les PP ont engrangé, pendant 5 ans un grand nombre de variables abiotiques du milieu naturel (température, phase lunaire, pluie, neige) et photographié toutes les espèces animales sauvages de taille supérieure à un petit passereau. Ont été conservées également toutes les photos, de nuit comme de jour, concernant tous les passages des véhicules, des piétons et des troupeaux (vaches, moutons, chèvres, avec ou sans chiens de conduite et de protection). Cette base de données immense et facilement disponible n'aurait pu être constituée par aucun autre moyen que la pose de PP. Elle constitue une base de référence irremplaçable pour les études à venir.

En résumé, avec ses forces et ses faiblesses (Tableau 6), l'utilisation des PP s'avère très pertinente pour l'étude éthologique et biologique du loup en région méditerranéenne.

Tableau 6 : Pertinence des PP concernant les recherches sur le loup dans le Var**

Type de recherche	Pertinence
Reconnaissance individuelle	+
État sanitaire	++
Régime alimentaire	-
Sites de RDV	+
Hiérarchie et état par rapport à la reproduction	++
Taille de la meute	++
Taille des groupes	++
Rythme d'activité	++
Connaissance sur l'environnement	++

++ = Technique très adaptée / + = Technique adaptée /- = Technique peu adaptée

** Trois éléments de comparaison sont envisagés : le coût (prix d'achat du matériel et ressources humaines pour la logistique et l'analyse des données), les conditions de mise en œuvre (les conditions météo, l'implication d'autres structures pour le traitement des données, les délais d'accès aux résultats ADN) et l'efficacité de la méthode pour aborder différents aspects de l'étude des loups.

Conclusion

La photo, datée et géolocalisée constitue une donnée scientifique de référence. Elle est encore plus performante si elle est couplée à un suivi intensif des individus par analyses ADN. L'utilisation de PP, approche facile à mettre en œuvre et peu coûteuse en matériel, peut donc être facilement utilisée en complément des autres techniques habituelles d'étude des loups et apporter des résultats irremplaçables à la connaissance de l'espèce en zone méditerranéenne. Cependant, elle nécessite des moyens humains importants (pose et relevés réguliers des pièges et analyses détaillées de dizaines de milliers de photos) qui doivent être pris en compte dès le début du suivi.

Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier tout spécialement les Autorités militaires du Camp de Canjuers qui ont autorisé la pose des PP et ont toujours facilité notre accès au Camp (en fonction des contraintes de sécurité). Nous remercions l'ONCFS (service départemental du Var) et en particulier Gilles Pullino et Romain Janin pour des échanges constructifs et permanents. Merci également au réseau loup de l'ONCFS pour la mise à disposition des

données et à la Fédération départementale des chasseurs du Var, pour son appui technique (prêt de 2 PP durant toute la durée de l'étude). Nous remercions sincèrement Jacques Blondel, Directeur de recherche émérite au CNRS et François Dusoulier, ancien Conservateur du Muséum départemental du Var pour leurs précieux conseils et leur relecture critique de nos travaux, Frédéric Salgues, spécialiste des pièges-photos en France pour ses conseils et sa relecture pointue de la partie sur les PP et Françoise Poitevin, Maitre de conférence à l'EPHE (Université de Montpellier) pour son aide à la réalisation du graphique nycthémeral sur un cycle annuel.

Bibliographie

- AILLOUD, J. (2012) Le retour du loup (*Canis lupus*) en France, vingt ans après. Enjeux scientifiques, socio-économiques et politiques en 2012. Cas particulier des Alpes-Maritimes. Thèse vétérinaire Université Claude Bernard-Lyon, 269p.
- ANCEAU, C., BERGEON, J.P., TARDY, X. (2015). La prédation du loup sur les ongulés sauvages : impacts directs et indirects. *Faune sauvage* 306: 21-36
- ANONYME (1996). Loups et élevage : une cohabitation impossible. Chambre d'Agriculture des Alpes-Maritimes et FDSEA 06 – Vie agricole supplément au n° 874. 12p.
- BARJA, I., DE MIGUEL, F.J, BARCENA, F. (2004). The importance of crossroads in faecal marking behaviour of the wolves (*Canis lupus*). *Naturwissenschaften* 91:489–492
- BARJA, I., DE MIGUEL, F.J, BARCENA, F. (2005). Faecal marking behaviour of Iberian wolf in different zones of their territory. *Folia Zool.* 54(1–2): 21–29
- BETBEDER, L., LEONARD, Y., DUCHAMP, C. (2014). Le piège-photo : Une alternative au suivi du loup dans les zones sans neige ? Bilan d'une campagne menée à Canjuers (83). *Bull. d'info. Réseau Loup ONCFS*, 32: 12-17.
- CIUCCI, P., BOITANI, L., FRANCISCI, F., ANDREOLI, G. (1997). -Home range, activity and movements of a wolf pack in central Italy. *J. Zool.* 243:803–819
- DAHIER, T. & DUCHAMP, C. (2002). – Études en cours. *Bull. d'info. Réseau Loup ONCFS*, 8: 5.

DE BEAUFORT, F. (1988). Écologie historique du loup, *Canis lupus* L. en France.
Université de Rennes, 1104 p.

DOBREMEZ, J.F. (1996). - Rapport à Madame le Ministre de l'Environnement sur une mission d'inspection et de médiation sur le loup. 26 p.

FABBRI, E., MIQUEL, C., LUCCHINI, V., SANTINI, A., CANIGLIA, R.,
DUCHAMP, C., WEBER, J.M., LEQUETTE, B., MARUCCO, F., BOITANI, L.,
FUMAGALLI, L., TABERLET, P., RANDI, E. (2007). From the Apennines to the Alps:
colonization genetics of the naturally expanding Italian wolf (*Canis lupus*) population.
Mol. Ecol 16:1661–1671

FAURE, T. (2008).- Camp militaire de Canjuers :Aménagement forestier des espaces naturels du camp pour la période 2008-2023.

FLÜHR, J. 2011. - Analyse spatio-temporelle du régime alimentaire du loup (*Canis lupus*) dans les Alpes françaises. Master 1 « Ingénierie en Écologie et Gestion de la Biodiversité » Univ. Montpellier 2 / ONCFS, CNERA PAD

GALAVERNI, M., PALUMBO, P., FABBRI, H., CANIGLIA, R., GRECO, C., RANDI, E. (2012). - Monitoring wolves (*Canis lupus*) by non- invasive genetics and camera trapping : a small-scale pilot study. *Eur. J. Wildl. Res.*, 58: 47–58

GATTI, S., BLANC, L., GIMENEZ, O. & MARBOUTIN, E. (2011). Première session intensive de piégeage photographique en Franche-Comté. *ONCFS - Bulletin Quoi de neuf ?* 17: 20-23

GAYNOR, K.M., HOJNOWSKI, C.E., CARTER, N.H., & BRASHARES, J.S. (2018).

The influence of human disturbance on wildlife nocturnality. *Science* 360, 6394 : 1232-1235

GENOVESI, P. (2002). Piano d'azione nazionale per la conservazione del Lupo (*Canis lupus*). Quad Conserv Nat 13. Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio Istituto Nazionale per la Fauna Selvatica, Italy

GOMPPER, M., KAYS, R., RAY, J., LAPOINT, S., BOGAN, D. & CRYAN, J. (2006). - A comparison of noninvasive techniques to survey carnivore communities in northeastern North America. *Wildlife Soc. Bull.* 34: 1142–1151.

HAINARD, R. (1987). - Mammifères sauvages d'Europe : 3^{ème} édition. Delachaux et Niestlé. Page 270 et figure n°69.

HENRIOT, A. & CHEYPE, J.L. (2016). - Piximètre Software version 5.9
<http://ach.log.free.fr/Piximetre/>

HOUARD, T., & LEQUETTE, B. (1993). - Le retour des loups dans le Mercantour. *Riviera Scientifique*, 11: 61-66.

KARANTH, K.U., NICHOLS, J.D., KUMAR, N.S., LINK, W.A., HINES, J.E. (2004). - Tigers and their prey: Predicting carnivore densities from prey abundance. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.*, 101 (14): 4854-4858.

KORA (2015). – Wolfsmonitoring mittels Fotofallen : Ergebnisse aus der Fotofallen-Test Pilotstudie im Calanda. Suisse, Berichtnum 68. 52 pp.

KREEGER, T.J. (2003). - The internal wolf: physiology, pathology, and pharmacology.

Pp 192–217 in: L.D. Mech & L. Boitani (eds) *Wolves behavior, ecology, and conservation*. University of Chicago, Chicago, USA.

LANDRY, J.M. & BORELLI, J.L. (2018). Le loup dans le système agropastoral et la protection des troupeaux. Un nouveau regard basé sur l'étude de systèmes troupeaux-loups-moyens de protection des troupeaux : IPRA, sous presse.

LANDRY, J.M., MILLISCHER, G., BORELLI, J.L., LYON, G. (2014). The CanOvis Project : Studying internal and external factors that may influence livestock guarding dogs' efficiency against wolf predation. *Carnivore Damage Prevention News*, 10: 21-30

LIBERG, O. (2012). - Rapport d'une mission d'expertise relative à l'évaluation du système de suivi de la population de loups (Demandeur : MEEDM via Comité français de l'UICN), 7 p.

MATTIOLI, L., APOLLONIO, M., MAZZARONE, V., & CENTOFANTI, E. (1995). - Wolf habits and wild ungulates avail ability in the Foreste Casentinesi National Park, Italy. *Acta Theriol.* 40 (4): 387-402.

MECH, L.D. & BOITANI, L. (2003). - Wolf social ecology. Pp 1-43 in: L.D. Mech & L. Boitani (eds). *Wolves behavior ecology and conservation*. University of Chicago, Chicago, USA

MONTANA, L., CANIGLIA, R., GALAVERNI, M., FABBRI, E, RANDI, E. (2017). - A new mitochondrial haplotype confirms the distinctiveness of the Italian wolf (*Canis lupus*) population. *Mamm Biol*, 84: 30–34.

MORICEAU, J.M. (2007). Histoire du méchant loup, 3000 attaques sur l'homme en

France. Fayard éd. 623p.

MUNOZ, D., KAPFER, J. & OLFENBUTTEL, C. (2014). Do Available Products to Mask Human Scent Influence Camera Trap Survey Results ?, *Wildl. Biol.*, 20 :246-252.

PETERSON, R.O. & CIUCCI, P. (2003). - The wolf as a carnivore. Pp 104-124 : L.D. Mech & L. Boitani (eds). *Wolves behavior ecology and conservation*. University of Chicago, Chicago, USA

ONCFS (2017). L'hybridation du Loup en France : un phénomène très limité. Communiqué de presse – David Gaillardon. 1 p.

ORSINI, P. (1996). Quelques éléments sur la disparition du loup en Provence au cours du XIXème siècle. *Faune de Provence*, 17 p : 23-32

ORSINI, P. (2006). Camp militaire de Canjuers. Pourquoi autant de richesses ? *Garrigues, Bulletin du Conservatoire-Études des Écosystèmes de Provence-Alpes du Sud*. Numéro 41: 6-8

PANINI, T. & AMANDIER, L. (2005). Climats pluviométriques et thermiques en région Provence-Alpes-Côte d'Azur. *Forêt méditerranéenne*. Tome 26, 4: 299-208

QUERTIER, P., ABOUCAYA, A., BELTRA, S., CHILDERIC, M. (2002). Guide du naturaliste dans le Var. Libris. Pp. 332-349

ROVERO, F., TOBLER, M., SANDERSON, J. (2010). - Chapter 6 : Camera trapping for inventorying terrestrial vertebrates. Pp 100-128 in: J. Eymann, J. Degreef, C.

Häuser, J.C. Monje, Y. Samyn, D. VandenSpiegel (Eds.). *Manual on field recording techniques and protocols for All Taxa Biodiversity Inventories and Monitoring*. Abc

Taxa, Vol. 8 (Part 1).

ROVERO, F., ZIMMERMANN, F., BERZI, 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. – *Hystrix* 24: 1–9.

SALGUES, F. (2014). Le piégeage photographique : généralités techniques et grands carnivores. *La gazette des grands prédateurs*, 52: 14-17.

TOBLER, M.W., CARRILLO-PERCASTEGUI, S.E., PITMAN, R.L., MARES, R., POWELL, G. (2008). An evaluation of camera traps for inventorying large- and medium-sized terrestrial rainforest mammals. *Anim. Conserv.* 1: 169–178.

ZIMEN, E. & BOITANI, L. (1975). Number and distribution of wolves in Italy. *Z. Säugetierkunde*, 40: 102-112.