AGROCAMPUS OUEST

☑ **CFR Angers** ☐ **CFR Rennes**

Année universitaire : 2018-2019 **Spécialité/Mention :** Paysage **Spécialisation/Parcours :** Génie de l'Environnement (GE) Option Préservation et Aménagement des Milieux et Écologie quantitative (Pam-EQ)	**Mémoire de fin d'études** ☑ d'Ingénieur de l'Institut Supérieur des Sciences agronomiques, agroalimentaires, horticoles et du paysage ☐ de Master de l'Institut Supérieur des Sciences agronomiques, agroalimentaires, horticoles et du paysage ☐ d'un autre établissement (étudiant arrivé en M2)

Étude des effets d'un nouveau système de protection des troupeaux : le collier anti-loup

Par : Manon Frédout

Soutenu à Rennes le 20 septembre 2019

Devant le jury composé de :

Président : Ivan Bernez

Maître de stage : Frédéric Berton

Enseignant référent : Manuel Plantagenest

Les analyses et les conclusions de ce travail d'étudiant n'engagent que la responsabilité de son auteur et non celle d'AGROCAMPUS OUEST

Ce document est soumis aux conditions d'utilisation «Paternité-Pas d'Utilisation Commerciale-Pas de Modification 4.0 France» disponible en ligne http://creativecommons.org/licenses/by-ncnd/4.0/deed.fr

Fiche de confidentialité et de diffusion du mémoire

Confidentialité

☑ Non ☐ Oui si oui : ☐ 1 an ☐ 5 ans ☐ 10 ans

Pendant toute la durée de confidentialité, aucune diffusion du mémoire n'est possible (1).

Date et signature du tuteur de stage (2) :

A la fin de la période de confidentialité, sa diffusion est soumise aux règles ci-dessous (droits d'auteur et autorisation de diffusion par l'enseignant à renseigner).

Droits d'auteur

L'auteur (3) **Frédout Manon** autorise la diffusion de son travail (immédiatement ou à la fin de la période de confidentialité)

☑ Oui ☐ Non

Si oui, il autorise

☐ la diffusion papier du mémoire uniquement(4)

☑ la diffusion papier du mémoire et la diffusion électronique du résumé

☐ la diffusion papier et électronique du mémoire (joindre dans ce cas la fiche de conformité du mémoire numérique et le contrat de diffusion)

(Facultatif) ☐ accepte de placer son mémoire sous licence Creative commons CC-By-Nc-Nd (voir Guide du mémoire Chap 1.4 page 6)

Date et signature de l'auteur :

Autorisation de diffusion par le responsable de spécialisation ou son représentant

L'enseignant juge le mémoire de qualité suffisante pour être diffusé (immédiatement ou à la fin de la période de confidentialité)

☐ Oui ☐ Non

Si non, seul le titre du mémoire apparaîtra dans les bases de données.
Si oui, il autorise

☐ la diffusion papier du mémoire uniquement(4)

☐ la diffusion papier du mémoire et la diffusion électronique du résumé

☐ la diffusion papier et électronique du mémoire

Date et signature de l'enseignant :

(1) L'administration, les enseignants et les différents services de documentation d'AGROCAMPUS OUEST s'engagent à respecter cette confidentialité.
(2) Signature et cachet de l'organisme
(3).Auteur = étudiant qui réalise son mémoire de fin d'études
(4) La référence bibliographique (= Nom de l'auteur, titre du mémoire, année de soutenance, diplôme, spécialité et spécialisation/Option) sera signalée dans les bases de données documentaires sans le résumé

REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier Olivier Rovellotti et toute l'équipe de Natural Solutions pour m'avoir accueillie pendant ces 6 mois de stage. Plus particulièrement je remercie mes 2 maîtres de stage, Frédéric Berton et Cyril Gautreau pour m'avoir fait confiance en me laissant beaucoup de liberté et d'autonomie dans mon travail. Merci pour tout ce que vous m'avez appris.

Je voudrais aussi remercier les chercheurs et professionnels qui ont pris le temps de m'accompagner dans la construction de mes protocoles et dans l'analyse scientifique. J'adresse particulièrement un grand merci à Nicolas Valet, Christian Kerbiriou, Alexandre Langlais et Guillaume Foli, sans qui les expérimentations sur les chauves-souris n'auraient pas pu être réalisées. Merci aussi à Yves Bas, Yoann Roulet, Lisa Macera, Julien Corny, Thomas Rosnet et Françoise Wemelsfelder pour m'avoir accompagné dans l'analyse de mes données.

Je remercie également Gilbert Habemont qui m'a accueillie chez lui pour les expérimentations en Lorraine. J'ai pu apprendre beaucoup à son contact sur les difficultés de l'élevage. De plus, je remercie Meuse Nature Environnement, en particulier Sébastien Lartique et aussi l'Association pour la Protection des Animaux Sauvages (ASPA) qui nous ont permis d'avoir des relevés photographiques.

Pour finir, je remercie Yann Laurent, qui a pris le temps de m'aiguiller pour la rédaction de mon mémoire. Merci à Manuel Plantagenest. Je voudrais aussi remercier le reste du corps enseignant de PAM-EQ, ils m'ont permis de développer une multitude de connaissances et un regard critique qui m'ont été très utiles pendant mon stage.

SOMMAIRE

INTRODUCTION **1**

1) LE LOUP, UN ANIMAL SOCIABLE ET INTELLIGENT 1
2) LE RETOUR DU LOUP EN FRANCE 1
3) UN MANQUE D'EFFICACITÉ DES MOYENS DE PROTECTION DES TROUPEAUX ACTUELS 2
4) UN COLLIER ANTI-LOUP COMME NOUVEL OUTIL DE PROTECTION DES TROUPEAUX 3

MATERIELS ET METHODES **5**

1) PRÉSENTATION DU COLLIER ANTI-LOUP 5
2) ANALYSE DE L'EFFICACITÉ DU COLLIER POUR EFFAROUCHER LE LOUP 5
   A) Étude des données récoltées en 2017-2018 ..... *5*
   B) Élaboration du protocole expérimental *6*
   C) Contexte du lieu d'étude *7*
   D) Constitution des lots de moutons *8*
3) ANALYSE DU COMPORTEMENT DES TROUPEAUX (MÉTHODE QBA) 9
4) EXPÉRIMENTATIONS SUR L'EFFET DU COLLIER ANTI-LOUP SUR LES CHIROPTÈRES 10
   A) Les enregistreurs automatiques *10*
   B) Protocole d'écoute *11*
   C) Choix des sites d'écoute *13*

RÉSULTATS **14**

1) SUIVI DES ATTAQUES DE LOUP 14
2) DESCRIPTION DU COMPORTEMENT DES MOUTONS 16
3) SUIVI DE L'ACTIVITÉ DES CHIROPTÈRES 18

DISCUSSION **21**

1) ANALYSE DE L'EFFICACITÉ DU COLLIER POUR EFFAROUCHER LE LOUP 21
   A) Des résultats encourageants devant être confirmés *21*
   B) Une étude qui mérite d'être poursuivie et approfondie *22*
      a) Des améliorations et des nouveaux axes de recherche 22
      b) Une nouvelle approche pour trouver des éleveurs partenaires 22
   C) Le collier anti-loup au regard des autres moyens de protection disruptifs existants *23*
2) ANALYSE DE L'ÉTAT ÉMOTIONNEL DES BREBIS 24
   A) Une action potentielle du collier sur le comportement des brebis *24*
   B) Des éléments à améliorer dans le protocole *25*
   C) D'autres méthodes pour une analyse plus précise du bien-être des troupeaux *26*
3) ANALYSE DE L'IMPACT DU COLLIER SUR L'ACTIVITÉ DES CHIROPTÈRES 27
   A) Un impact du collier négligeable sur l'activité des chiroptères *27*
   B) Une étude à étendre sur d'autres espèces de chiroptères *28*

CONCLUSION **29**

BIBLIOGRAPHIE **30**

SITOGRAPHIE **33**

ANNEXE **34**

TABLE DES ANNEXES

Annexe 1 - Carte du nombre de victimes constatées par les éleveurs en 2017 34
Annexe 2 - Carte du nombre de victimes constatées par les éleveurs en 2018 35
Annexe 3 - Tableau des données utilisées pour l'ACP 36
Annexe 4 - Participation des dimensions de l'ACP à l'explication de la variance 37
Annexe 5 - Détail des espèces présentent sur les sites d'expérimentation chiroptère 38

TABLE DES ILLUSTRATIONS

Figures

Figure 1 - Le collier anti-loup 5
Figure 2 - Zone de présence du loup en Meurthe-et-Moselle (Source : ONCFS) 7
Figure 3 - Localisation des sites d'expérimentation et des pièges photographiques 8
Figure 4 – Liste des adjectifs utilisés pour les tests QBA 10
Figure 5 - Localisation des sites d'étude des chiroptères. 13
Figure 6 - Localisation des attaques du loup pendant les expérimentations 14
Figure 7 - Photographies du loup 15
Figure 8 - Cercle de corrélation des adjectifs du QBA avec les axes 1 et 2 définis par l'ACP 17
Figure 9 - Graphique des individus (ACP) 17
Figure 10 - Activité des chiroptères sur 4 jours d'expérimentation sur le site 1 18
Figure 11 - Activité des chiroptères au cours du temps lors des différentes phases d'expérimentation sur le site 1 19
Figure 12 - Activité des chiroptères sur 6 jours d'expérimentation sur le site 2 19
Figure 13 - Activité des chiroptères au cours du temps lors des différentes phases d'expérimentation sur le site 2 20
Figure 14 - L'efficacité des différentes techniques de protection (Nuninger, 2016) 23
Figure 15 - Cercle de corrélation des adjectifs du QBA avec les axes 1 et 2 définis par l'ACP (Gautier, 2015) 26
Figure 16 - Nombre moyen de contacts chiroptères dans les 6 milieux étudiés au détecteur automatique (Stoetzel, 2015) 28

Tableaux

Tableau 1 - Résumé des tests sur le collier en lorraine et Aveyron de 2017 à 2018 (Source : Cyril Gautreau) 6
Tableau 2 - Composition des lots expérimentaux 8
Tableau 3 – Résumé du déroulement de l'expérimentation 12
Tableau 4 - Résumé des attaques durant l'expérimentation sur Mont l'étroit 14
Tableau 5 - Dates des observations pour les tests QBA 16

1) Le loup, un animal sociable et intelligent

Le loup gris (Canis lupus de la famille des canidés) est un carnivore opportuniste, il consomme préférentiellement des ongulés (cerf élaphe, chevreuil, chamois, mouflon, bouquetin ...) mais aussi des proies plus petites comme les lapins, les lièvres, les rongeurs, les oiseaux, les reptiles. Ainsi, il peut jouer un rôle écologique important en limitant les populations d'herbivores. Il peut également se nourrir de proies plus faciles venant d'élevages, comme les moutons. On estime qu'un loup européen de 35 kg consomme en moyenne 3 à 4 kg de viande par jour.

Le loup peut vivre dans tous les types de milieux couvrant l'ensemble de ses besoins : montagne, plaine, lande, prairie, forêt, etc. C'est une espèce éminemment sociale vivant en meute (de 2 à 8 individus en France). L'espace vital d'une meute est en moyenne de 150 à 250 km² en France (Ministère de l'Écologie et Ministère de l'Agriculture, 2013).

Le loup est considéré comme un animal très intelligent et qui s'adapte rapidement. Son environnement physique diversifié et son environnement social peuvent expliquer sa capacité à résoudre les problèmes qu'il rencontre avec autant de flexibilité (Mech et Boitani, 2010).

2) Le retour du loup en France

Les premières sociétés humaines ont eu tendance à admirer le loup pour son intelligence. Néanmoins, au moment où l'homme a commencé à avoir des troupeaux vulnérables, il commença à le craindre (Mech et Boitani, 2010). Le loup fut alors perçu comme nuisible. C'est cette haine qui amena à son éradication en France au début du XX^{e} siècle. Le pastoralisme en France s'est alors développé plus facilement sans la présence du loup (Bath, 2000). Cette pratique a joué un rôle dans la gestion des paysages de montagne en maintenant une ouverture des milieux favorables à la faune et à de nombreuses espèces végétales fragiles menacées par l'envahissement des arbres (Benhammou, 2003). Cependant en 1992, des populations de loups venues d'Italie ont commencé à revenir s'installer dans les Alpes. Deux agents du Parc du Mercantour ont observé 2 loups en novembre 1992. Pourtant, c'est seulement en 1993 que l'annonce officielle du retour du loup en France a été faite par la revue *Terre Sauvage*. Les dégâts liés aux loups ont commencé à croître dès 1995, faisant monter la colère des éleveurs (Campion-Vincent, 2000). Toutefois, depuis 1979 le loup est une espèce protégée par la convention de Berne en Europe (Falaise, 2015), les éleveurs ont été contraints de cohabiter avec lui. Dès 1993, le Plan d'Action National Loups a été mis en place pour permettre le suivi

de la population mais surtout pour réaliser des expérimentations sur des outils de protection et trouver des systèmes de compensation pour les éleveurs. Par exemple, à partir de 2004, le Plan d'Action National Loup de 2004-2008 prévoyait le remboursement des surcoûts liés à la protection des troupeaux avec la mesure "t". Cette mesure a été remplacée par la mesure 323 c dans le Plan d'Action National Loup de 2008-2012 (Ministère de l'Écologie et Ministère de l'Agriculture, 2013). Malgré tout, la colère des éleveurs continue à monter, l'état ne subventionne qu'à hauteur de 80% les moyens de protection (le coût des subventions s'élève à plus de 24 millions d'euros en 2018). On estime que l'ensemble des éleveurs doit compter au moins 4 000 000 € pour financer cette part non pris en charge par l'État. À cela s'ajoute le coût lié aux pertes indirectes (disparition d'animaux, avortement des brebis gestantes, …) [1].

3) Un manque d'efficacité des moyens de protection des troupeaux actuels

Dans les Alpes franco-italo-suisse on peut retrouver principalement l'utilisation de 3 mesures de protection (Boulenger et al. 2010) :

- Les chiens de protection : des formations sont proposées aux éleveurs pour former des chiens de protection. Ils éloignent les prédateurs mais aussi les intrus, ce qui peut parfois poser des problèmes d'agressivité de ces chiens. En France, la plupart sont des chiens de montagne des Pyrénées (aussi appelés Patou).

- Les clôtures : elles sont utilisées dans les parcs de regroupement de nuit (clôture électrifiée légère) ou dans les parcs de pâturage (clôture électrique de 80 cm de haut). Lorsque des parcs nocturnes sont présents, il faut que leurs dimensions soient suffisantes pour permettre aux animaux de se déplacer. Ils peuvent être mobiles, semi-mobiles ou fixes. Les parcs de pâturage, sont plus adaptés pour des petits élevages car la surface à clôturer est faible. Ils peuvent être fixes ou semi-mobiles.

- Le gardiennage : le berger a pour mission de protéger le troupeau et de le rassembler la nuit ou quand les conditions sont favorables à une attaque. En cas d'attaques, il peut effrayer les loups en faisant de la lumière, du bruit ou en ayant recours à des tirs d'effarouchement, voire des tirs de défense. Des quotas sont décidés par l'État en ce qui concerne le nombre d'individus pouvant être prélevés.

Ces mesures sont préconisées et financées par le plan d'action national loup avec la mesure 323 c (Ministère de l'Écologie et Ministère de l'Agriculture, 2013). Le coût de fonctionnement

de la protection des troupeaux est élevé. Par exemple, pour la mobilisation de quatre mois d'aide-berger et de deux chiens de protection le coût s'élève à 8 400 € par an et par alpage en financement public (CERPAM et al., 2007). De plus, ces systèmes de protection ne sont pas toujours efficaces et sont souvent très contraignants. Il faut souvent combiner plusieurs de ces moyens pour observer une diminution du nombre d'attaque (De roincé, 2016).

En ce qui concerne les chiens de protection, cette méthode semble faire ses preuves pour son efficacité mais elle reste critiquée pour sa difficulté de mise en place. L'entretien des chiens prend du temps (dressage) et coûte cher (assurance, nourriture, vétérinaire, etc...) (Biichle, 2014). De plus, il y a des problématiques autour des chiens de protection qui attaquent parfois les touristes quand les troupeaux sont proches de villages ou de chemins de randonnées (CERPAM et al., 2007). En ce qui concerne les parcs de nuit, leur efficacité est critiquée et ils vont à l'encontre des "bonnes pratiques pastorales". En effet, le fait de concentrer des animaux peut avoir un impact sur la biodiversité du milieu et les clôtures s'abîment rapidement quand on bouge souvent les troupeaux. Le gardiennage, quant à lui, augmente le temp de travail et sa pénibilité (CERPAM et al., 2007).

De plus en plus d'éleveurs sont mécontents et démoralisés, en voyant leurs bêtes mourir sans pouvoir les protéger efficacement (Eisinger, 2017).

4) Un collier anti-loup comme nouvel outil de protection des troupeaux

Aujourd'hui il ne semble pas exister de système de protection capable de satisfaire les attentes des éleveurs. C'est dans ce contexte que Natural Solutions a voulu utiliser ses compétences pour développer un outil technologique pour protéger les troupeaux : un collier qui permettrait d'effaroucher le loup. Il se place sur les brebis et émet des LEDs et des ultrasons quand elles sont agitées. L'objectif est que le loup associe l'attaque à un moment désagréable et retourne vers des proies naturelles. Un tel dispositif est utilisé en Afrique du Sud, le E-Shepherd. Il semble efficace contre les prédateurs présents là-bas tels que les chacals et les léopards (De Villiers et al., 2011). Natural Solutions veut savoir si ce dispositif peut être adapté à la France pour protéger les troupeaux des attaques de loups. De plus, on peut s'interroger sur l'impact du collier sur la santé des brebis ou au contraire s'il peut améliorer leur état émotionnel en les protégeant.

Les ultrasons émis par le collier sont compris entre 23 et 130 KHz, ils ne sont pas entendus par l'homme et les brebis mais on peut donc se demander si son activation ne va pas venir déranger la faune sauvage alentour, en particulier les chiroptères. La plupart des espèces de chauves-

souris peuvent entendre ces fréquences d'ultrasons (Lemair, 2006). Elles pourraient interpréter les signaux du collier qui pourraient avoir un effet répulsif ou à l'inverse attractif selon les espèces (Lewanzik et al., 2019 ; Jones et Conner, 2019).
Ce contexte nous amène à la problématique suivante :

→ Quels sont les effets du collier anti-loup sur la prédation des loups, le bien-être des moutons et l'activité des chauves-souris ?

Nous avons posé plusieurs hypothèses :

- L'hypothèse H1 concernant l'efficacité du collier : Le nombre d'attaques ayant entrainé la mort dans les troupeaux non équipés de collier est différent dans les troupeaux équipés.

- L'hypothèse H2a concernant l'état émotionnel des brebis : le comportement des brebis est identique avec ou sans collier s'il n'y a pas eu d'attaque et les brebis sont plus sereines avec collier après une attaque.
- L'hypothèse H2b concernant l'état émotionnel des brebis : les brebis avec collier sont plus sereines après une attaque.
- L'hypothèse H3 concernant l'impact du collier sur les chiroptères : l'activité des chauves-souris est identique avec et sans présence du collier activé.

Nous allons étudier ces 3 hypothèses en présentant le matériel et les protocoles utilisés, puis nous présenterons les résultats de chaque expérience. Nous finirons par discuter de ces résultats et des améliorations que nous pouvons apporter aux protocoles.

1) Présentation du collier anti-loup

Figure 1 - Le collier anti-loup (Source : Cyril Gautreau)

Les colliers anti-loup utilisés pour cette étude sont ceux vendus en Afrique du Sud (Figure 1). Son fournisseur conseille d'utiliser 1 collier pour 10 moutons (De Villiers et al., 2011).

Un accéléromètre permet de déclencher les LEDs et les ultrasons quand les brebis sont affolées. Son déclenchement est assez ponctuel. Les LEDs émettent de la lumière blanche et les ultrasons correspondent à une succession de sons sur une durée de 18 secondes allant de 23 KHz à 130 KHz. Le collier fonctionne grâce à une pile qui a une durée de vie de 1 an à 1 an et demi. Il pèse 230 grammes et le système d'attache peut s'adapter à différents animaux d'élevage.

Natural Solutions compte l'adapter en ajoutant des clignotements de LEDs aléatoires et de différentes couleurs pour minimiser l'habituation. Une télécommande à distance permettra de l'éteindre et de l'allumer pour éviter qu'il s'active inutilement quand l'éleveur change ses brebis de parcelle. Le collier pourrait être commercialisé pour un prix d'environ 200 euros. Le seul coût supplémentaire sera l'achat de piles. Ce moyen de protection aurait l'avantage d'être plus économique et de diminuer la présence humaine au niveau du troupeau.

2) Analyse de l'efficacité du collier pour effaroucher le loup

A) Étude des données récoltées en 2017-2018

Natural Solutions a travaillé avec 3 éleveurs en Aveyron et 2 éleveurs en Lorraine durant l'année 2017 et 2018 afin de débuter des études sur l'efficacité du collier et de collecter les premiers retours d'éleveurs (Tableau 1).

Au bilan il n'y a eu qu'une seule attaque sur un lot équipé alors que le loup était présent sur les périodes d'expérimentation. Les remarques des éleveurs notées par Cyril Gautreau m'ont permis de réfléchir à la rédaction d'un protocole pour avoir des tests un peu plus adaptés scientifiquement.

Tableau 1 - Résumé des tests sur le collier en Lorraine et Aveyron de 2017 à 2018 (Source : Cyril Gautreau)

Éleveurs	Détail des lots	Contexte d'étude	Résultats et remarques
Éleveur A (Lorraine 15/08/2017 - 31/12 2017)	50 brebis 2 colliers Filet de protection	Prairie dans un champ, espace agricole ouvert fait de cultures (blé, maïs ...)	Le 18 septembre 2018 une attaque sur un lot non équipé protégé aussi par un filet de protection (avec photographie du loup passé à côté du lot équipé). Le lot équipé de l'éleveur B était présent à 50 mètres de l'attaque. Entre le 9 septembre 2018 et le 31 octobre 2018 4 nuits le loup est passé devant les lots équipés sans attaquer (pièges photographiques). L'éleveur trouve ses brebis plus sereines.
Éleveur B (Lorraine 15/08/2017 - 19/10/17)	3 x 10 brebis 3 colliers Pas d'autre moyen de protection	Vergers, arbres fruitiers avec herbes aux pieds	En juillet une attaque sur un lot équipé avec une brebis morte, les autres brebis ont été retrouvées sereines comme s'il n'y avait pas eu d'attaque.
Éleveur C (Aveyron 21/03/18 - 28/04/18)	85 brebis 7 colliers Pas d'autre moyen de protection	Milieux ouverts (Causses, surface calcaire, herbes basses, pelouses sèches)	Pas d'attaque, pas d'observation de présence de loup. NB : le 2 mai 2018 le lot où on venait d'enlever les colliers a été attaqué.
Éleveur D (Aveyron 29/04/18 - 10/06/18 et 30/07/18 - 31/12/18)	80 brebis 7 colliers Pas d'autre moyen de protection	Milieux ouverts (Causses, surface calcaire, herbes basses, pelouses sèches)	Pas d'attaque sur les lots équipés mais des attaques sur des lots d'autres éleveurs dans la commune.
Éleveur E (Aveyron 11/06/2018 - 29/07/2018)	50 brebis 7 colliers Pas d'autre moyen de protection	Milieux ouverts (Causses, surface calcaire, herbes basses, pelouses sèches)	Pas d'attaque sur les lots équipés mais des attaques sur des lots à proximité.

B) Élaboration du protocole expérimental

Les études précédentes ne suivaient pas un protocole cadré. J'ai suggéré de constituer 2 lots de brebis équivalents en nombre et en composition (même nombre de brebis gestantes ou non, d'âges identiques, avec le même nombre d'agneaux, …) et de les placer dans des sites d'expérimentation assez proches et avec un contexte environnemental similaire (la présence de forêts ou de routes peut avoir un impact sur le nombre d'attaques (Mech et Boitani, 2010)). Les éleveurs de cette nouvelle étude ne devront pas avoir d'autres moyens de protection. Nous avons pensé à mettre des pièges photographiques autour des enclos pour attester de la présence du loup sur les sites expérimentaux. Des relevés des traces potentielles de la présence du loup (poils, excréments, empreintes, etc.) seront utiles en complément des pièges photographiques. Tout au long de l'expérimentation nous noterons le nombre d'attaques éventuelles ayant entraîné des blessures ou la mort et dans la mesure du possible le nombre d'attaques déjouées.

Une analyse descriptive, des données obtenues, sera faite pour donner des recommandations pour de futures expérimentations.

C) Contexte du lieu d'étude

Pour commencer, il fallait chercher des personnes prêtes à suivre les consignes du protocole précédent. J'ai contacté un lieutenant de louveterie et la Direction Départementale des Territoires (DDT) pour avoir des contacts avec des personnes intéressées par notre étude. Cependant il est très difficile de trouver des éleveurs ou des éleveuses qui ont la possibilité de séparer leur troupeau en plusieurs lots (ils manquent souvent de temps et de moyens pour surveiller des troupeaux séparés). De ce fait, dans mon étude je n'ai pu travailler qu'avec l'éleveur B des études des années précédentes.

Figure 2 - Zone de présence du loup en Meurthe-et-Moselle (Source : ONCFS)

Cet éleveur a 2 vergers sur la commune de Mont-l'Étroit qui se trouve dans une zone de présence permanente du loup (Figure 2). Plusieurs attaques ont été recensées dans cette commune et ses alentours (Annexe 1 et 2). Grâce à des analyses ADN et la présence de pièges photographiques, l'ONCFS a déclaré que c'était le territoire d'un même loup. Ce loup serait présent en Meurthe-et-Moselle et départements alentours depuis 3 ans et aurait un territoire 2 fois plus grand que les autres loups. D'après les statistiques de l'Office National de la Chasse et de la Faune Sauvage (ONCFS) il serait 10 fois plus meurtrier que les autres loups seuls en France (Préfet de Meurthe-et-Moselle, 2018).

Nous avons utilisé les 2 vergers de l'éleveur pour notre étude (le site A et le site B où 2 pièges photographiques ont été placés). De plus, dans le courant du mois de juin, un habitant lui a prêté un verger (site C) proche de nos sites d'études (Figure 3) pour le faire désherber par les moutons.

Figure 3 - Localisation des sites d'expérimentation et des pièges photographiques

D) Constitution des lots de moutons

Pour commencer, j'avais préconisé que le troupeau soit séparé en 2 lots de brebis équivalents. Cependant, l'éleveur les a constitués en s'adaptant à la composition de son troupeau (Tableau 2).

Tableau 2 - Composition des lots expérimentaux

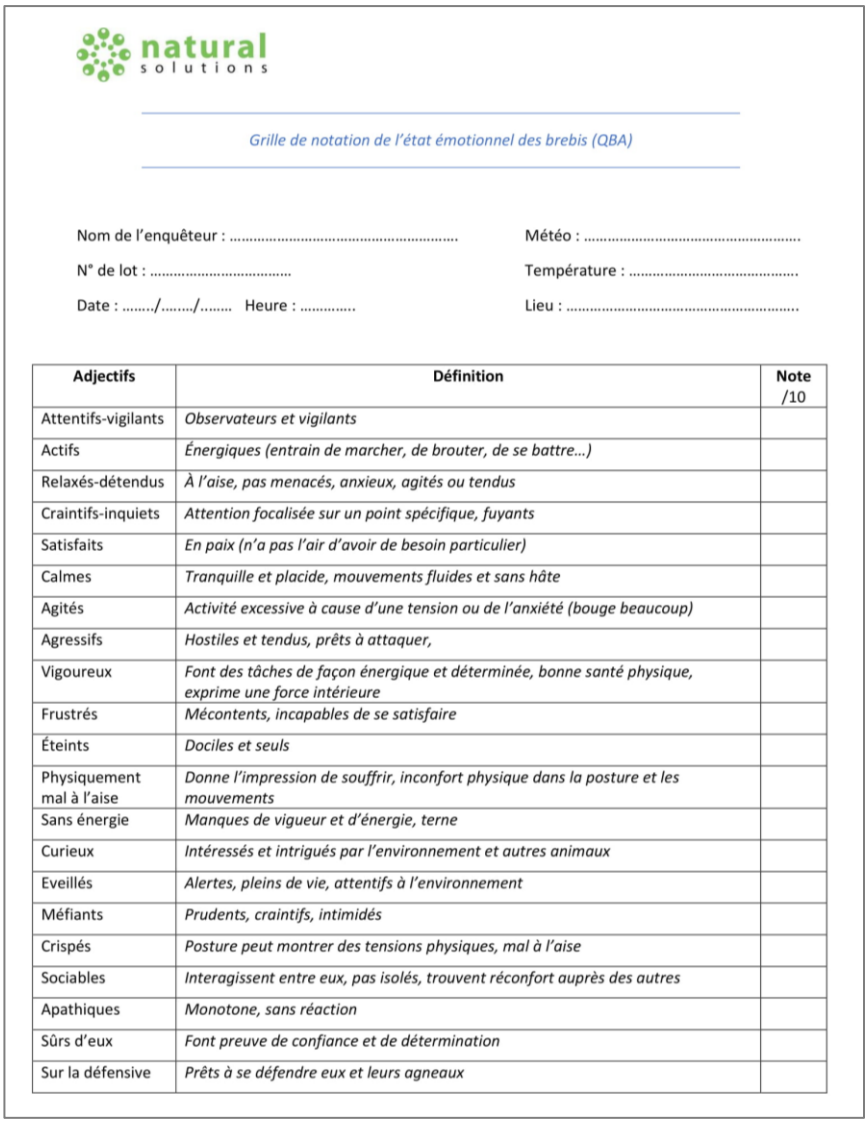
Numéro du lot	Nombres de brebis	Nombres d'agneaux	Total	Nombre de collier	Site d'expérimentation
Lot 1 (témoin)	14	5	19	0	Site B
Lot 2 (test)	11	15	26	1	Site A
Lot 3 (hors étude)	11	12	23	1	Lot déplacé souvent

Remarque : Notre fournisseur préconise d'utiliser 1 collier pour 10 brebis (De Villiers et al., 2011), malheureusement l'éleveur avait déjà mis le 2ème collier qu'on lui avait donné à un autre de ses troupeaux (lot 3). Ce troupeau a été placé au début de l'expérience dans une autre commune puis il est resté quelques semaines dans le site C. Le lot 1 et 2, quant à eux, sont restées 8 semaines dans les sites d'expérimentation.

3) Analyse du comportement des troupeaux (méthode QBA)

Les éleveurs ayant utilisé le collier dans le courant de l'année 2017-2018 trouvaient leurs troupeaux plus sereins et il était important de vérifier que ce dernier n'avait pas un impact négatif sur la santé des brebis. Par exemple, dans le rapport d'étude du E-Shepherd fait en Afrique du Sud, les brebis avaient été pesées pour voir si le collier impactait leur santé (De Villiers et al., 2011). Avec les moyens mis à disposition il n'était pas envisageable de peser les brebis. Après des recherches et selon les conditions de l'étude, il semblait possible d'analyser l'état émotionnel des brebis grâce à la méthode QBA (Qualitative Behaviour Assessment). Son utilisation pour l'étude du bien-être animal a été suggérée par Wemelsfelder et al. (2000). Cette méthode consiste à noter sur 10 une série d'adjectifs (Figure 4) après 10 min d'observation du troupeau. Plus le score est haut, plus le troupeau a manifesté ce comportement (Gautier, 2015). Ces tests ont été menés en même temps que l'expérimentation mise en place avec l'éleveur en Lorraine. Idéalement, j'aurais voulu faire l'analyse 1 fois par semaine et après chaque attaque à proximité des lots. Cependant à cause de la distance du lieu d'expérimentation nous avons décidé de faire le test QBA 3 fois (au moment où les lots tests et témoins ont été placés dans les lieux d'expérimentation, après 4 semaines et à la fin des expérimentations). Pour chaque évaluation je me suis placée proche des lots, de façon à voir tout le troupeau sans trop le déranger. Je portais des vêtements de couleur neutre, pour éviter d'attirer l'attention et d'influencer le comportement.

Par la suite, les données ont été analysées par une analyse en composantes principales (ACP) pour voir s'il existe des différences entre les lots avec et sans collier.



natural solutions

Grille de notation de l'état émotionnel des brebis (QBA)

Nom de l'enquêteur : ..... Météo : .....

N° de lot : ..... Température : .....

Date : ...../...../..... Heure : ..... Lieu : .....

Adjectifs	Définition	Note /10
Attentifs-vigilants	*Observateurs et vigilants*	
Actifs	*Énergiques (entrain de marcher, de brouter, de se battre…)*	
Relaxés-détendus	*À l'aise, pas menacés, anxieux, agités ou tendus*	
Craintifs-inquiets	*Attention focalisée sur un point spécifique, fuyants*	
Satisfaits	*En paix (n'a pas l'air d'avoir de besoin particulier)*	
Calmes	*Tranquille et placide, mouvements fluides et sans hâte*	
Agités	*Activité excessive à cause d'une tension ou de l'anxiété (bouge beaucoup)*	
Agressifs	*Hostiles et tendus, prêts à attaquer,*	
Vigoureux	*Font des tâches de façon énergique et déterminée, bonne santé physique, exprime une force intérieure*	
Frustrés	*Mécontents, incapables de se satisfaire*	
Éteints	*Dociles et seuls*	
Physiquement mal à l'aise	*Donne l'impression de souffrir, inconfort physique dans la posture et les mouvements*	
Sans énergie	*Manques de vigueur et d'énergie, terne*	
Curieux	*Intéressés et intrigués par l'environnement et autres animaux*	
Eveillés	*Alertes, pleins de vie, attentifs à l'environnement*	
Méfiants	*Prudents, craintifs, intimidés*	
Crispés	*Posture peut montrer des tensions physiques, mal à l'aise*	
Sociables	*Interagissent entre eux, pas isolés, trouvent réconfort auprès des autres*	
Apathiques	*Monotone, sans réaction*	
Sûrs d'eux	*Font preuve de confiance et de détermination*	
Sur la défensive	*Prêts à se défendre eux et leurs agneaux*	

Figure 4 – Liste des adjectifs utilisés pour les tests QBA

4) Expérimentations sur l'effet du collier anti-loup sur les chiroptères

A) Les enregistreurs automatiques

Dans le cadre de cette étude, nous avons utilisé deux détecteurs automatiques SM2BAT prêtés par l'agence AUDDICÉ. Cette méthode d'écoute est passive, elle permet d'enregistrer des ultrasons en continu et de manière autonome sur un point fixe. Par la suite les séquences enregistrées ont été analysées grâce à la plateforme Vigie Chiro qui utilise le logiciel TADARIDA. L'activité des chiroptères peut être calculée en comptant le nombre de contacts détectés par l'enregistreur, c'est-à-dire, le nombre de fois que l'appareil a enregistré des ultrasons émis par des chauves-souris. Le logiciel TADARIDA permet d'avoir le détail des espèces détectées avec une probabilité sur la fiabilité de l'interprétation. Dans notre analyse nous avons choisi d'additionner le nombre de contacts pour toutes les espèces confondues avec une probabilité supérieure à 0,95.

B) Protocole d'écoute

Les expérimentations devront être réalisées en étant attentif aux conditions météorologiques (vent nul ou faible, absence de pluie) les soirs d'écoute (Fauvel et Bécu, 2006 ; Labouré et al., 2018). Ainsi, nous pourrons négliger l'influence de ces paramètres sur l'activité des chiroptères. Nous pourrons alors utiliser un modèle tel que l'activité des chiroptères dépend seulement de l'effet du collier et de l'effet du site d'expérimentation.

Nous avons dimensionné le jeu de donnée selon la règle empirique préconisant d'avoir plus de 10% de variables par rapport à l'ensemble du jeu de donnée : avec 2 variables il faut plus d'une vingtaine d'observations.

Nous avons décidé de suivre ce protocole sur 2 sites différents en suivant 2 phases (Tableau 3) :

Phase 1 – Faire un état 0

- ➢ Site témoin : enregistrement de l'activité des chauves-souris pendant 3 nuits successives.
- ➢ Site test : enregistrement de l'activité des chauves-souris pendant 3 nuits successives.

Phase 2 – Évaluer l'effets des ultrasons du collier anti-loup

- ➢ Site témoin : enregistrement de l'activité des chauves-souris pendant 3 nuits successives.
- ➢ Site test : enregistrement de l'activité des chauves-souris pendant 3 nuits successives avec un/plusieurs expérimentateur(s) qui active(nt) le collier pendant 3h après le coucher du soleil. (Période d'activité la plus importante pour les chiroptères (Barataud, 2004)). La première heure d'écoute on active le collier toutes les 10 minutes, la 2ème heure d'écoute on l'active 5 fois d'affilées au bout de 30 minutes, la 3ème heure d'écoute on l'active de nouveau toutes les 10 minutes. Théoriquement, le collier n'est pas censé s'activer autant pendant une nuit. Nous avons fait le choix de l'activer un grand nombre de fois et selon différents patterns pour voir si un comportement avait plus d'impact qu'un autre.

Tableau 3 – Résumé du déroulement des expérimentations

SITE	PHASE	JOUR	POINT D'ÉCOUTE	COLLIER	SITE	PHASE	JOUR	POINT D'ÉCOUTE	COLLIER
Site 1 Z1	1	JOUR 1	Témoin	NON	Site 2 Z1	1	JOUR 7	Témoin	NON
Site 1 Z2	1	JOUR 1	Test	NON	Site 2 Z2	1	JOUR 7	Test	NON
Site 1 Z1	1	JOUR 2	Témoin	NON	Site 2 Z1	1	JOUR 8	Témoin	NON
Site 1 Z2	1	JOUR 2	Test	NON	Site 2 Z2	1	JOUR 8	Test	NON
Site 1 Z1	1	JOUR 3	Témoin	NON	Site 2 Z1	1	JOUR 9	Témoin	NON
Site 1 Z2	1	JOUR 3	Test	NON	Site 2 Z2	1	JOUR 9	Test	NON
Site 1 Z1	2	JOUR 4	Témoin	NON	Site 2 Z1	2	JOUR 10	Témoin	NON
Site 1 Z2	2	JOUR 4	Test	OUI	Site 2 Z2	2	JOUR 10	Test	OUI
Site 1 Z1	2	JOUR 5	Témoin	NON	Site 2 Z1	2	JOUR 11	Témoin	NON
Site 1 Z2	2	JOUR 5	Test	OUI	Site 2 Z2	2	JOUR 11	Test	OUI
Site 1 Z1	2	JOUR 6	Témoin	NON	Site 2 Z1	2	JOUR 12	Témoin	NON
Site 1 Z2	2	JOUR 6	Test	OUI	Site 2 Z2	2	JOUR 12	Test	OUI

C) Choix des sites d'écoute

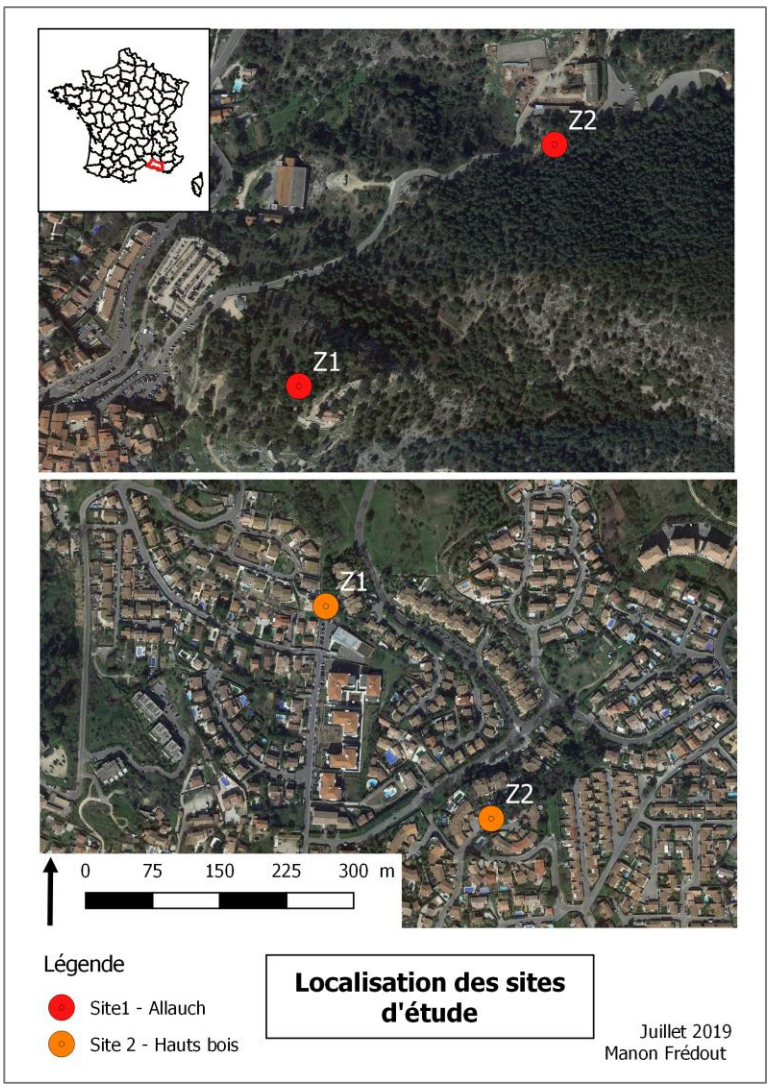
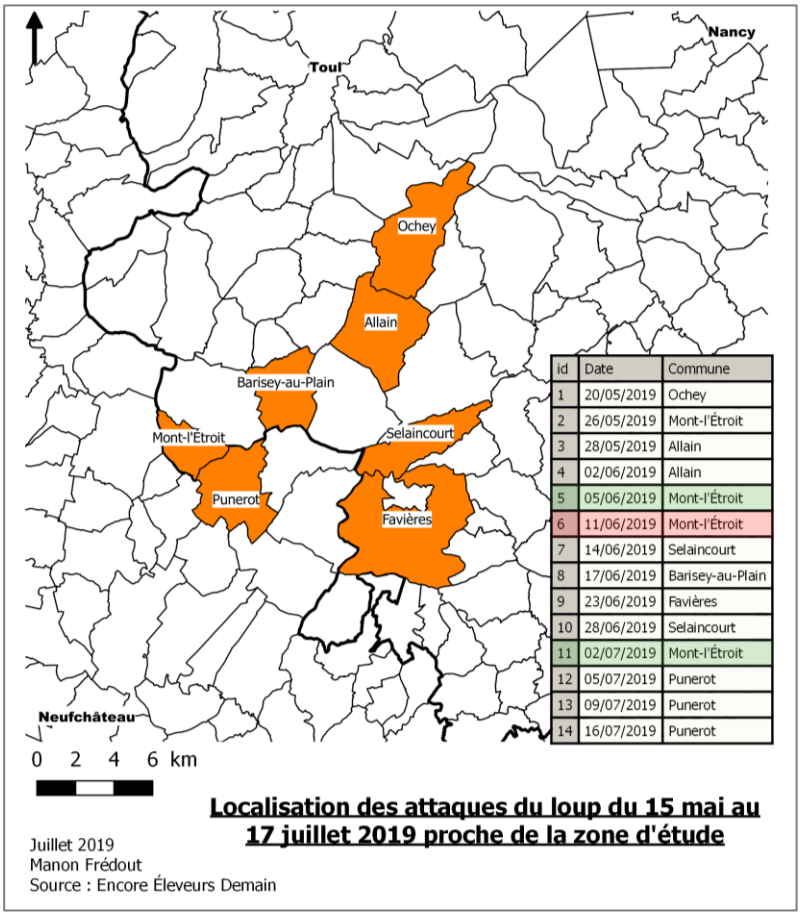


Figure 5 - Localisation des sites d'étude des chiroptères.
(Les points Z1 correspondent aux points tests et les points Z2 aux points témoins)

J'ai cherché 2 lieux où les chauves-souris étaient présentes pour réaliser les tests. Puis j'ai choisi 2 points (un test, un témoin) propices pour installer le matériel d'écoute en utilisant la plateforme Vigie Chiro (Figure 5). Les 2 points d'écoute ont été choisis en faisant attention à la distance les séparant (moins de 500 mètres) et aussi de sorte que le contexte environnemental soit similaire. Dans les 2 sites le point Z1 correspond au point test et le point Z2 au point témoin (Stoetzel, 2015).

1) Suivi des attaques de loup

Lors des 8 semaines de tests il y a eu plusieurs attaques à Mont l'Étroit et sur les communes alentours. (Figure 6 et Tableau 4).



id	Date	Commune
1	20/05/2019	Ochey
2	26/05/2019	Mont-l'Étroit
3	28/05/2019	Allain
4	02/06/2019	Allain
5	05/06/2019	Mont-l'Étroit
6	11/06/2019	Mont-l'Étroit
7	14/06/2019	Selaincourt
8	17/06/2019	Barisey-au-Plain
9	23/06/2019	Favières
10	28/06/2019	Selaincourt
11	02/07/2019	Mont-l'Étroit
12	05/07/2019	Punerot
13	09/07/2019	Punerot
14	16/07/2019	Punerot

Figure 6 - Localisation des attaques du loup pendant les expérimentations
(Sur la carte : en orange les communes attaquées ; dans le tableau : en vert les attaques sur des lots non équipés et en rouge l'attaque sur un lot équipé)

Tableau 4 - Résumé des attaques durant l'expérimentation sur Mont l'étroit

Numéro de l'attaque	Date	Localisation	Lot attaqué
1	26/05/2019	Parcelle d'un autre éleveur	Lot d'un autre éleveur (sans collier)
2	05/06/2019	Site B	Lot 2 (sans collier)
3	11/06/2019	Site C	Lot 3 (avec collier)
4	02/07/2019	Parcelle en dessous du site A	Autre lot de l'éleveur (sans collier)

Lors de l'attaque 1 (Tableau 4), le loup n'a pas été photographié par nos pièges, le lot qui a été attaqué était un lot d'un autre éleveur, éloigné de nos sites d'étude.

Lors de l'attaque 2, le loup a été pris en photographie par le piège B à 23h50 (Figure 7.1) en allant dans la direction du lot équipé mais il n'a pas été pris en photographie par le piège A. On le revoit passer plus tard vers 1h30 (Figure 7.2) allant vers le troupeau non équipé. Enfin à 4h06, on le voit assis probablement en train de manger un agneau du lot non équipé (emplacement où on a retrouvé un agneau mort). Ce soir-là il a tué les 5 agneaux présents dans le lot mais n'en a consommé qu'un seul.

Lors de l'attaque 3, le loup a été photographié par le piège A à 23h12 allant vers le lot témoin et à 2h27 en descendant vers le lot 3 où il y a eu l'attaque. Après cette attaque l'enclos du site était plié vers l'extérieur à un endroit et plié vers l'intérieur à un autre. L'éleveur suppose que le troupeau a essayé de s'enfuir puis a réussi à rentrer à nouveau dans l'enclos. De plus, 3 brebis, dont celle avec le collier, étaient absentes et ont été retrouvées le soir saines et sauves. Le loup n'a mangé qu'un agneau.

Lors de l'attaque 4 on voit le loup passer 2 fois au niveau du troupeau équipé de collier (Figure 7.3 et 7.4), et l'attaque a eu lieu sur la parcelle en dessous de celle où se trouvait le lot test. Un seul agneau a été retrouvé mort.

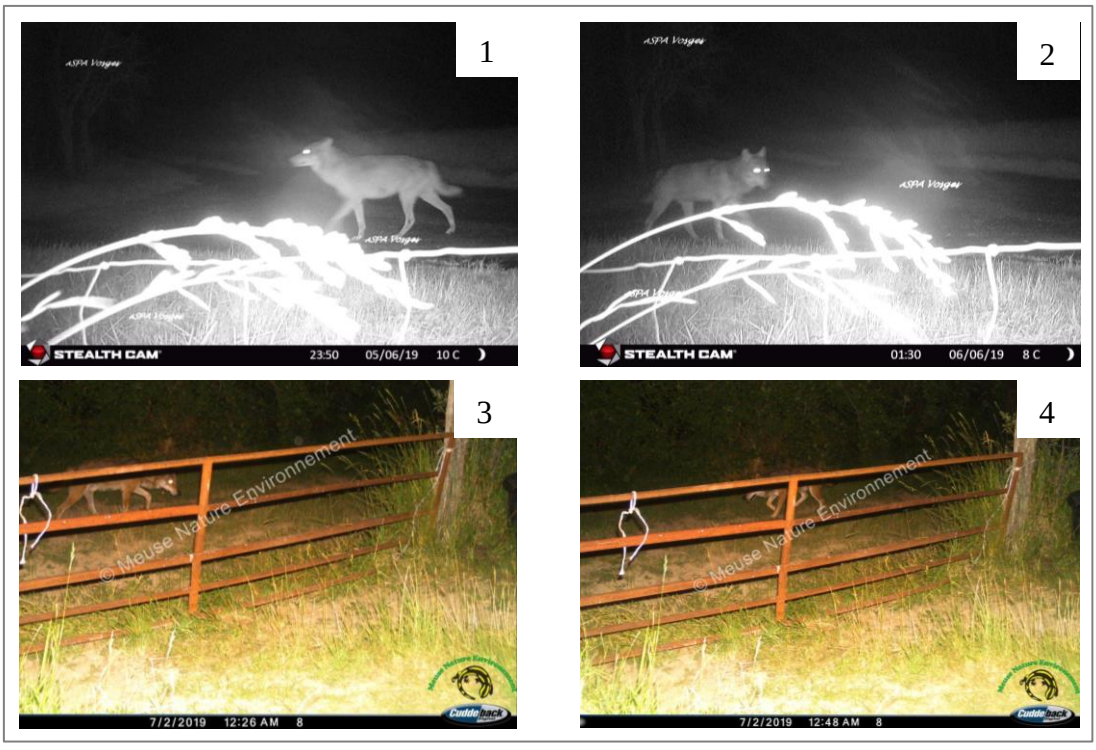


Figure 7 - Photographies du loup
(1 et 2 prises par le piège B la nuit du 6 juin 2019 ; 3 et 4 prises par le piège A la nuit du 2 juillet 2019)

Remarque : Une des associations ayant fourni les pièges photographiques n'a autorisé la diffusion que de certaines photographies.

2) Description du comportement des moutons

Je suis allée à Mont l'Étroit pour réaliser les tests QBA le 14 mai, au moment où les troupeaux allaient être mis dans les sites d'expérimentation. Je suis retournée sur le terrain 4 semaines plus tard, le 10 juin. C'est le soir où il y a eu l'attaque 3, ainsi j'ai pu faire les tests QBA avant l'attaque et le 11 juin après l'attaque. Une dernière observation a été faite le 16 juillet mais à ce moment-là les troupeaux n'étaient plus dans les sites choisis pour l'étude (Tableau 5). Le lot 1 était alors dans la commune de Punerot, et la veille un lot proche avait été attaqué ce qui a pu influencer les tests.

Tableau 5 - Dates des observations pour les tests QBA

Observation	Date	Heures
Obs1	14/05/2019	De 9h55 à 11h15
Obs2	10/06/2019	De 15h à 15h45
Obs3	11/06/2019	De 9h30 à 10h50
Obs4	16/07/2019	De 8h50 à 10h20

Une ACP a été réalisée sur le tableau de données en Annexe 3 pour voir si on peut mettre en avant des différences entre les lots avec et sans collier.

On prend en compte la dimension 1 et 2 car elles expliquent 66% de la variance (Annexe 4). Les variables "sociable", "curieux", "vigoureux", "éteint", "éveillé" et "physiquement mal à l'aise" ont un Cos2 proche de 0, elles ne jouent pas un rôle prépondérant dans l'explication des dimensions. L'axe 1 est représenté par les variables "agité" et "apathique". L'axe 2 est représenté par les variables "satisfait", "relaxé", "détendu", "calme" d'un côté et "méfiant", "attentif", "craintif", "crispé", "agressif" et "sur la défensive" de l'autre. On peut dire que l'axe horizontal (dimension 1) représente l'énergie du lot et l'axe vertical (dimension 2) représente la sérénité du lot (Figure 8).

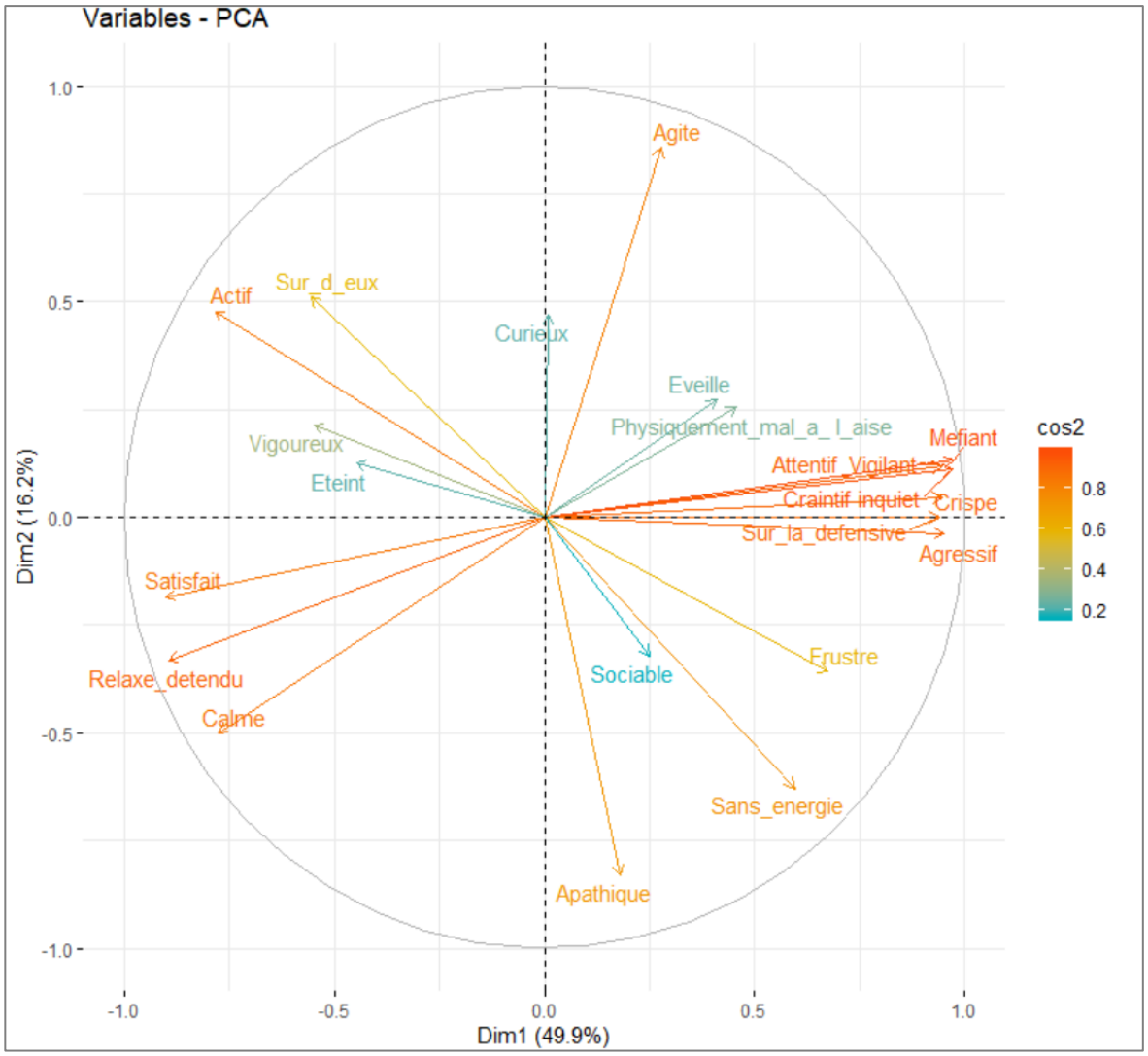


Figure 8 - Cercle de corrélation des adjectifs du QBA avec les axes 1 et 2 définis par l'ACP

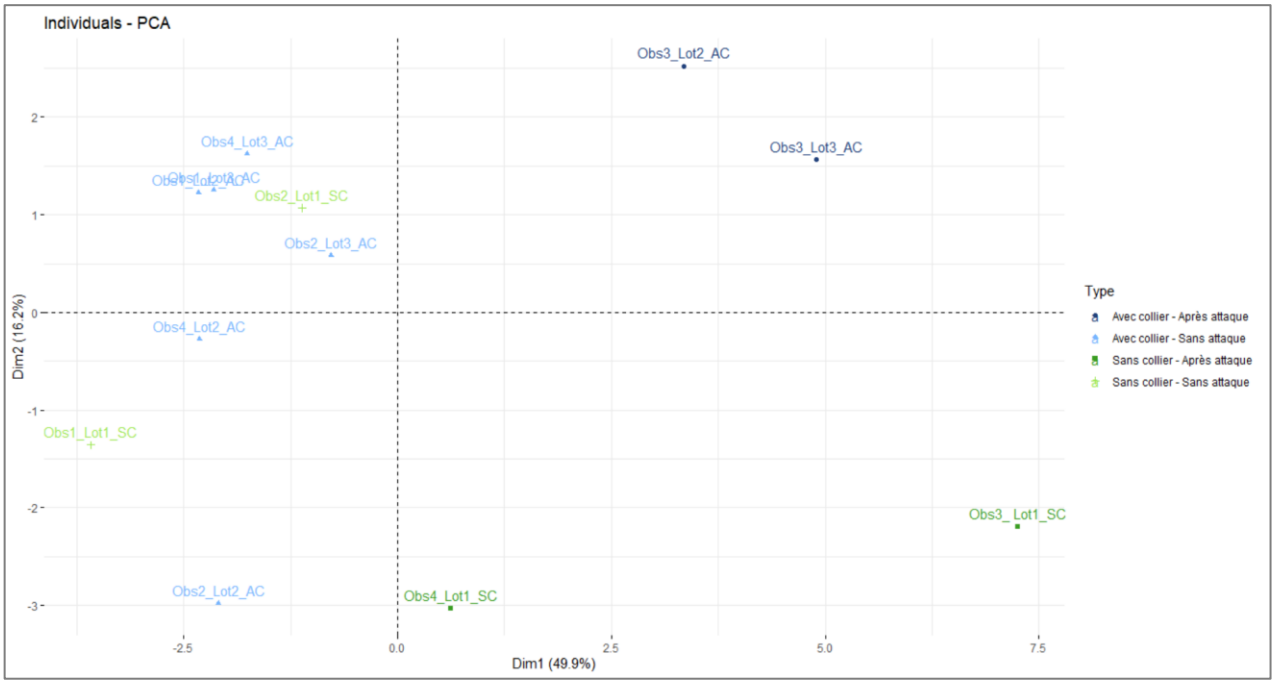


Figure 9 - Graphique des individus (ACP)

Les observations après attaque sont toutes regroupées dans les valeurs positives de l'axe 1 (Figure 9). À l'inverse les observations sans attaque sont regroupées du côté négatif de l'axe 1. Il y a aussi une séparation avec les observations des lots sans collier après attaque qui sont du côté négatif de l'axe 2 et celles des lots avec collier après attaque qui sont du côté positif de l'axe 2. La majorité des lots avec collier se trouvent du côté positif de l'axe 2. Néanmoins 2 observations se trouvent dans le côté négatif de l'axe 2. En ce qui concerne, les lots sans collier, ils se trouvent du côté négatif de l'axe 2 à l'exception d'une seule (Obs2_Lot1_SC).

3) Suivi de l'activité des chiroptères

Lors des nuits de suivi nous avons observé différentes espèces (Annexe 5). Mais l'espèce majoritairement présente sur les 2 sites est la Pipistrelle de Kuhl (*Pipistrellus kuhlii*).

Sur le site 1, à la suite de problèmes météorologiques, je n'ai pas pu aller sur le terrain le dernier jour de la phase 2. De ce fait, l'analyse a été faite sur les jours d'expérimentation 2, 3, 4 et 5.

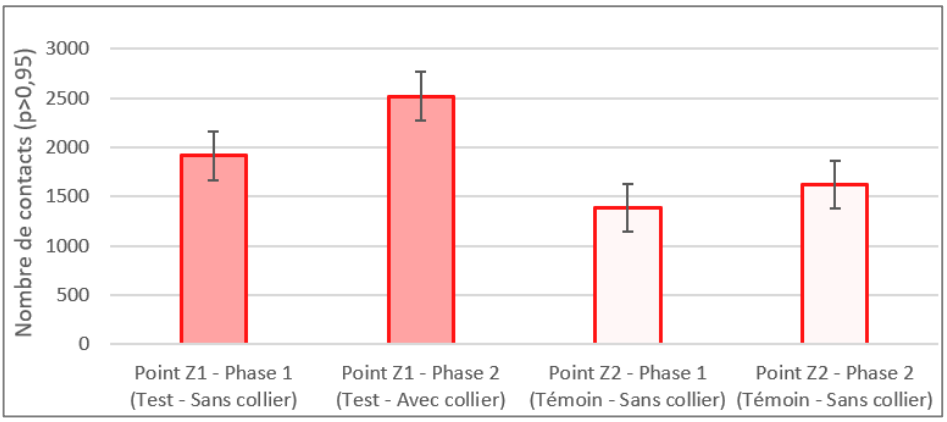


Figure 10 - Activité des chiroptères sur 4 jours d'expérimentation sur le site 1

La figure 10 représente le nombre de contacts de chiroptères sur les nuits d'expérimentation cumulées par phase sur le site 1. Sur le point Z2 il n'y a pas de différence significative du nombre de contacts entre la phase 1 et la phase 2 d'après l'erreur type affichée. En revanche, il y a une légère différence pour le point Z1 : lors de la phase 2 l'activité des chauves-souris est plus importante que la phase 1 (Figure 10).

La figure 11 représente l'activité des chiroptères sur des tranches de 30 minutes au cours de la nuit sur le site 1.

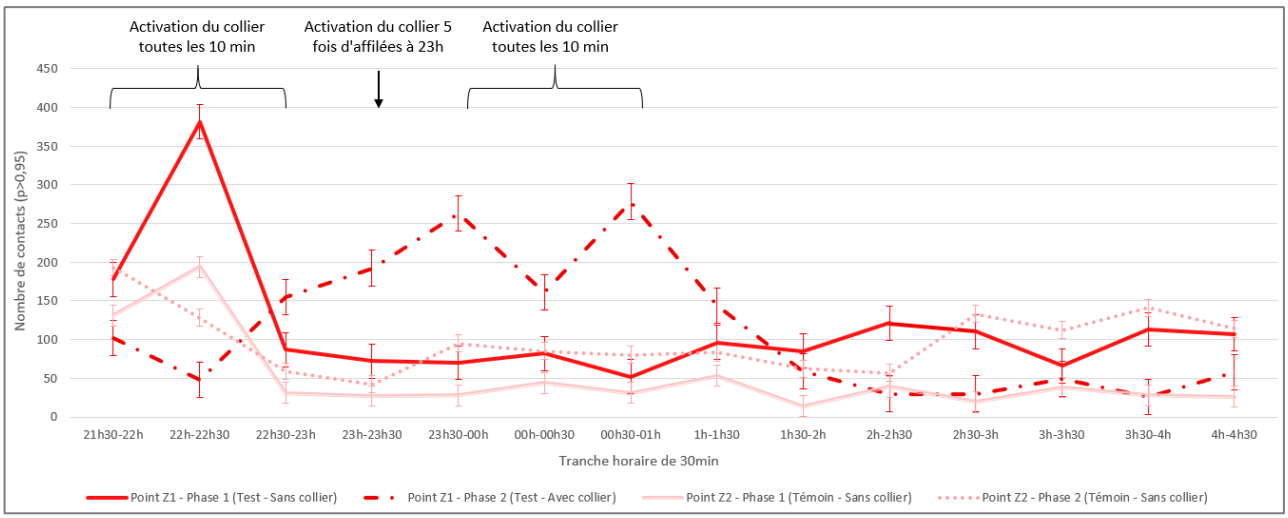


Figure 11 - Activité des chiroptères au cours du temps lors des différentes phases d'expérimentation sur le site 1

Dans l'ensemble on observe une augmentation du nombre de contacts de chiroptères en début de nuit (21h à 22h30) puis une diminution sur le reste de la nuit. Cependant ce n'est pas le cas pour le point Z1 lors de la phase 2 où le nombre de contacts est assez faible en début de nuit puis augmente entre 22h30 et 1h30 pour diminuer après 1h30. Pour le point Z1 le nombre de contacts est significativement plus élevé dans la phase 1 comparé à la phase 2 entre 21h30 et 22h30 et entre 1h30 et 4h30 alors qu'il est plus faible entre 22h30 et 1h30. Pour le point Z2 le nombre de contacts dans la phase 1 est plus faible que dans la phase 2 sauf entre 22h et 22h30 (Figure 11).

Pour le site 2, l'analyse a été faite sur les 6 jours d'expérimentation. La figure 12 représente le nombre de contacts de chiroptères sur les nuits d'expérimentation cumulée par phase sur ce site.

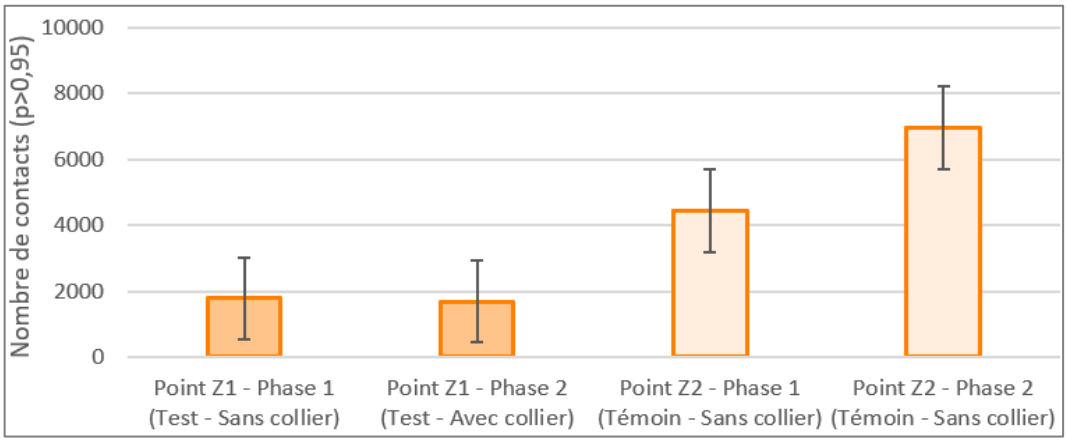


Figure 12 - Activité des chiroptères sur 6 jours d'expérimentation sur le site 2

On voit que pour le point Z1 il n'y a pas de différence significative du nombre de contacts entre la phase 1 et la phase 2. Cependant il semble y avoir une différence pour le point Z2, avec plus de contacts lors de la phase 2, mais elle n'est pas significative d'après l'erreur type (Figure 12).

Le figure 13 représente l'activité des chiroptères sur des tranches de 30 minutes au cours de la nuit sur le site 2.

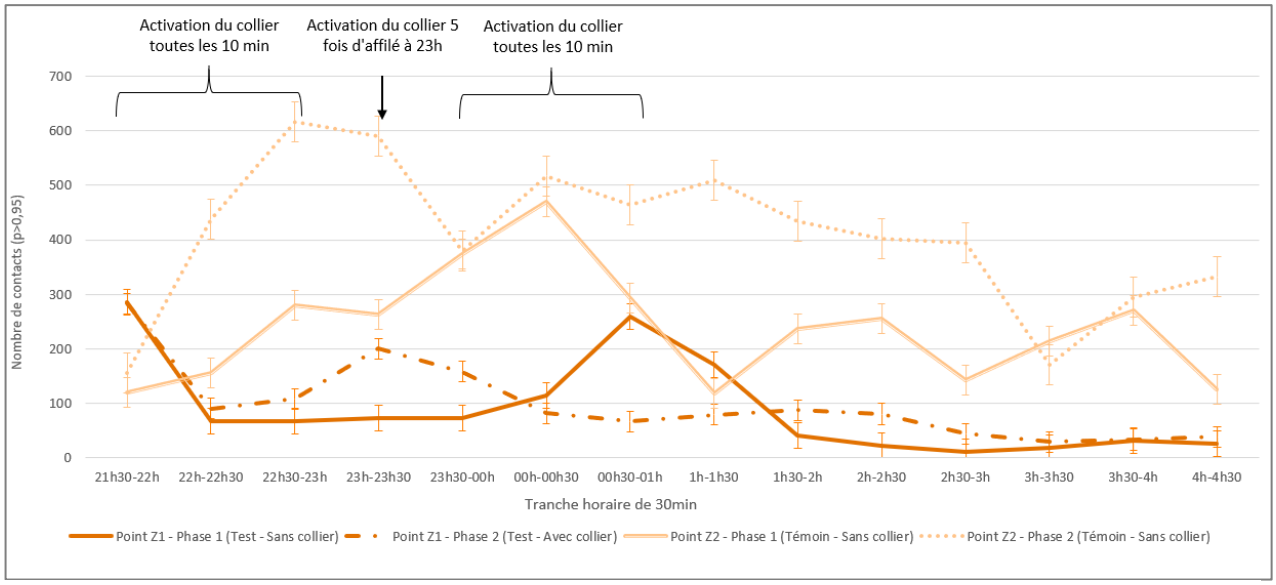


Figure 13 - Activité des chiroptères au cours du temps lors des différentes phases d'expérimentation sur le site 2

Au niveau du point Z1 le nombre de contacts de chiroptères lors de la phase 2 est plus important entre 22h et 00h comparé à la phase 1, puis la tendance s'inverse entre 00h et 1h30 pour devenir significativement similaire à partir de 2h30.

Pour le point Z2, il y a beaucoup de variations de l'activité des chiroptères mais globalement l'activité semble significativement plus élevée dans la phase 2 (Figure 13). On ne retrouve pas les mêmes tendances globales que dans la figure 10.

1) Analyse de l'efficacité du collier pour effaroucher le loup

Rappel de l'hypothèse :

Le nombre d'attaques ayant entrainé la mort dans les troupeaux non équipés de collier est différent dans les troupeaux équipés.

A) Des résultats encourageants devant être confirmés

Lors des 8 semaines d'expérimentation il n'y a eu qu'une attaque sur un des lots avec collier contre 3 attaques sur des lots non équipés. Les lots équipés de collier ne respectaient pas le ratio préconisé de 1 collier pour 10 brebis (De Villiers et al., 2011). L'éleveur pense que le loup a attaqué ce troupeau car il avait déjà tué tous les agneaux du lot témoin. Le loup présent en Lorraine attaque principalement les agneaux, son comportement et son agressivité sont à prendre en compte dans l'interprétation de ces données.

Cependant, sur les 3 autres attaques, il existe une seule preuve photographique montrant le loup à proximité du lot test. Ainsi, il est difficile de conclure si c'est le collier qui a permis d'éviter l'attaque sur les troupeaux équipés ou le jeu du hasard.

Cette étude exploratoire montre que le collier n'est pas efficace totalement quand on ne respecte pas le ratio de 1 collier pour 10 brebis. Cependant, au regard des études menées sur une plus longue période en 2017 et 2018, on constate qu'il n'y a eu qu'une seule attaque sur un lot équipé alors que plusieurs autres attaques avaient été constatées sur des lots non équipés.

Conclusion : Nous pouvons continuer à supposer que le collier permet d'effaroucher le loup. Il faudrait continuer les expérimentations en respectant le ratio préconisé pour venir confirmer ou infirmer statistiquement l'hypothèse.

B) Une étude qui mérite d'être poursuivie et approfondie

a) Des améliorations et des nouveaux axes de recherche

Si de nouveaux tests sont réalisés, il faudrait équiper le collier d'un système qui enregistre l'heure et la date où il s'active. Si plusieurs colliers dans le troupeau s'activent au même moment on peut dire que leur déclenchement est dû à une attaque (De Villiers, 2011). On pourrait donc voir si les troupeaux équipés ont subi des attaques qui n'ont pas abouti. Pour compléter l'étude, des caméras permettraient de visualiser si le collier fait fuir le loup et permet réellement de déjouer des attaques.

D'autre part, l'efficacité des moyens de protection peuvent varier selon les conditions environnementales et la taille du troupeau (De roincé, 2016). Il serait intéressant de trouver de nouveaux partenaires ayant des troupeaux dans différentes conditions environnementales pour voir si l'effet du collier varie en fonction de ce paramètre. Il faudrait aussi faire varier la taille des troupeaux, pour voir s'il sera efficace sur petit et grand troupeau. C'est souvent la combinaison de plusieurs moyens de protection qui permettent d'effaroucher le loup (Clamens, 2007). Il serait intéressant d'étudier son efficacité quand il est couplé à d'autres moyens de protection comme les clôtures, les chiens de protection, les fladry (ligne de corde autour des clôtures à laquelle sont suspendus des bouts de tissus colorés), etc...

Une autre question se pose concernant l'utilisation du collier avec les chiens de troupeaux ou les chiens de protection qui perçoivent les ultrasons dans des fréquences similaires à celles utilisées contre le loup. Une étude exploratoire avait été menée par Natural Solutions. Des éleveurs avaient agité le collier devant leurs chiens. Au début ils semblaient gênés mais ils se sont habitués après quelques jours. Une étude plus poussée sur le comportement des chiens face au collier pourrait être intéressante. Si un tel dispositif doit être commercialisé, il faut s'assurer qu'il ne viendra pas déranger le travail des chiens.

b) Une nouvelle approche pour trouver des éleveurs partenaires

Si de nouvelles études sont menées il faudrait avoir plus de matériels et plus de lots à étudier. Malheureusement, il n'est pas facile de trouver des éleveurs et des éleveuses pour collaborer bénévolement. Ils manquent souvent de moyens techniques et financiers pour participer à une étude scientifique. De manière générale, l'engagement des agriculteurs et des agricultrices dans

la recherche peut être limité par la perception qu'ils peuvent en avoir. Il peut y avoir un écart entre les attentes des scientifiques et des professionnels. De plus, la hiérarchie institutionnelle, la politique et les financements peuvent parfois sembler inadéquates pour satisfaire les deux parties (Thornley, 1990). Des campagnes de sensibilisation sur l'importance de la recherche, une meilleure considération du savoir-faire des agriculteurs et agricultrices et une prise en compte du temps qu'ils consacrent à la recherche pourrait nettement améliorer la collaboration entre les chercheurs et les éleveurs (Hoffmann et al, 2007). Une plus forte implication de l'état pour mobiliser des moyens dans l'étude de nouveaux moyens innovants pour effaroucher le loup pourrait permettre de plus grandes avancées et l'atténuation des tensions existantes.

C) Le collier anti-loup au regard des autres moyens de protection disruptifs existants

Le collier anti-loup n'est pas le premier système de protection utilisant la lumière et le son pour effaroucher le loup. Il existe des dispositifs à placer sur le sol qui émettent uniquement des ultrasons ou des lumières rouges, ou encore des radios qui émettent un son constant. Certains outils vont agir sur d'autres sens comme l'odorat avec des déodorants (Ribeiro et al., 2017). Ces moyens disruptifs se déclenchent par le mouvement ou ils peuvent rester actifs en permanence. Plusieurs études montrent que les systèmes se déclenchant lors de l'approche du prédateur, comme notre collier, sont plus efficaces que ceux qui restent actifs en permanence (Shivik et Martin, 2000 ; Nuninger, 2016). Sur 79 études, il apparaît que les dispositifs acoustiques visuels font parties des 3 méthodes les plus efficaces, même si son efficacité sur le long terme est discutable (Figure 14).

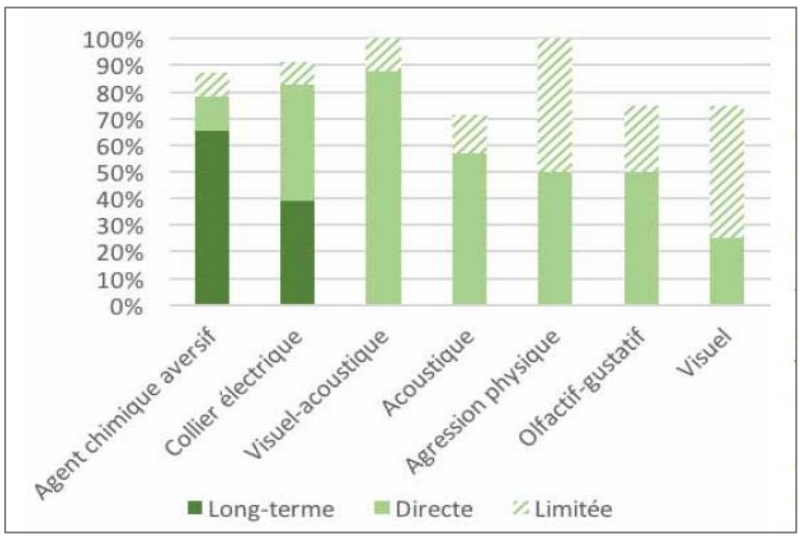


Figure 14 – L'efficacité des différentes techniques de protection (Nuninger, 2016)

Ils vont agir sur la vue et l'ouïe, qui sont les sens les plus utilisés par les canidés lors de la chasse. Les moyens de protection les plus efficaces perturbent ces sens (Wells et Lehner, 1978 ; Nuninger 2016). Cependant, plusieurs études montrent que les dispositifs n'utilisant que les ultrasons semblent insuffisants pour effaroucher le loup (Ribeiro et al., 2017 ; Edgar et al., 2007). Toutefois, ces études peuvent être critiquées, notamment au niveau des protocoles utilisés : ils portent sur des loups en captivité. En revanche, notre étude a été réalisée sur des troupeaux exposés aux loups sauvages. Si le collier est efficace il faudrait étudier s'il l'est grâce aux LEDs, aux ultrasons ou à la combinaison des deux. Pour cela, il faudrait équiper certains troupeaux du collier actuel, et d'autres d'un collier n'ayant que des LEDs ou que des ultrasons. La Figure 13 amène aussi à la discussion sur l'habituation du loup à notre dispositif. Le loup étant un animal intelligent, il pourrait être capable de s'habituer à ce type de moyens de protection. Natural Solutions a pensé à perfectionner son outil en utilisant différentes couleurs de LEDs et différents types de clignotements. On peut supposer que si le signal émis par le collier est différent à chaque fois que le loup le déclenche, il sera efficace sur le long terme.

2) Analyse de l'état émotionnel des brebis

Rappel des hypothèses :

- Le comportement des brebis est identique avec ou sans collier s'il n'y a pas eu d'attaque.

- Les brebis avec collier sont plus sereines après une attaque.

A) Une action potentielle du collier sur le comportement des brebis

L'ACP a permis de mettre en évidence certains groupes d'individus. On observe une distinction très nette des lots après et avant attaque. Après une attaque, les lots (avec et sans collier) sont craintifs et sur la défensive alors qu'en temps normal ils sont sereins. L'évolution du comportement paraît normale.

De plus, les lots qui ont le collier semblent :

- Plus actifs quand il n'y a pas eu d'attaque
- Plus agités après une attaque

Contrairement aux individus des lots sans collier qui semblent :

- Plus calmes avant une attaque
- Plus apathiques et sans énergie après une attaque

Conclusion : La première hypothèse ne semble pas validée, les brebis avec collier semblent plus actives, mais pour le confirmer il faudrait continuer les tests. De même pour la deuxième hypothèse, les brebis ne semblent pas plus sereines. Nous observons, néanmoins, un comportement plus actifs chez les lots équipés après une attaque.

B) Des éléments à améliorer dans le protocole

Cette analyse exploratoire est prometteuse même si le nombre d'observations est restreint. Un nombre d'échantillons plus important permettrait de confirmer l'influence du collier sur l'état émotionnel des troupeaux. Je n'ai pas pu être sur le terrain tout au long de l'expérimentation et l'éleveur ne pouvait pas réaliser les tests lui-même ce qui explique le faible nombre d'observations. De plus, dans la plupart des études utilisant le QBA, la notation doit se faire par un professionnel ou quelqu'un d'extérieur à l'étude qui a été formé pour avoir une évaluation plus fiable (Stockman et al., 2011 ; Minero et al., 2016). D'autre part, des tests à l'aveugle sont plus recommandés pour négliger le biais de perception de l'observateur (Minero et al., 2018).

L'heure de la journée pendant laquelle sont faites les observations peut être un facteur impactant les résultats. Le comportement des brebis n'est pas toujours le même selon la période de la journée et la saison (Gautier, 2015). Il serait préférable de réaliser les tests à la même heure de la journée sur une période rapprochée.

Pour améliorer le protocole et l'analyse statistique des données, on pourrait réduire le nombre d'adjectifs dans la liste pour avoir moins de variables. D'après mes résultats et de ceux dans le rapport BIENE (Gautier, 2015 ; Figure 15), on voit que les adjectifs «Curieux» et «Physiquement mal à l'aise » ne jouent pas un rôle important dans l'explication des dimensions, ils pourraient être supprimés. En faisant les tests j'ai aussi trouvé que certains adjectifs avaient moins de significativité que d'autres.

Dans ce sens, les adjectifs «Apathique», «Sans énergie» et «Éteint» sont très similaires, tandis que «Frustré» et «Sûr de soi» ne sont pas faciles à évaluer.

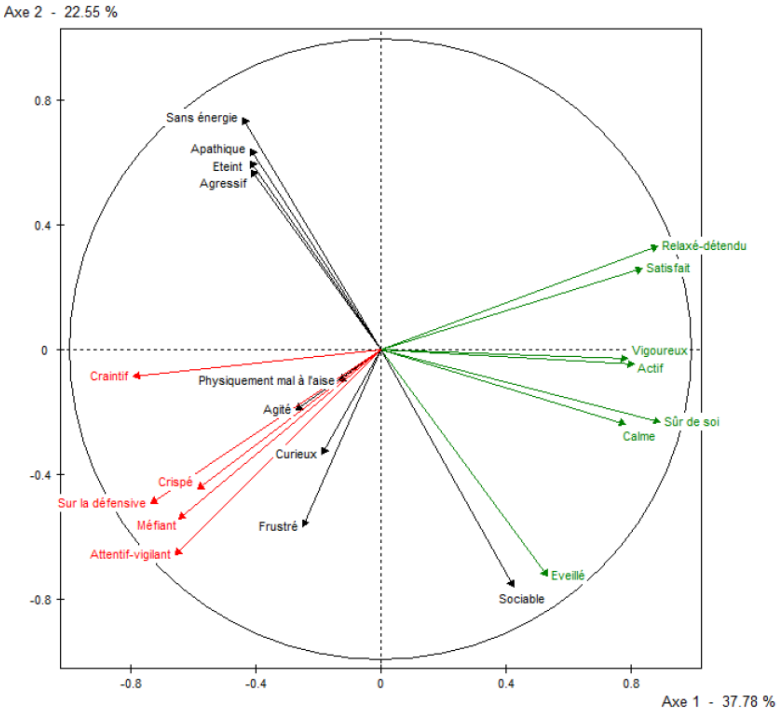


Figure 15 – Cercle de corrélation des adjectifs du QBA avec les axes 1 et 2 définis par l'ACP (Gautier, 2015)

C) D'autres méthodes pour une analyse plus précise du bien-être des troupeaux

Il existe d'autres méthodes plus objectives pour analyser le bien-être des animaux d'élevage. C'est pourquoi le protocole initial proposait de peser les brebis, sachant qu'une perte de poids peut être considéré comme un signe de moins bonne santé quand les animaux ne présentent pas de pathologie (De Villiers et al, 2011). L'observation de paramètre physique, comme la propreté de l'animal ou la présence de blessure, peut être également réalisée (Gautier, 2015). L'apparition d'un état pré-pathologique est aussi utilisé comme indicateur de santé (Moberg, 1987). Par exemple, pour les vaches on utilise la mesure du stress métabolique qui influe sur la lactation des vaches laitières (Nielsen, 1999). D'après les conseils de Yves Geay, des méthode similaire existe en mesurant par exemple le taux de catécholamines, hormone libérées généralement en réponse à un stress.

3) Analyse de l'impact du collier sur l'activité des chiroptères

Rappel de l'hypothèse :

L'activité des chauves-souris est identique les soirs sans et avec collier.

A) Un impact du collier négligeable sur l'activité des chiroptères

D'après les résultats présentés précédemment, il n'y a pas de différence significative sur l'activité des chauves-souris dans le site 2. En ce qui concerne le site 1, le nombre de contacts est plus important lors de la phase 2 (avec collier) sur le point test, or la même tendance était observée sur le point témoin (même si elle n'est pas significative). Nous pouvons nous demander si ces variations sont dues au collier ou à un autre facteur extérieur tel que la variation de température. Ensuite, il est normal dans la figure 11 de voir une augmentation du nombre de contacts en début de nuit puis une diminution, l'activité des chauves-souris est plus importante en début de nuit et ré-augmente avant le lever du jour (Labouré et al., 2018).

Si on regarde la variation sur les points tests, le nombre de contacts est parfois supérieur ou parfois inférieur entre la phase 1 et la phase 2. Nous n'observons pas de tendance nette se dessiner avec la présence du collier ou en fonction de sa fréquence d'activation. Néanmoins, les variations de l'activité aux points test semblent globalement suivre les variations aux points témoins.

Dans notre modèle nous avions négligé l'influence du vent et de la température sur l'activité des chiroptères. Cependant, lors des expérimentations, il y a eu des variations de température et de vitesse du vent. Nous pouvons donc définir un autre modèle où l'activité des chiroptères dépend de l'effet collier, l'effet du site, l'effet du vent et l'effet de la température. Pour avoir une meilleure analyse, les expérimentations devraient s'étendre sous 20 jours pour avoir 40 observations.

Conclusion : Le collier ne semble pas influencer la présence des chiroptères sur ces secteurs. Les variations visibles ne seraient dues qu'au rythme local des individus. Pour rappel, le collier n'est pas censé se déclencher aussi fréquemment pendant la nuit, ce qui vient renforcer notre hypothèse.

Un paramètre pourrait être amélioré dans le protocole : l'expérimentateur (qui agite le collier) n'était présent que lors de la phase 2 du point test. Sa présence peut avoir un impact sur l'activité des chiroptères, il serait préférable qu'un expérimentateur soit présent lors de chaque phase sur le point test et témoin ou ne pas avoir d'expérimentateur en automatisant l'activation du collier. De plus, nous avons fait le choix dans l'étude de grouper les nuits pour avoir un aperçu global du nombre de contacts avec des chiroptères. Cependant, il est possible d'analyser les résultats en séparant chaque nuit. L'activité des chauves-souris dépend beaucoup du contexte environnemental, une simple variation de la température peut faire varier leur activité. Il faudrait noter précisément les variations de température pendant la nuit, ainsi que la force du vent et confronter les résultats par nuit en fonction de ces paramètres (Labouré et al., 2018).

B) Une étude à étendre sur d'autres espèces de chiroptères

Par ailleurs, l'analyse a été faite dans une zone où il y a majoritairement des Pipistrelles de Kuhl. Les milieux et zones où se trouvent les troupeaux peuvent être différents. D'autres espèces pourraient être présentes et impactées par le collier selon la localisation des brebis. D'après une étude dans la Réserve Naturelle Nationale de Chalmessin (Stoetzel, 2015) il semblerait que dans les prairies on retrouve une grande diversité d'espèces, dont les pipistrelles (Figure 16).

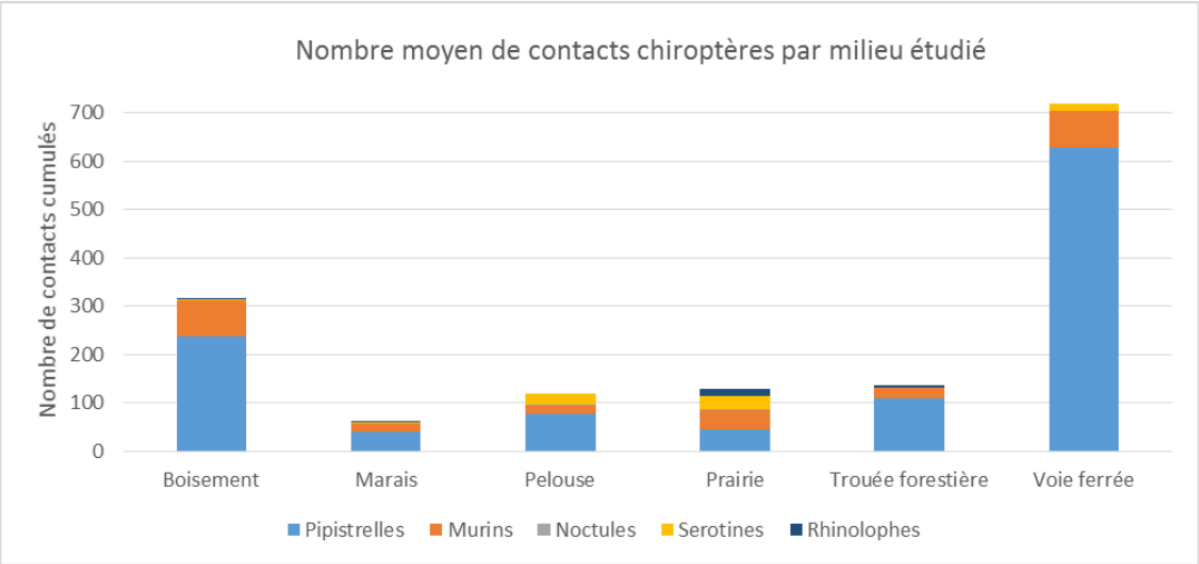


Figure 16 – Nombre moyen de contacts chiroptères dans les 6 milieux étudiés au détecteur automatique (Stoetzel, 2015)

Selon les groupes d'espèces présents le collier pourrait avoir un impact différent dû à la communication interspécifique des chiroptères (Lewanzik et al., 2019). Il serait donc intéressant d'analyser les données par groupe d'espèces plutôt que dans sa globalité.

CONCLUSION

Le collier anti-loup semble être un bon candidat pour devenir un nouveau système de protection des troupeaux. Des études exploratoires ont été menées pour analyser ce dispositif. Ces recherches portaient sur l'efficacité du collier, son impact sur le comportement des brebis et sur l'activité des chiroptères.

D'après les résultats obtenus, il n'est pas possible de conclure sur l'efficacité du collier, les tests doivent être prolongés et améliorés pour avoir une validation statistique avec plus d'échantillons. Néanmoins si on étend les résultats aux analyses faites précédemment au cours des années 2017 et 2018 par Natural Solutions, on comptabilise seulement 2 attaques sur des troupeaux équipés. Ces études préliminaires semblent encourageantes sur l'efficacité du collier.

Ensuite, l'analyse exploratoire sur le comportement des brebis laisse apparaître un effet du collier. Les troupeaux semblent plus tétanisés après une attaque quand ils n'ont pas de collier. Celui-ci ne semble pas impacter l'état émotionnel en général, il peut donc être utilisé sur les brebis sans craindre d'impacter leur santé. Pour confirmer cela, plus d'observations sont nécessaires. Il serait intéressant de reprendre le protocole en enlevant la notation de certains adjectifs et en faisant les tests à l'aveugle, par un évaluateur formé. L'intégration de paramètre quantifiable dans le protocole permettrait d'éviter d'avoir une étude trop subjective.

Pour finir, l'activité des chiroptères était sensiblement identique lors des expériences, même si dans l'un des sites le nombre de contacts était un peu plus élevé les soirs où l'on a agité le collier. Néanmoins les études ont été réalisées dans une région et un contexte différents des zones pâturées. L'étude des espèces dans ces zones permettrait de refaire des expérimentations en ciblant d'autres espèces qui pourraient être impactées différemment par le collier.

Pour le moment, il n'existe aucune option simple, à faible coût, accessible et efficace pour éviter toutes les attaques (Nuninger, 2016). Ainsi, le collier anti-loup apporte un peu d'espoir même si son efficacité reste à prouver. Aujourd'hui la colère des éleveurs est importante face au manque de moyens de protection efficaces. Pour apaiser les tensions, l'état a autorisé l'abattage de plus de loups mais cela ne risque pas de suffire [2]. Il est donc important d'investir davantage dans la recherche pour trouver des méthodes non létales pour permettre une cohabitation entre hommes et carnivores.

BIBLIOGRAPHIE

BARATAUD M., 2004. *Exemple de méthodologie applicable aux études visant à quantifier l'activité des chiroptères à l'aide de détecteurs d'ultrasons.*

BATH, Alistair, 2000. *Human Dimensions in Wolf Management in Savoie and Des Alpes Maritimes, France* [en ligne]. S.l. A Large Carnivore Initiative For Europe. [Consulté le 20 août 2019]. Disponible à l'adresse : https://www.researchgate.net/profile/Alistair_Bath/publication/238096165_Human_Dimensions_in_Wolf_Management_in_Savoie_and_Des_Alpes_Maritimes_France/links/549032390cf214269f2660b7/Human-Dimensions-in-Wolf-Management-in-Savoie-and-Des-Alpes-Maritimes-France.pdf.

BENHAMMOU, Farid, 2003. Les grands prédateurs contre l'environnement ? Faux enjeux pastoraux et débat sur l'aménagement des territoires de montagne. In : *Le Courrier de l'environnement de l'INRA* [en ligne]. Février 2003. Vol. 48, n° 48, p. 5-12. [Consulté le 2 septembre 2019]. Disponible à l'adresse : https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01199888.

BIICHLE, Dominique, BUFFARD, Nelly, DURIN, Delphine, JOUVENCEAU, Philippe et MAURIÈS, Mathieu, 2014. *Le chien de protection - Présentation Mise en place sur troupeau ovin dans le Massif jurassien* [en ligne]. S.l. Pôle Grands Prédateurs Jura. [Consulté le 3 septembre 2019]. Disponible à l'adresse : https://www.polegrandspredateurs.org/wp-content/uploads/2014/05/LivretChienbd.pdf.

BOULENGER, C., HOLTZ, A., LAURENCIN, J., LE GOAS, S., MARCHIX, J., PAILETTE, C. et POIROT, S., 2010. *Gestion différentielle de l'élevage ovin face à la prédation du loup en France, en Italie et en Suisse*. 2010. S.l. : s.n.

CAMPION-VINCENT, Véronique, 2000. Les Réactions au retour du loup en France. Une analyse tentant de prendre « les rumeurs » au sérieux. In : *Anthropozoologica* [en ligne]. Décembre 2000. n° 32, p. 33-59. [Consulté le 20 août 2019]. Disponible à l'adresse : http://pascalfroissart.online.fr/3-cache/2000-campion.pdf.

CERPAM, INSTITUT DE L'ÉLEVAGE et SIME SUAMME, 2007. *Loup Elevage - S'ouvrir à la complexité...* [en ligne]. S.l. : s.n. [Consulté le 20 août 2019]. Actes de séminaires. Disponible à l'adresse : https://cerpam.com/guides-plaquettes-etudes/loup-elevage/.

CLAMENS, Alex, 2007. De la protection du loup à la gestion des paysages : quel environnement souhaitons-nous protéger ? In : *Le courrier de la nature*. Juillet 2007. n° 234, p. 18-25.

DE ROINCÉ, Catherine, 2016. *Évaluation de l'efficacité des moyens de protection des troupeaux domestiques contre la prédation exercée par le loup*. Rapport d'étude. S.l. TerrOïko.

DE VILLIERS, HJ, PETKOVSKI, KI et CHURCHILL, MH, 2011. Study of the deterrent effect of the E-shepherd collar device on predator attacks against sheep in the kroonstad district in the republic of South Africa. In : . août 2011. 11 p.

EDGAR, Jason P., APPLEBY, Rob G. et JONES, Darryl N., 2007. Efficacy of an ultrasonic device as a deterrent to dingoes (Canis lupus dingo): a preliminary investigation. In : *Journal of Ethology* [en ligne]. 20 avril 2007. Vol. 25, n° 2, p. 209-213. [Consulté le 15 mars 2019]. DOI 10.1007/s10164-006-0004-1. Disponible à l'adresse : http://link.springer.com/10.1007/s10164-006-0004-1.

EISINGER, Mathieu, 2017. *Les loups et nous* [en ligne]. 1 mars 2017. [Consulté le 20 août 2019]. Disponible à l'adresse : https://www.youtube.com/watch?v=6e8L6i1DWVY&feature=youtu.be.

FALAISE, Muriel, 2015. La gestion des grands prédateurs en Europe : la situation du loup. In : *Revue de l'Union Européenne* [en ligne]. Février 2015. Vol. n°585, p. p.119-123. [Consulté le 2 janvier 2019]. Disponible à l'adresse : https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-01149520.

FAUVEL, Bruno et BÉCU, David, 2006. Description d'une méthodologie pour mesurer l'activité des chauves-souris (reprise partielle de l'intervention au colloque de la SFEPM d'octobre 2005). In : . 2006. p. 23-26.

GAUTIER, Denis, 2015. *BIENE : protocole d'évaluation du bien-être des brebis en condition de pâturage hivernal, test en exploitations d'élevage 2ème année*. Rapport final. S.l. Institut de l'élevage.

HOFFMANN, Volker, PROBST, Kirsten et CHRISTINCK, Anja, 2007. Farmers and researchers: How can collaborative advantages be created in participatory research and technology development? In : *Agriculture and Human Values* [en ligne]. 1 septembre 2007. Vol. 24, n° 3, p. 355-368. [Consulté le 28 août 2019]. DOI 10.1007/s10460-007-9072-2. Disponible à l'adresse : https://doi.org/10.1007/s10460-007-9072-2.

JONES, Te K. et CONNER, William E., 2019. The jamming avoidance response in echolocating bats. In : *Communicative & Integrative Biology* [en ligne]. Janvier 2019. Vol. 12, n° 1, p. 10-13. [Consulté le 26 août 2019]. DOI 10.1080/19420889.2019.1568818. Disponible à l'adresse : https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/19420889.2019.1568818.

LABOURÉ, Marie, PAPON, Pierre, GIRARD, Thomas, LEROY, Michaël et MARTINEZ, Kevin, 2018. Analyse de l'activité des Chiroptères en fonctions des conditions météorologiques et de sa répartition au cours de la nuit. In : *ENCIS environnement*. 2018. p. 1-8.

LEMAIRE, Michèle, 2006. Ecouter l'inaudible, les ultrasons des chauves-souris. In : *Symbioses Lycéennes*. 2006. n° 4, p. 1-6.

LEWANZIK, Daniel, SUNDARAMURTHY, Arun K. et GOERLITZ, Holger R., 2019. Insectivorous bats integrate social information about species identity, conspecific activity and prey abundance to estimate cost–benefit ratio of interactions. In : DERRYBERRY, Elizabeth (éd.), *Journal of Animal Ecology* [en ligne]. 22 avril 2019. p. 1-12. [Consulté le 26 août 2019]. DOI 10.1111/1365-2656.12989. Disponible à l'adresse : https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/1365-2656.12989.

MECH, L. David et BOITANI, Luigi, 2010. *Wolves: Behavior, Ecology, and Conservation*. S.l. : University of Chicago Press. ISBN 978-0-226-51698-1.

MINERO, Michela, DALLA COSTA, Emanuela, DAI, Francesca, CANALI, Elisabetta, BARBIERI, Sara, ZANELLA, Adroaldo, PASCUZZO, Riccardo et WEMELSFELDER, Françoise, 2018. Using qualitative behaviour assessment (QBA) to explore the emotional state of horses and its association with human-animal relationship. In : *Applied Animal Behaviour Science* [en ligne]. 1 juillet 2018. Vol. 204, p. 53-59. [Consulté le 6 mars 2019]. DOI 10.1016/j.applanim.2018.04.008. Disponible à l'adresse : http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168159118301849.

MINERO, Michela, DALLA COSTA, Emanuela, DAI, Francesca, MURRAY, Leigh Anne Margaret, CANALI, Elisabetta et WEMELSFELDER, Francoise, 2016. Use of Qualitative Behaviour Assessment as an indicator of welfare in donkeys. In : *Applied Animal Behaviour Science* [en ligne]. janvier 2016. Vol. 174, p. 147-153. [Consulté le 6 mars]. DOI 10.1016/j.applanim.2015.10.010. Disponible à l'adresse : https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0168159115002907.

MINISTÈRE DE L'ECOLOGIE, MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE, 2008. *Plan d'action national « Loup » 2008-2012* [en ligne]. S.l. [Consulté le 20 février 2019]. Disponible à l'adresse : http://www.oncfs.gouv.fr/IMG/pdf/plan_loup_2008_2013_2_.pdf.

MINISTÈRE DE L'ECOLOGIE, MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE, 2013. *Plan d'action national « Loup » 2013-2017* [en ligne]. S.l. [Consulté le 27 janvier 2019]. Disponible à l'adresse : https://agriculture.gouv.fr/plan-daction-national-loup-2013-2017-conservation-du-loup-et-protection-des-elevages.

MOBERG, Gary P., 1987. A Model for Assessing the Impact of Behavioral Stress on Domestic Animals. In : *Journal of Animal Science* [en ligne]. 1 novembre 1987. Vol. 65, n° 5, p. 1228-1235. [Consulté le 26 août 2019].

DOI 10.2527/jas1987.6551228x. Disponible à l'adresse : https://academic.oup.com/jas/article/65/5/1228-1235/4662467.

NIELSEN, B. L., 1999. Perceived welfare issues in dairy cattle, with special emphasis on metabolic stress. In : *BSAP Occasional Publication* [en ligne]. ed 1999. Vol. 24, p. 1-7. [Consulté le 6 mars 2019]. DOI 10.1017/S1463981500043028. Disponible à l'adresse : https://www.cambridge.org/core/journals/bsap-occasional-publication/article/perceived-welfare-issues-in-dairy-cattle-with-special-emphasis-on-metabolic-stress/9B0414AF0E92977B17B0AD5EE9043B19#.

NUNINGER, Lise, 2016. Prévenir la prédation des loups sur les troupeaux : ne laissons pas entrer le loup dans la bergerie ! In : *La Gazette des grands prédateurs*. Décembre 2016. n° 62.

PRÉFET DE MEURTHE-ET-MOSELLE, 2018. *La présence du loup en Meurthe-et-Moselle Bilan 2018*.

RIBEIRO, Silvia, LANDRY, Jean-Marc, METTLER, Daniel et SALVATORI, Valeria, 2017. CDPNews. In : . 2017. Vol. Winter 2017, n° 13, p. 17-24.

SHIVIK, John A et MARTIN, Daniel J, 2000. Aversive and disruptive stimulus applications for managing predation. In : *Wildlife Damage Management Conferences*. 2000. p. 1-10.

STOCKMAN, C. A., COLLINS, T., BARNES, A. L., MILLER, D., WICKHAM, S. L., BEATTY, D. T., BLACHE, D., WEMELSFELDER, F. et FLEMING, P. A., 2011. Qualitative behavioural assessment and quantitative physiological measurement of cattle naïve and habituated to road transport. In : *Animal Production Science* [en ligne]. 2011. Vol. 51, n° 3, p. 240-249. [Consulté le 7 mars 2019]. DOI 10.1071/AN10122. Disponible à l'adresse : http://www.publish.csiro.au/?paper=AN10122.

STOETZEL, A., 2015. *Étude des Chiroptères Année 2015*. S.l. Conservatoire d'espaces naturels de Champagne-Ardenne.

THORNLEY, Kay, 1990. Involving farmers in agricultural research: A farmer's perspective. In : *American Journal of Alternative Agriculture* [en ligne]. Décembre 1990. Vol. 5, n° 4, p. 174-177. [Consulté le 28 août 2019]. DOI 10.1017/S0889189300003659. Disponible à l'adresse : https://www.cambridge.org/core/journals/american-journal-of-alternative-agriculture/article/involving-farmers-in-agricultural-research-a-farmers-perspective/A3D31ECDECFDC85AC151112F06D34EBF#.

WELLS, Michael C. et LEHNER, Philip N., 1978. The relative importance of the distance senses in coyote predatory behaviour. In : *Animal Behaviour* [en ligne]. 1 février 1978. Vol. 26, p. 251-258. [Consulté le 20 février 2019]. DOI 10.1016/0003-3472(78)90025-8. Disponible à l'adresse : http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0003347278900258.

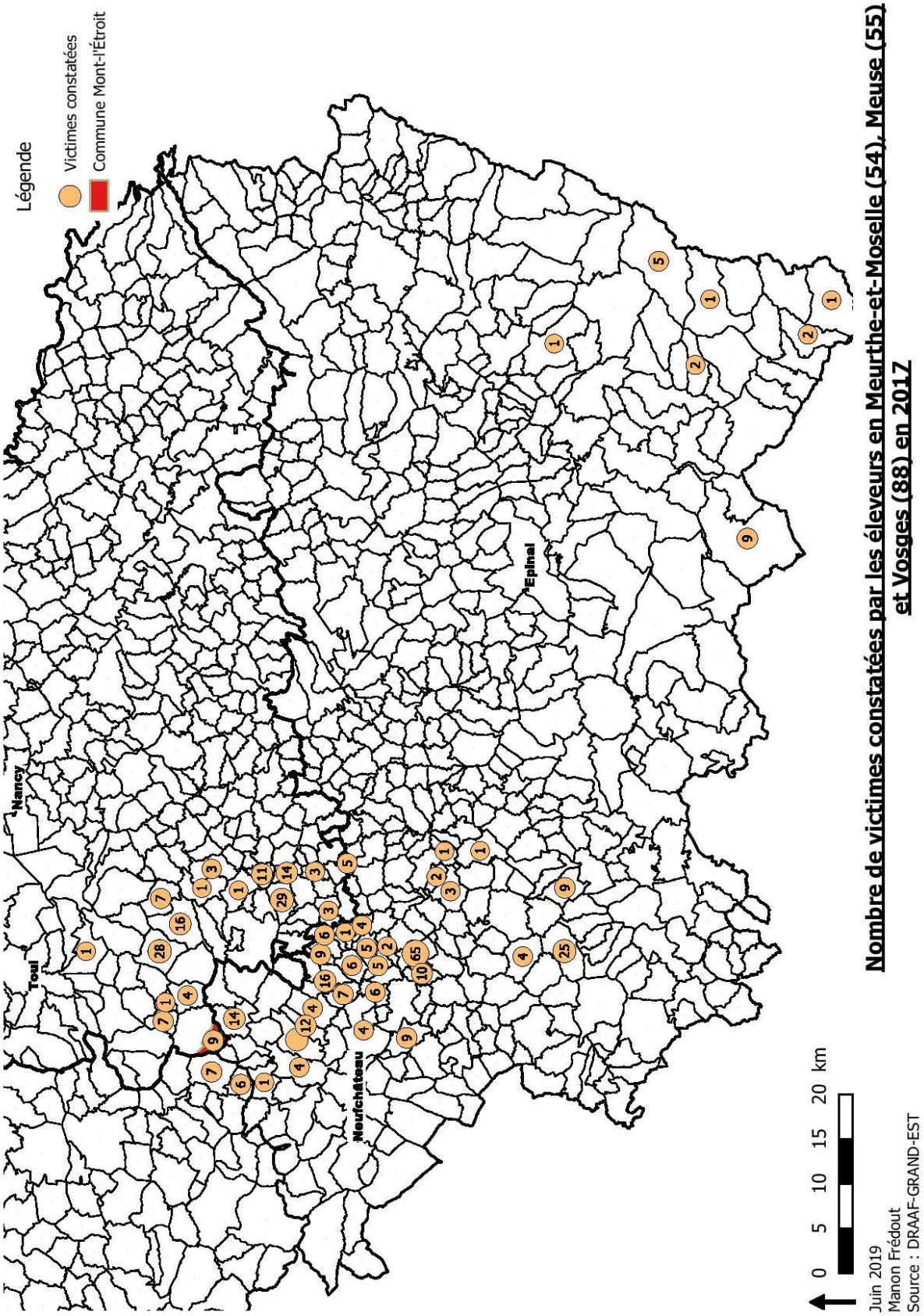
WEMELSFELDER, F., HUNTER, E.A, MENDL, M.T et LAWRENCE, A.B, 2000. The spontaneous qualitative assessment of behavioural expressions in pigs: first explorations of a novel methodology for integrative animal welfare measurement. In : [en ligne]. avril 2000. Vol. 67, n° 3, p. 193-215. [Consulté le 7 mars 2019]. DOI https://doi.org/10.1016/S0168-1591(99)00093-3. Disponible à l'adresse : https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0168159199000933.

SITOGRAPHIE

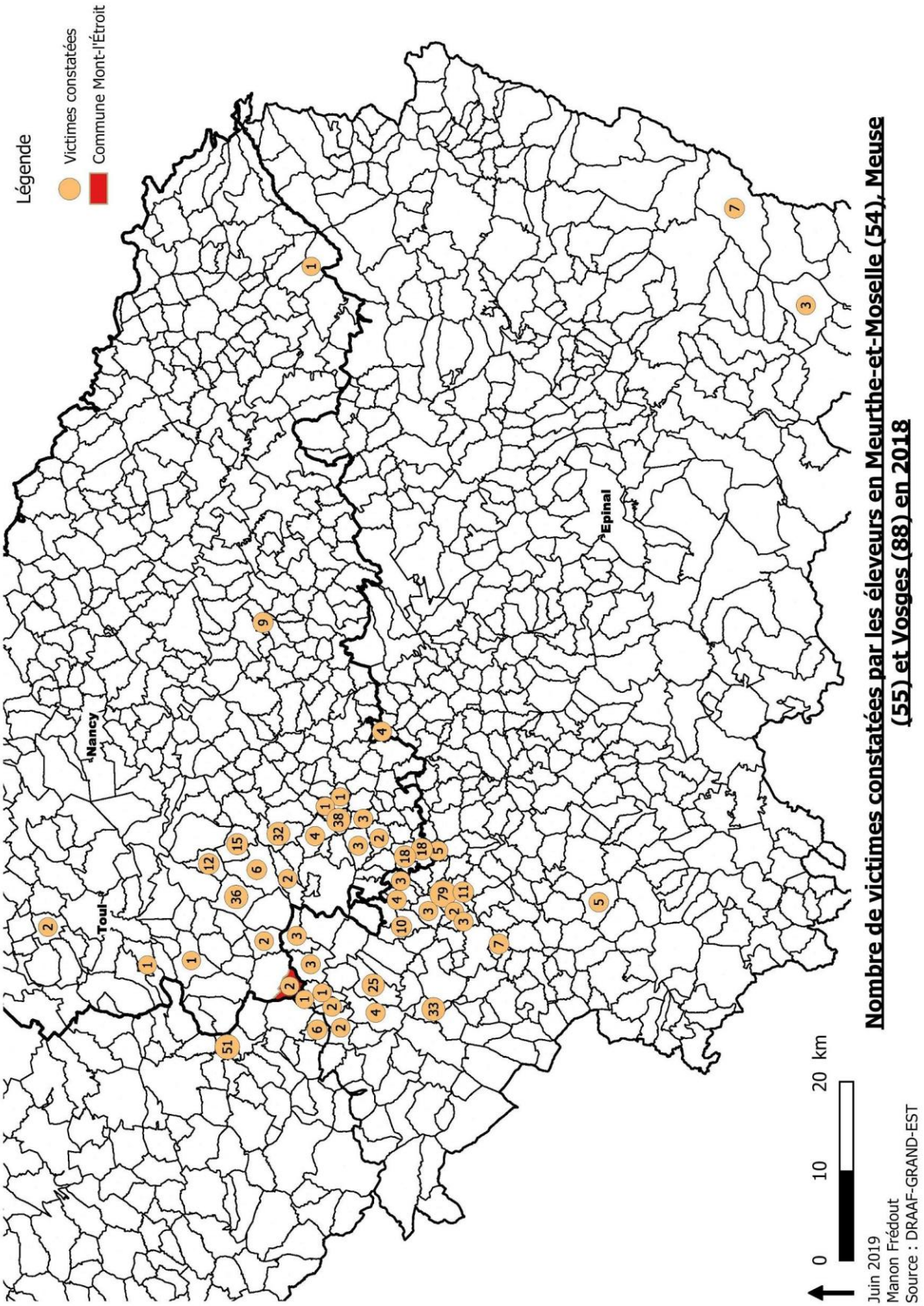
[1] Le coût du Loup - Infographies et statistiques. In : *Les éleveurs face au loup* [en ligne]. [Consulté le 2 septembre 2019]. Disponible à l'adresse : http://www.leseleveursfaceauloup.fr/le-loup/le-cout-du-loup/.

[2] Plan loup : l'Etat face à la colère des éleveurs. In : *www.cnews.fr* [en ligne]. 29 mai 2019. [Consulté le 26 août 2019]. Disponible à l'adresse : https://www.cnews.fr/videos/france/2019-05-29/plan-loup-letat-face-la-colere-des-eleveurs-845117.

Annexe 1 - Carte du nombre de victimes constatées par les éleveurs en 2017



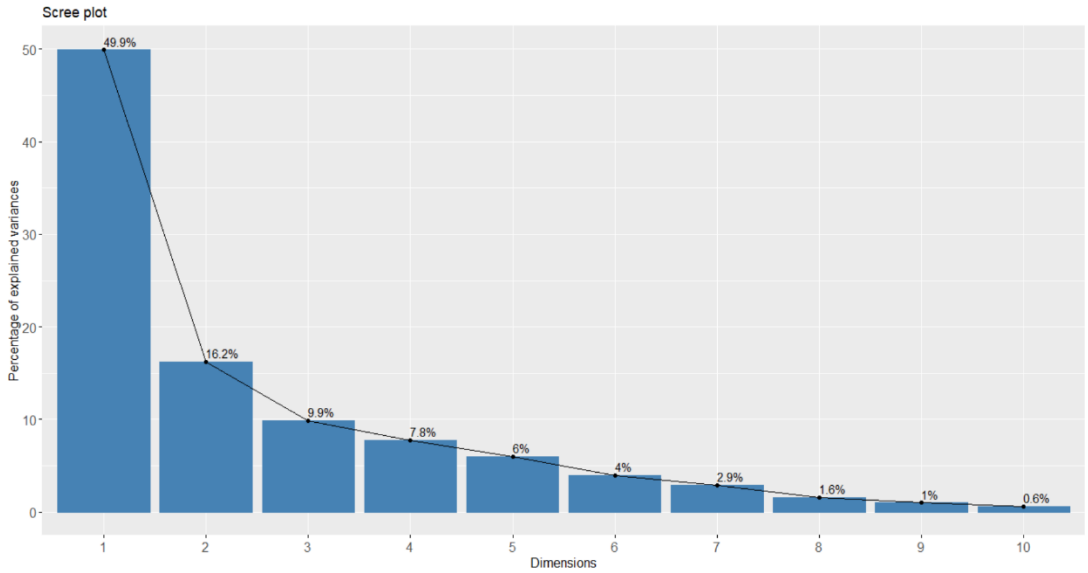
Annexe 2 - Carte du nombre de victimes constatées par les éleveurs en 2018



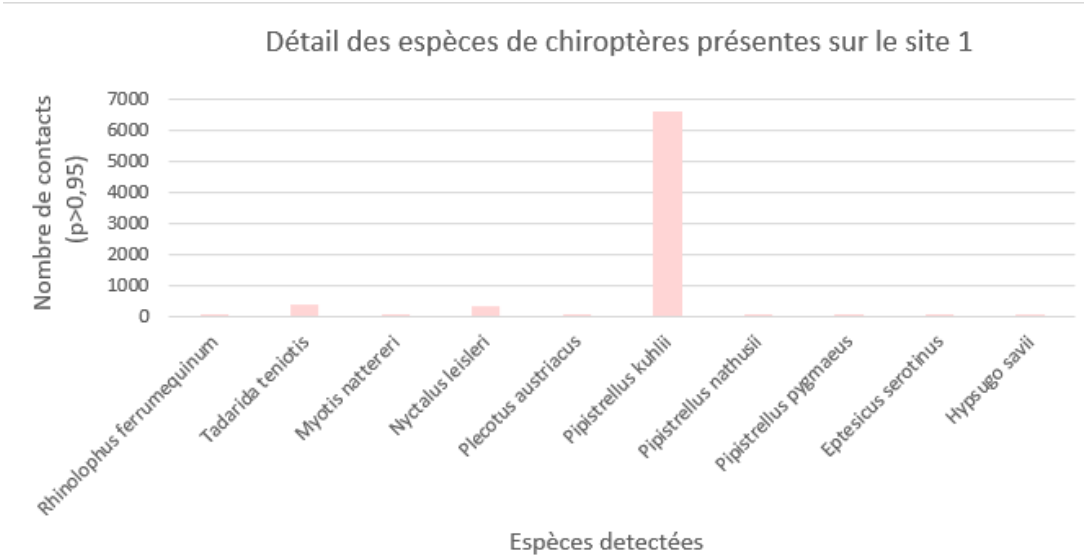
Annexe 3 - Tableau des données utilisées pour l'ACP

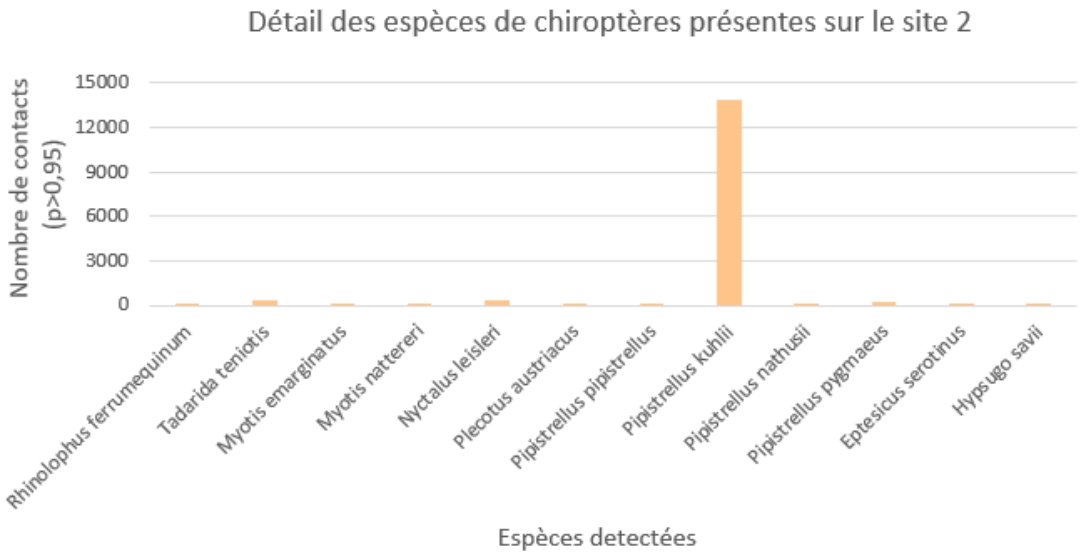
	Attentif_Vigilant	Actif	Relaxe_detendu	Craintif-inquiet	Satisfait	Calme	Agite	Agressif	Vigoureux	Frustre	Eteint	Physiquement_mal_a_l_aise	Sans_energie	Curieux	Eveille	Mefiant	Crispe	Sociable	Apathique	Sur_d_eux	Sur_la_defensive	Collier	Attaque	Type
Obs1_Lot1_SC	0	8	10	0	7	9	0	0	7	0	1	0	0	1	0	0	0	5	1	2	0	0	0	Sans collier - Sans attaque
Obs1_Lot2_AC	2	8	5	0	6	7	2	0	5	0	4	0	0	4	3	1	0	6	0	3	1	1	0	Avec collier - Sans attaque
Obs2_Lot1_SC	4	6	7	3	7	7	2	0	6	0	0	0	0	3	5	3	1	7	0	5	2	0	0	Sans collier - Sans attaque
Obs2_Lot2_AC	2	4	8	1	7	10	0	0	0	0	2	0	2	1	1	0	0	4	4	1	0	1	0	Avec collier - Sans attaque
Obs3_Lot1_SC	9	0	1	9	1	0	0	7	0	2	0	0	10	2	6	8	4	7	2	0	7	0	1	Sans collier - Après attaque
Obs3_Lot2_AC	8	6	1	8	0	1	4	3	2	0	1	0	2	3	4	6	4	2	1	3	3	1	1	Avec collier - Après attaque
Obs1_Lot3_AC	2	8	6	1	7	6	1	0	2	0	3	0	1	5	5	1	0	3	0	3	0	1	0	Avec collier - Sans attaque
Obs2_Lot3_AC	5	9	7	2	7	4	1	2	6	0	0	0	1	3	5	2	1	6	1	3	2	1	0	Avec collier - Sans attaque
Obs3_Lot3_AC	10	2	1	9	2	1	4	4	1	0	0	1	0	3	2	7	3	8	1	0	4	1	1	Avec collier - Après attaque
Obs4_Lot1_SC	5	2	6	4	6	9	0	1	3	0	0	0	8	4	3	3	2	9	5	2	1	0	1	Sans collier - Après attaque
Obs4_Lot2_AC	1	9	7	1	7	6	1	0	2	0	1	0	1	2	3	0	0	6	1	3	0	1	0	Avec collier - Sans attaque
Obs4_Lot3_AC	1	8	6	2	7	3	3	1	3	0	0	0	1	3	3	1	0	6	0	6	0	1	0	Avec collier - Sans attaque

Annexe 4 - Participation des dimensions de l'ACP à l'explication de la variance



Annexe 5 - Détail des espèces présentent sur les sites d'expérimentation chiroptère





	Diplôme : Ingénieur Spécialité : Paysage Spécialisation / option : GE - PAMEQ Enseignant référent : Didier Le Cœur

Auteur(s) : Manon Frédout Date de naissance* : 12/07/1996	Organisme d'accueil : Natural Solutions Adresse : 68 rue Sainte 13001 MARSEILLE Maître de stage : Frédéric Berton
Nb pages : 38 Annexe(s) : 5	
Année de soutenance : 2019	

Titre français : Étude des effets d'un nouveau système de protection des troupeaux : le collier anti-loup

Titre anglais : Study of the effects of a new herd protection system: the anti-wolf collar

Résumé (1600 caractères maximum) :

Les éleveurs ne sont pas toujours satisfaits des moyens de protection des troupeaux mis à leur disposition. Natural Solutions veut utiliser la technologie pour répondre à ce besoin. Des études exploratoires d'un collier anti-loup qui se place sur les brebis ont été menées. Si elles sont trop agitées des LEDs et des ultrasons se déclenchent pour effaroucher le loup. Nous avons voulu tester si ce système était efficace et s'il allait impacter la santé des brebis. Nous nous sommes aussi demandé si les ultrasons pouvaient déranger la faune sauvage, en particulier les chiroptères. Nous avons dénombré moins d'attaques sur les lots équipés que sur les lots non équipés. Ces études exploratoires sont encourageantes quant à l'efficacité du collier. Néanmoins les tests devront être prolongés pour avoir plus d'observations. Nous avons observé que les lots de nos expérimentations étaient plus actifs avec le collier. Il semblerait qu'il améliore l'état émotionnel des brebis après une attaque. En ce qui concerne les chiroptères, l'activité de ses dernières semble identique en présence ou en l'absence du collier. Néanmoins les tests ont été réalisés dans des conditions différentes des zones de pâturages où les espèces de chiroptères présentes peuvent varier. Ces études exploratoires mériteraient d'être continuées pour étoffer les résultats. Cela permettrait de proposer un nouvel outil de protection des troupeaux à moindre coût.

Abstract (1600 caractères maximum) :

Farmers are not always satisfied with existing methods for protecting their herds. Natural Solutions is using technology to meet this need and has carried out preliminary studies of an anti-wolf collar placed on various herds. When the animals get too agitated, LEDs and ultrasounds are triggered to frighten the threat, specifically here the wolf. The purpose of these tests was to check the effectiveness of this system and its potential impact on the animals' health. We also checked if the ultrasounds could disturb the surrounding wildlife, in particular chiropterans. We counted fewer attacks on equipped batches than on non-equipped batches. The results of these preliminary studies are encouraging with regards to the effectiveness of the collar. It remains, however, that further testing is needed to get more observations, and reached conclusive results. For instance, we noticed that the batches of our experiments were more active with the collar. It would seem to indicate that its presence improves the emotional state of the sheep after an attack. As far as chiropterans are concerned, the presence, or absence, of the collar is seemingly without impact on their activity. Nevertheless, the tests were carried out under different conditions from the grazing areas where the species of chiropterans present may vary. These exploratory studies should be continued to provide conclusive results. This would make it possible to propose a new tool for protecting herds at a lower cost.