Rédigé par :
Muriel Drouglazet

Dans le cadre du stage réalisé du 09.03.2016 au 31.08.2016.
Directrice de stage : Solène Soulas, chargée de mission Natura2000/Trame Verte et Bleue

Master 2 Ingénierie en écologie et gestion de la biodiversité, Université de Montpellier



RAPPORT DE STAGE

Elaboration d'un protocole d'étude de l'impact de l'éclairage artificiel sur les déplacements des mammifères terrestres nocturnes

Parc naturel régional des Causses du Quercy
UNION EUROPÉENNE
l'Europe s'engage en Midi-Pyrénées avec le FEDER
OCCITANIE LA RÉGION Pyrénées Méditerranée

Master
Biodiversité Écologie Évolution
Parcours Ingénierie en Ecologie et en Gestion de la Biodiversité
www.masters-biologie-ecologie.com/IEGB

Rapport de stage 2ème année – **M2-IEGB**

9 mars – 31 aout 2016

Drouglazet Muriel

Elaboration d'un protocole d'étude de l'impact de l'éclairage artificiel sur les déplacements des mammifères terrestres nocturnes

PNR des Causses du Quercy

11 rue Traversière - B.P. 10
46240 Labastide-Murat

Soulas Solène, Directrice de stage

Chargée de mission Natura 2000/Trame Verte et Bleue

Association des étudiants du Master IEGB

Remerciements

Tout d'abord, je souhaite remercier Solène Soulas, chargée de mission Environnement au Parc naturel régional des Causses du Quercy, pour m'avoir permis de réaliser mon stage de fin d'études au Parc et pour m'avoir suivie tout au long du stage.

Merci également au pôle environnement et plus largement à toute l'équipe du Parc pour leur accueil. Merci à Alain Gallo, membre du Conseil scientifique et de perspective du Parc, pour son regard sur mon travail à différentes étapes clés de mon stage.

Je remercie Mark Hewison, du département CEFS de l'INRA de Toulouse pour ses retours et critiques constructives sur l'élaboration de notre protocole. Je remercie également son collègue, Nicolas Morellet, pour sa disponibilité et son aide particulièrement lors de la réalisation des analyses statistiques.

Je remercie également nos partenaires locaux, la fédération de chasse du Lot, l'ONCFS et le département pour leur aide technique, et en particulier Thierry Grimal et Laurent Clavel pour leur disponibilité et pour m'avoir fait découvrir des sites intéressants sur le territoire du Parc.

Je remercie également Romain Sordello, du Muséum national d'histoire naturelle de Paris pour ses retours tout au long du stage et pour sa venue au début du mois de juillet qui nous a permis d'échanger directement sur le sujet.

J'en profite également pour remercier toutes les personnes ayant eu un regard à un moment du stage sur mon étude, dont Aurélie Coulon du Muséum national d'Histoire naturelle de Paris et du Centre d'Ecologie Fonctionnelle et Evolutive de Montpellier, Guy Berthoud du bureau d'étude suisse Eco-nat, Suisse et Leslie Bliss-Ketchum de Portland State University, USA.

Merci également à Philippe Salgues de la société piegesphotographique.fr pour sa formation riche en informations sur l'utilisation des pièges photographiques et à la société Solariflex pour son aide technique sur le choix et l'installation du matériel lumineux, étant novice en énergie solaire à mon arrivée.

Je remercie également les propriétaires et exploitants qui m'ont permis de réaliser mon étude sur leurs parcelles ainsi que les mairies ayant acceptées l'installation du matériel sur les parcelles communales.

Pour finir, un clin d'œil particulier à la team stagiaire 2016 du Parc : Antoine Avrilla, mon collègue de bureau « trame » pour ces 6 mois à discuter d'insectes, oiseaux, mammifères et autres découvertes du Quercy, ainsi qu'à Marion Rusquet, Etienne Maliet et Mathilde Lejeune pour les bons moments passés ensemble.



Une des premières photographies réalisées à l'aide du XR6 de Reconyx.
Renard, *Vulpes vulpes* un doux matin de printemps dans le Quercy.

Sommaire

INTRODUCTION 1

1. Contexte national et territorial 1
2. Le Contrat Restauration Biodiversité 2
3. Les impacts de la pollution lumineuse sur la faune nocturne 3
4. Les moyens de suivis de la faune 4
5. Objectifs et problématique de l'étude 5

MATERIELS ET METHODES 6

1. Modèles biologiques 6
2. Elaboration du protocole de mesure des impacts de l'éclairage artificiel sur les déplacements des mammifères terrestres nocturnes du Parc 6

2.a. Méthodologie d'élaboration du protocole 6

2.a.i. Bibliographie 6

2.a.ii. Echanges avec les partenaires scientifiques 7

2.a.iii. Echanges avec les partenaires locaux techniques 7

2.a.iv. Phase expérimentale 7

2.b. Design du protocole 7

2.c. Méthode de sélection des sites 7

2.d. Stratégie d'échantillonnage 8

2.e. Déroulement d'une unité temporelle d'étude 8

3. Matériel utilisé 9

3.a. Les pièges photographiques 9

3.b. Le matériel lumineux 9

3.c. Pose du matériel lumineux et des pièges photographiques 10

4. Traitement des images 10
5. Analyse des données de la phase expérimentale 11

5.a. Description des variables 11

5.a.i. Variables expliquées 11
5.a.ii. Variables explicatives 11
5.b. Modèles statistiques 11
RESULTATS 13
1. Stratégie d'échantillonnage expérimentée 13
1.a. Les sites d'étude 13
1.b. Les sites non retenus 14
2. Résultats du nombre de passages recensés par espèces 15
2.a. Les espèces capturées 15
2.b. Résultats des coulées de type « témoins » 15
2.c. Résultats des coulées de type « traitées » 16
2.c.i. Analyses portant sur le Chevreuil, C.capreolus 16
2.c.ii. Analyses portant sur le Sanglier, S.scrofa 17
2.c.iii. Analyses portant sur les petits Carnivores, Carnivora sp. 17
DISCUSSION 18
1. Discussion sur les résultats de la phase expérimentale 18
2. Discussion sur la méthodologie 18
2.a. Sélection des sites 18
2.a.i. Influence de la pluviométrie du printemps 2016 18
2.a.ii. Difficultés liées au choix des sites 19
2.b. Les espèces cibles 19
2.c. La méthode de détection : les pièges photographiques 19
2.d. Biais et facteurs confondants 20
2.d.i. Dérangement lié à la pose 20
2.d.ii. La perturbation lumineuse amenée 20
2.d.iii. Saisonnalité 20
3. Perspectives et améliorations de l'approche expérimentale 21

3.a. Choix des sites par rapport aux espèces ciblées 21
3.b. Design du protocole 21
3.c. Outil de suivi des déplacements des mammifères terrestres nocturnes 22
4. Proposition pour la poursuite de l'étude 22
CONCLUSION 23
BIBLIOGRAPHIE 24
ANNEXES 29

Table des illustrations

Liste des figures

Figure 1 Carte des 51 Parcs Naturels Régionaux de France (source congrès des Parcs, 2016)

Figure 2 Localisation du Parc naturel régional des Causses du Quercy dans le Lot (46), région Occitanie

Figure 3 Impacts de la lumière artificielle sur des cycles biologiques des Wallaby *Macropus eugenii* (source : Robert et al., 2015)

Figure 4 Illustration d'un piège écologique : la "Crash barrieier effect"(Eisenbeis, 2006 (source : Perkin et al. 2011)

Figure 5 Résultats du suivi GPS réalisé sur des Antilopes *Hippotragus niger* dans le Parc national de Kruger, Afrique du sud, entre le 1er février et le 15 avril 2007 (source : Owen-Smith, 2010)

Figure 6 Illustration d'une méthode de suivi passif non-invasif : utilisation de bancs de sable pour évaluer la fréquentation d'un passage sous une infrastructure humaine (source : Bliss-Ketchum, 2016)

Figure 7 Illustration d'une méthode de suivi passif non-invasif : utilisation de pièges photographiques. Modèle : Piège photographique Reconyx SC950

Figure 8 Bilan de la qualité du ciel nocturne du Parc naturel régional des Causses du Quercy 2009 après 1h du matin (source : Parc naturel régional des Causses du Quercy/Association Licorness (Light control brightness night environment sky survey), 2009)

Figure 9 Schématisation du protocole réalisé durant la phase expérimentale

Figure 10 Succession des unités temporelles d'étude sur la coulée dite "Témoin" et sur la coulée dite "Traitée".

Figure 11 Schéma de montage d'un kit lumineux

Figure 12 Photographie d'un piège photographique et d'un spot lumineux sur les sites de Brengues et de La Vaysse

Figure 13 Capture d'écran du logiciel MapView (Version:3.4.39 ©Reconyx, Inc.2005-20014

Figure 14 Schématisation de la méthode de comptabilisation du nombre de passage dans le cas où 2 photographies de la même espèce sont capturées à moins de 5 minutes d'intervalle

Figure 15 Carte de la pollution lumineuse après 1h du matin et localisation des sites de la phase expérimentale

Figure 16 Illustration graphique de l'effet fixe de l'unité temporelle sur la présence de *C.capreolus* et *Carnivora sp.*

Figure 17 Comparaison du nombre de nuit de présence par espèce durant la première semaine d'expérimentation entre les coulées témoins et coulées traitées pour chaque site

Figure 18 Exemples de photographies de Chevreuils *C.capreolus* obtenues par piègeage photographique. Modèle : piège photographique SC950 de Reconyx.

Figure 19 Graphique et détail des valeurs de prédiction des modèles sélectionnés par le critère d'Akaïke corrigé pour *C.capreolus*

Figure 20 Exemples de photographies de Sangliers *S.scrofa* obtenues par piégeage photographique. Modèle : piège photographique SC950 de Reconyx.

Figure 21 Graphique et détail des valeurs de prédiction des modèles sélectionnés par le critère d'Akaïke corrigé pour *S.scrofa*

Figure 22 Exemples de photographies de petits carnivores *Carnivora sp* obtenues par piégeage photographique. Modèle : piège photographique SC950 de Reconyx.

Figure 23 Graphique et détail des valeurs de prédiction du modèle sélectionné par le critère d'Akaïke pour *Carnivora sp.*

Figure 24 Schéma de proposition de protocole avec suivi GPS.

Liste des tableaux

Tableau 1 Extrait du tableau de données de présence/absence de *C.capreolus, S.scrofa* et *Carnivora* par site, par nuit, par type de coulée, par traitement et par unité temporelle d'étude.

Tableau 2 Récapitulatif du nombre d'unités temporelles et du nombre de nuits de piégeage réalisées par site avec dates de début et de fin d'expérimentation

Tableau 3 Résultats du modèle linéaire généralisé réalisé sur les données des coulées de type « témoin » avec loi binomiale sur *C.capreolus*, *S.scrofa* et *Carnivora sp* et test de Khi-2 avec en effet fixe : Unité temporelle et en effet aléatoire : site

Tableau 4 Résultats du test de MacNemar sur les données de la première semaine de chaque site, entre la coulée témoin et la coulée traitée

Tableau 5 Résultat de la sélection de modèle avec le Critère d'information d'Akaïke corrigé pour le cas d'échantillons de petite taille (AICc) la différence d'AIC entre le modèle i et le meilleur modèle (delta)

Liste des encarts

Encart 1 Liste des Mammifères terrestres nocturnes susceptibles d'être présents sur le territoire du Parc Naturel Régional des Causses du Quercy (sources : Inventaire national du patrimoine nature, Muséum d'histoire naturelle, https://inpn.mnhn.fr/accueil/index ; Atlas des mammifères sauvages de Midi-Pyrénées)

Encart 2 Extrait du script réalisé sous R pour la comparaison avec le test de Khi-2 de MacNemar entre la coulée témoin et coulée traitée, exemple pour le Chevreuil *C.capreolus*

Encart 3 Extrait du script réalisé sous R pour la sélection descendante du modèle linéaire généralisé mixte suivant un test de Khi-2

INTRODUCTION

Du fait de l'expansion urbaine, l'érosion de l'obscurité a significativement augmenté (Duffy et al. 2015). Dans le monde du vivant, les végétaux n'en sont pas épargnés (Briggs 2006), ni le règne animal. Il semble important de rappeler que 30% des vertébrés et 60% des invertébrés sont des espèces nocturnes (Hölker et al. 2010). Bien que les effets de l'éclairage artificiel sur la biodiversité interpellent la communauté scientifique dès la fin du 19eme siècle en particulier sur l'avifaune (Kumlien 1888), l'importance du contrôle de la pollution lumineuse a en premier lieu était pointée par les astronomes (Riegel 1973). Aujourd'hui, l'éclairage artificiel peut être perçu comme une source de pollution lumineuse. En effet, une pollution est définie comme une « dégradation de l'environnement par des substances (naturelles ou chimiques), des déchets (ménagers ou industriels) ou des nuisances diverses (sonores, lumineuses, thermiques, biologiques, etc.) » (Dictionnaire Larousse). A ce sens, la pollution lumineuse peut être définie comme une dégradation de l'environnement nocturne causée par des nuisances lumineuses dont l'éclairage public.

1. Contexte national et territorial

A ce jour, les collectivités territoriales, les associations protectrices de l'environnement et les gestionnaires d'espaces naturels ont saisi les enjeux soulevés par l'éclairage artificiel. Le gouvernement français ne s'est saisi de la question que tardivement (années 2000). En effet, dès 1974, d'autres pays européens prennent en compte la pollution lumineuse au même titre que le bruit ou la pollution de l'air (Conseil général de l'environnement et du développement durable, Aujollet, et David 2014). Le Grenelle de l'Environnement de 2007 a permis la prise en compte de la pollution lumineuse dans la législation française pour la réglementation des éclairages lumineux (*LOI n° 2009-967 du 3 août 2009*; *LOI n° 2010-788 du 12 juillet 2010*). Au sein du Parc Naturel Régional (PNR) des Causses du Quercy (ci-après dénommé le Parc), la thématique de la pollution lumineuse devient un enjeu de plus en plus important. Le Parc est situé dans le département du Lot, région Occitanie[1] (Figure 1 et 2). Il a été créé en 1999, du fait de la valeur paysagère, environnementale et patrimoniale des Causses karstiques. Le Parc comprend 97 communes regroupant plus de 30 000 habitants, ce qui en fait une zone qui a gardé son caractère rural. Il s'étend sur 185 500 ha et regroupe divers milieux naturels tels que les prairies, les pelouses, les milieux boisés, les milieux ouverts et les zones humides ainsi que des milieux anthropisés, sous forme de milieux agricoles et de zones urbanisées. Il est

[1] Anciennement Région Midi-Pyrénées ayant fusionnée avec la région Languedoc-Roussillon le 1er janvier 2016

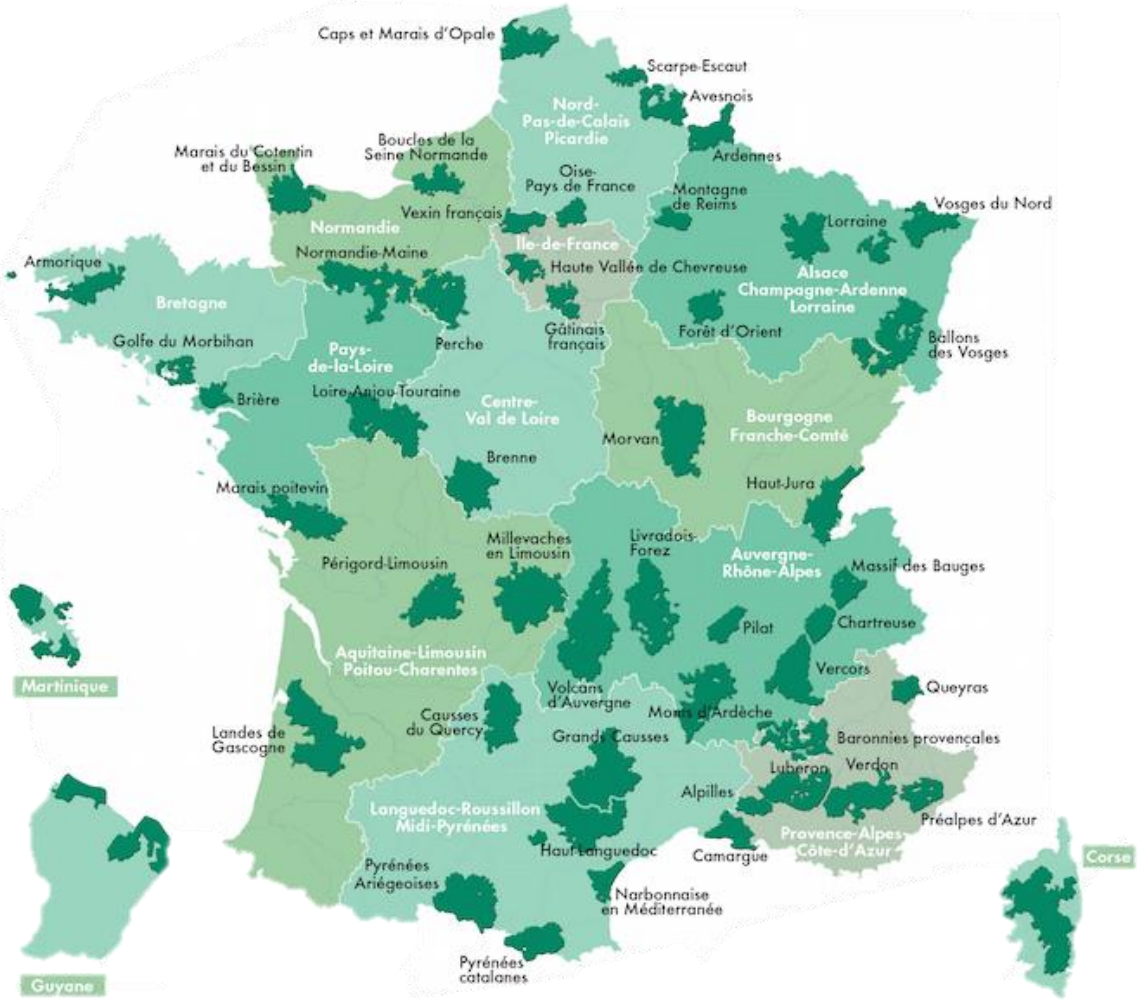


Figure 1 Carte des 51 Parcs Naturels Régionaux de France.
Source : http://2016.congres-des-parcs.fr/;

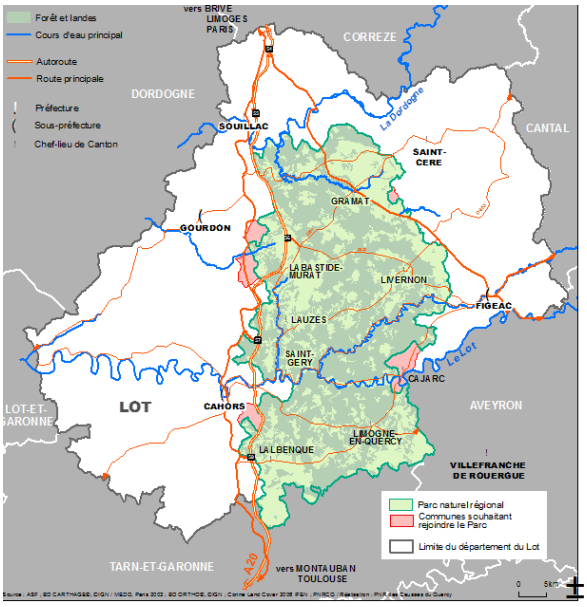


Figure 2 Localisation du Parc naturel régional des Causses du Quercy dans le Lot (46), région Occitanie.
Source : Parc naturel régional des Causses du Quercy.

également très réputé pour la qualité de son ciel étoilé, mis en évidence en 2002 dans la revue « Ciel et espaces ». Le « triangle noir du Quercy » voit le jour pour sa qualité exceptionnelle de ciel nocturne. Aujourd'hui, plusieurs villes et villages ont acquis le statut de « Villes et villages étoilés de France », délivré par l'ANPCEN[2] (Association nationale pour la protection du ciel nocturne). Le Parc est très investi dans la préservation et la gestion du patrimoine naturel, culturel et paysager. Il développe de nombreuses actions aussi bien d'un point de vue biodiversité, économie, social ou aménagement urbain. C'est à la croisée de ces actions que se situe la problématique de la pollution lumineuse liée notamment à l'éclairage artificiel. Le Parc a décidé de s'investir sur cette thématique afin d'acquérir des connaissances supplémentaires sur l'impact de l'éclairage artificiel. Celles-ci permettront ensuite d'élaborer des outils pour mieux préserver le patrimoine nocturne (sensibilisation des communes, des privés, diminution des éclairages) qui pourront être appliquées dans l'optimisation des outils de gestion. En 2012, le Parc lance dans ce cadre une première étude réalisée par Héloïse GRANIER sur la prise en compte de la pollution lumineuse dans l'identification des continuités écologiques sur son territoire (Granier 2012). L'objectif à moyen terme du Parc est d'être en mesure d'intégrer la pollution lumineuse comme paramètre dans la Trame Noire, déclinaison de la Trame Verte et Bleue (TVB) pour la qualité du ciel nocturne. A l'instar des axes routiers, habitations, etc. L'intégration de ce nouveau paramètre permettra ainsi aux acteurs du territoire de disposer d'un outil TVB transposé à l'environnement nocturne.

2. Le Contrat Restauration Biodiversité

En 2015, les élus régionaux ont voté lors de la commission permanente une enveloppe pour le premier Contrat de Restauration de la Biodiversité (CRB) du Parc naturel régional des Causses du Quercy pour la restauration de la Trame Verte et Bleue et des paysages. Le contrat a été signé par l'ex Région Midi-Pyrénées, le Syndicat mixte d'aménagement et de gestion du PNR des Causses du Quercy, le Conseil départemental du Lot et les partenaires techniques mobilisés par le Parc. La mise en œuvre du CRB a été cofinancée par l'ex-région Midi-Pyrénées, par les fonds européens FEDER (Fonds européens de développement économique et régional) et par le Département du Lot. Le budget du CRB s'élève à plus d'un million d'euros pour la période 2015-2017. Il se subdivise en différentes thématiques, allant de la recherche appliquée à la gestion des territoires. Le Parc y a inclus une thématique « **Amélioration des connaissances** » et plus spécifiquement une fiche action intitulée

[2] Association de Loi 1901 crée le 20 mars 1999, reconnue d'intérêt général, agrément national des associations de protection de l'environnement en 2014

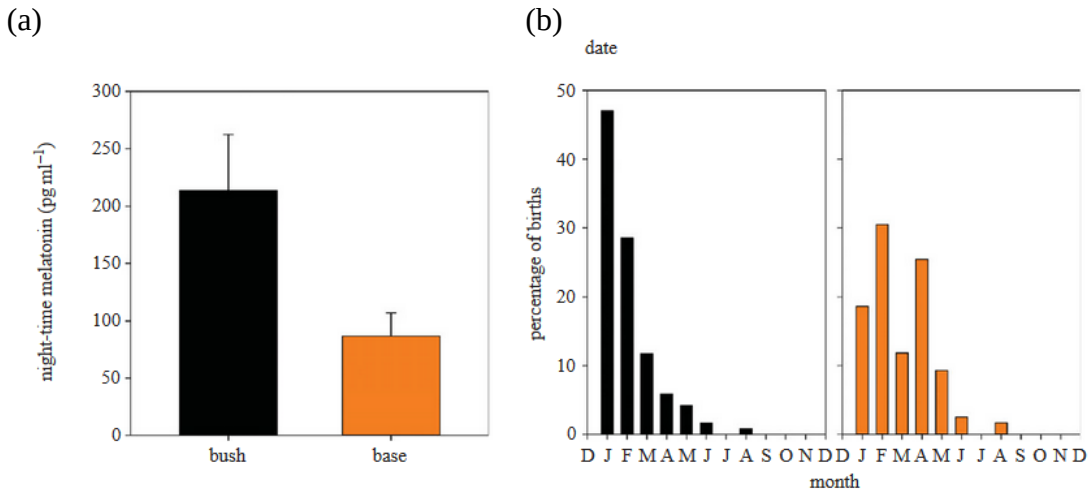


Figure 3 Impacts de la lumière artificielle sur des cycles biologiques des Wallaby *Macropus eugenii* : (a) Production de mélatonine par nuit par des Wallaby *Macropus eugenii* soumis à de la pollution lumineuse (Bush, en noir) et sans pollution lumineuse (base, en orange) ; (b) Pourcentage de naissance de Wallaby *Macropus eugenii* soumis à de la pollution lumineuse (Bush, en noir) et sans pollution lumineuse (base, en orange).
Source : Robert et al., 2015.



Figure 4 Illustration d'un piège écologique : la "*Crash barrieier effect*"(Eisenbeis, 2006). Les Insectes sont attirés par la source lumineuse et volent jusqu'à épuisement ou jusqu'à être la proie d'un prédateur. Source : Perkin et al. 2011

« **Travaux de recherche sur l'impact de la pollution lumineuse** ». Le budget prévisionnel mobilisé pour l'ensemble des travaux de cette fiche action est de 41k€. L'étude réalisée est effectuée en partenariat avec le département Comportement et Ecologie de la Faune Sauvage (CEFS) de l'INRA de Toulouse, le Muséum national d'Histoire Naturelle de Paris (MNHN), l'Office National de la Chasse et de la Faune Sauvage (ONCFS) et la Fédération de Chasse (FDC). C'est dans cette action que s'insère l'étude présentée ici.

3. Les impacts de la pollution lumineuse sur la faune nocturne

Afin de justifier les choix stratégiques en matière de gestion, il s'agit à présent d'être en mesure de s'appuyer sur des études scientifiques menées en conditions réelles et prenant en compte l'impact écologique de la lumière artificielle (Dominoni, Borniger, et Nelson 2016; Gaston, Visser, et Hölker 2015). Parmi les différents impacts de la pollution lumineuse sur la faune nocturne, nous pouvons tout d'abord citer les perturbations des cycles biologiques de la faune. L'éclairage artificiel provoque en particulier un dérèglement des sécrétions hormonales dont une surproduction la mélatonine (Brüning et al. 2016; Robert et al. 2015) (Figure 3 (a)). Ce phénomène induit des effets sur les cycles de reproduction, dont des mise-bas précoces (Robert et al. 2015) (Figure 3 (b)). L'exposition à une lumière artificielle occasionne également une augmentation significative de la température interne chez les primates (LeTallec, Théry, et Perret 2015). D'autres conséquences comme une réduction de l'activité et des modifications comportementales (Beier 2006; Grigione et Mrykalo 2004; Robert et al. 2015) ont également été constatées. Les rythmes circadiens sont perturbés du fait du rallongement artificiel du jour et de la réduction de la nuit (Ikeno et al. 2014). Concernant l'impact sur les déplacements des espèces, le facteur « éclairage artificiel » commence à être pris en compte dans les études scientifiques à partir des années 1990 (Beier 1995). L'étude de l'utilisation de l'espace et des activités des chiroptères au sein d'une zone résidentielle de Sydney (Australie) formant une mosaïque entre patchs urbanisés et patchs de nature montrent que les zones impactées par la lumière artificielle sont évitées par certaines espèces (Threlfall, Law, et Banks 2013). L'éclairage a un impact négatif pour les espèces les plus sensibles à la lumière (*Myotis spp, Plecotus spp., Rhinolophus hipposideros*) (Azam et al. 2015; Stone et al. 2012). La présence de lumière artificielle entraîne également une diminution de l'exploitation des ressources pour certaines espèces telles que les Souris (Bird, Branch, et Miller 2004; Spoelstra et al. 2015). La faune tend à modifier ses couloirs de déplacements afin d'éviter les zones éclairées (Beier 1995; Grigione et Mrykalo 2004) et d'exploiter de préférence les zones les moins impactées (Bird et al. 2004). A contrario, les sources d'éclairage telles que les

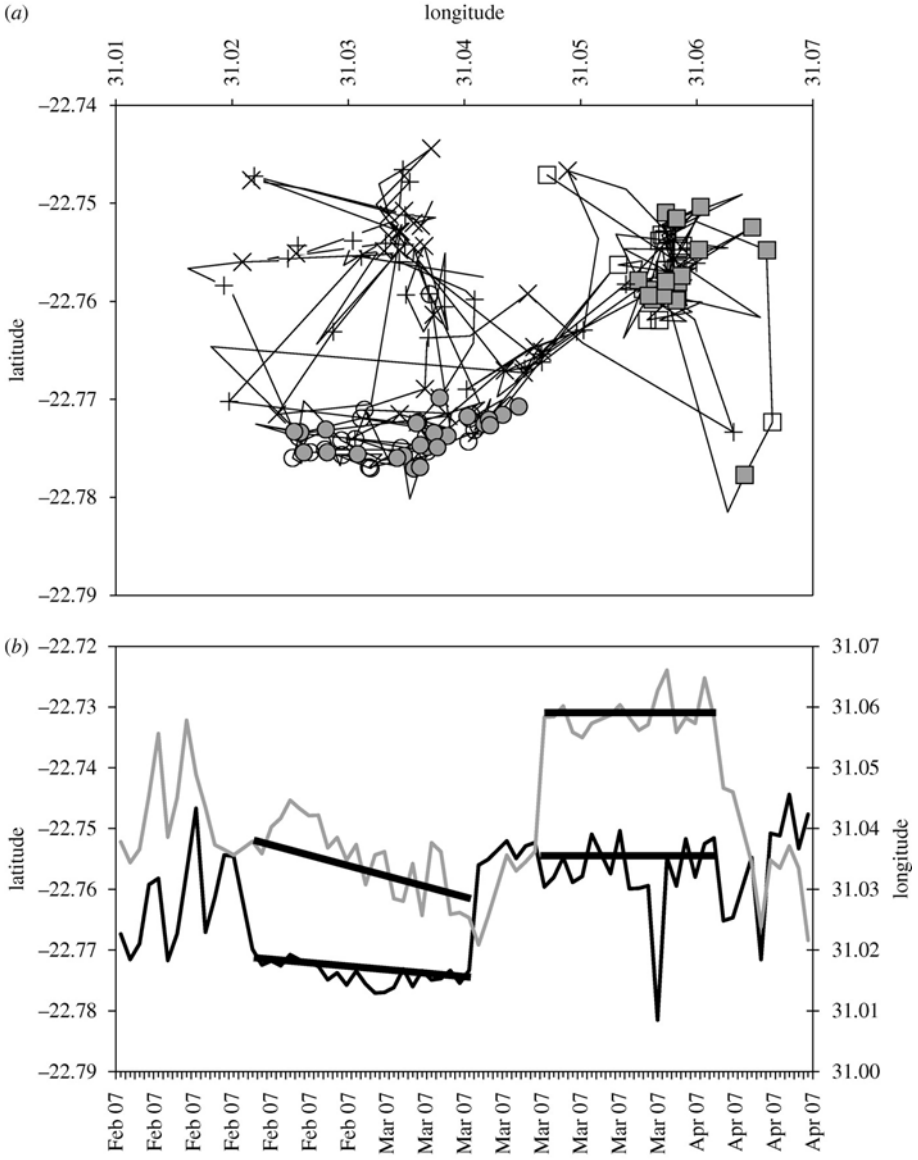


Figure 5 Résultats du suivi GPS réalisé sur des Antilopes *Hippotragus niger* dans le Parc national de Kruger, Afrique du sud, entre le 1er février et le 15 avril 2007. (a) Localisation spatiale (latitude, longitude) des relevés effectués à 6h d'intervalle. Symboles ouverts : matin (8 :00) ; Symboles fermés : soir (20 :00) ; Symboles + et x : déplacements ; Symboles o et □ : repos. (b) Localisation spatiale (latitude, longitude) au cours de l'expérience.
Le suivi GPS met en évidence deux lieux d'implantation préférentiels séparés par une période de fluctuations.
Source : Owen-Smith, 2010

lampadaires peuvent aussi constituer des pièges écologiques pour les Insectes qui sont attirés (nommé « crash barrier Effect »), mis en évidence par Eisenbeis, 2006 (Figure 4). Ils constituent alors une ressource alimentaire concentrée qui attire leurs prédateurs, dont les Chiroptères Insectivores (Azam et al. 2015). En outre, des espèces diurnes peuvent être actives la nuit en présence de lumière artificielle (Lebbin et al. 2007). Du fait de ses impacts sur les déplacements de la faune, la lumière artificielle est alors susceptible d'être une source de fragmentation (Sordello et al. 2014). Lorsque la faune est contrainte d'utiliser des passages à faune pour ses déplacements, à l'instar d'un passage sous une route qui permet d'assurer la connectivité des habitats, la présence de lumière artificielle entraîne une rupture de cette connectivité pour certains mammifères comme le Cerf *Odocoileus hemionus* la Souris *Peromuscus maniculatus* ou l'Opposum *Didelphis virginiana* (Bliss-Ketchum et al. 2016).

Suite à ces constatations sur les avancées actuelles en termes d'impacts de l'éclairage artificiel sur les déplacements de la faune, le Parc a choisi d'orienter ses études sur les mammifères terrestres nocturnes. Les chiroptères faisant déjà l'objet d'études scientifiques (Azam et al. 2015; Stone et al. 2012; Threlfall, et al. 2013), nous nous sommes orientés vers les mammifères non volants, particulièrement actifs au crépuscule et la nuit en termes de déplacements quotidiens, recherche de nourriture, interactions sociales, etc. De par sa richesse faunistique, le territoire du Parc est un terrain propice à la mise en place de protocoles innovants. Le territoire et les modèles biologiques identifiés, le Parc a sélectionné en amont du stage le moyen de suivi afin de s'inscrire dans cette démarche de recherche scientifique.

4. Les moyens de suivis de la faune

Afin de réaliser des suivis d'impacts d'une perturbation sur la faune et plus généralement d'étudier les déplacements des espèces, différents moyens de suivis existent dont nous pouvons mettre en évidence les plus couramment utilisés. Le suivi GPS (« Global Positioning System») permet, grâce à une balise fixée à l'animal, de suivre ses déplacements sur plusieurs mois (Beier 1995; Habib et al. 2014; Owen-Smith, et al. 2010). Cette méthode permet d'obtenir des résultats précis sur les individus marqués comme illustré en figure 5. Elle est néanmoins coûteuse et se limite généralement à quelques individus. La radio-télémétrie, plus accessible, permet également ce type de relevés mais nécessite plus de temps de terrain et d'analyse. Ces deux méthodes nécessitent de surcroît une capture initiale des individus afin de les équiper. Les méthodes passives de suivi ont elles le double avantage de réduire le stress des individus et d'augmenter la détectabilité par effort d'échantillonnage (MCCleery et al. 2014). L'analyse des indices de présence (empreintes, fèces, restes alimentaires, marquages)



Figure 6 Illustration d'une méthode de suivi passif non-invasif : utilisation de bancs de sable pour évaluer la fréquentation d'un passage sous une infrastructure humaine. Les empreintes sont relevées régulièrement pour identifier les espèces utilisant le passage à faune.
Source : Bliss-Ketchum, 2016



Figure 7 Illustration d'une méthode de suivi passif non-invasif : utilisation de pièges photographiques. Modèle : Piège photographique Reconyx SC950
Source : Parc naturel régional des Causses du Quercy, Drouglazet, 2016.

est une méthode non-invasive permettant d'identifier les passages de la faune. Le suivi le long de transects, traditionnellement utilisé pour le suivi des grands mammifères, est très dépendant de la visibilité (Espartosa et al. 2011). Le relevé d'empreintes sur des bancs de sable (Figure 6) est alors régulièrement utilisé (Balme et al. 2009; Bliss-Ketchum et al. 2016). Il demande cependant des conditions météorologiques et des sites d'études adaptés et nécessite une forte connaissance de la diversité d'empreintes. Autre méthode de suivi passive, les pièges photographiques (Figure 7) apparus au cours du 20ème siècle sont à présent largement utilisés dans l'étude des populations de grands mammifères (Bowkett et al. 2008; Di Bitetti et al. 2008; Karanth et Nichols 2011; Michalski et Peres 2007; Srbek-Araujo et Chiarello 2005; Trolle et Kéry 2003) mais leur utilisation peut également être adaptée aux petits mammifères (MCCleery et al. 2014). Ils permettent d'obtenir de l'information sur la faune difficilement observable. Bien que coûteux à l'achat, ils sont équivalents aux méthodes de relevées d'empreintes sur bandes ensablées en termes de richesse spécifique relevée et s'adaptent à une plus grande diversité d'habitats (Espartosa et al. 2011). Actuellement, beaucoup d'études combinent plusieurs méthodes de suivi (Holzhauer et al. 2015; Michalski et Peres 2007; Spoelstra et al. 2015). Dans le contexte d'une pré-étude, le Parc a choisi les pièges photographiques comme moyen de suivi des mammifères terrestres nocturnes.

5. Objectifs et problématique de l'étude

Mon stage, inclus dans la fiche action « Travaux de recherche sur l'impact de la pollution lumineuse » du CRB s'inscrit dans la problématique suivante : « **la lumière artificielle est-elle un obstacle au déplacement des mammifères terrestres nocturnes ?** ». L'objectif est d'élaborer un protocole innovant utilisant les pièges photographiques afin d'évaluer l'impact de la pollution lumineuse sur les déplacements des mammifères terrestres nocturnes. En effet, mon stage s'inscrit dans un projet à plus long terme, poursuivi éventuellement en thèse. De ce fait, il s'agit cette année de mettre au point un protocole et une méthodologie robustes. Les résultats de ce stage devront permettre de réaliser des choix méthodologiques pour la suite. En particulier : quelles espèces cibles choisir pour la poursuite de l'étude ? Quels outils sont les plus adéquats pour le suivi des mammifères terrestres nocturnes ? Quelles sont les contraintes et limites liées à une étude *in-situ* ? Dans la suite de ce rapport, je présenterai dans un premier temps la méthodologie utilisée pour l'élaboration du protocole, ainsi que les méthodes et matériels employés. Dans un second temps, je présenterai les résultats de l'application de ce protocole sur le territoire du parc. Enfin je proposerai une discussion sur les résultats de la phase d'expérimentation ainsi que sur les perspectives méthodologiques.

Carnivora :
Canidae :

- **Renard roux** (*Vulpes vulpes,* Linnaeus 1758)

Mustelidae :

- **Loutre d'Europe (***Lutra lutra*, Linnaeus, 1758)
- **Fouine (***Martes foina*, Erxleben, 1777)
- **Martre des pins (***Martes marte*s, Linnaeus, 1758)
- **Blaireau** (*Meles meles*, *L*innaeus, 1758)
- **Hermine** (*Mustela erminea*, Linnaeus, 1758)
- **Belette d'Europe** (*Mustela nivalis* Linnaeus, 1766)
- **Putois d'Europe** (*Mustela putorius*, Linnaeus, 1758)

Viverridae

- **Genette commune** (*Genetta genetta*, Linnaeus, 1758)

Cetartiodactyla :
Cervidae :

- **Chevreuil européen** (*Capreolus capreolus*, Linnaeus, 1758)
- **Cerf élaphe** (*Cervus elaphus*, Linnaeus, 1758)
- **Cerf sika** (*Cervus nippon*)
- **Daim européen** (*Dama dama*, Linnaeus, 1758)

Suidae :

- **Sanglier** (*Sus scrofa*, Linnaeus 1758)

Erinaceomorpha :
Erinaceidae :

- **Hérisson d'Europe** (*Erinaceus europaeus* Linnaeus, 1758)

Lagomorpha :
Leporidae :

- **Lapin de garenne** (*Oryctolagus cuniculus*, Linnaeus, 1758)
- **Lièvre d'Europe** (*Lepus europaeus*, Pallas, 1778)

Rodentia
Myocastoridae :

- **Ragondin** *(Myocastor coypus*, Molina, 1792*)*

Encart 1 Liste des Mammifères terrestres nocturnes susceptibles d'être présents sur le territoire du Parc Naturel Régional des Causses du Quercy.
Sources : Inventaire national du patrimoine nature, Muséum d'histoire naturelle, https://inpn.mnhn.fr/accueil/index ; Atlas des mammifères sauvages de Midi-Pyrénées.

MATERIELS ET METHODES

1. Modèles biologiques

Le Parc naturel régional des Causses du Quercy, grâce à la qualité de ses habitats, abrite une diversité de mammifères terrestres nocturnes et crépusculaires dont la liste est présentée dans l'encart 1. Certaines espèces sont nocturnes comme le Blaireau *Meles meles* ou la Genette *Genetta genetta* Mustela nivalis, alors que d'autres le sont principalement par opportunité comme la Loutre d'Europe *Lutra lutra* ou le Chevreuil européen *Capreolus capreolus* (Encyclopédie des Carnivores de France, SFEPM). Parmi les espèces ciblées, certaines d'entre elles comme le Chevreuil européen sont très facilement observables sur le territoire du Parc et d'autres très difficilement comme la Genette commune *Genetta genetta* (comm.perso. Parc naturel régional des Causses du Quercy, Fédération de chasse du Lot, délégation régional de l'ONCFS du Lot). Les petits rongeurs et les Soridacées ne sont pas inclus dans l'étude car ils sont de taille trop petite pour être détectés et identifiés par les pièges photographiques.

2. Elaboration du protocole de mesure des impacts de l'éclairage artificiel sur les déplacements des mammifères terrestres nocturnes du Parc

2.a. Méthodologie d'élaboration du protocole

2.a.i. Bibliographie

L'état de l'art est réalisé via la plateforme en ligne « Web of science » entre mars et juillet 2016. Une revue ciblée des articles traitant des impacts de la lumière artificielle sur les déplacements de la faune et en particulier des Mammifères est réalisée, puis élargie à l'étude d'autres facteurs pouvant impacter le déplacement des mammifères terrestres nocturnes. La bibliographie est effectuée selon quatre grands thèmes :

① Impacts connus de la pollution lumineuse

Equation de recherche (ER) : Light pollution OR Artificial light OR Artificial lighting AND Impact AND Mammals

② Etudes observatoires et manipulatoires du facteur lumière sur la faune

ER : Experimental lighting OR Artificial illumination

③ Méthodes de suivis des déplacements

ER : Radiotracking OR GPS OR Camera trapping OR Camera Trap OR Track

④ Biologie et éthologie des mammifères terrestres nocturnes

ER : Mammals AND Activity pattern OR Circadian rythm

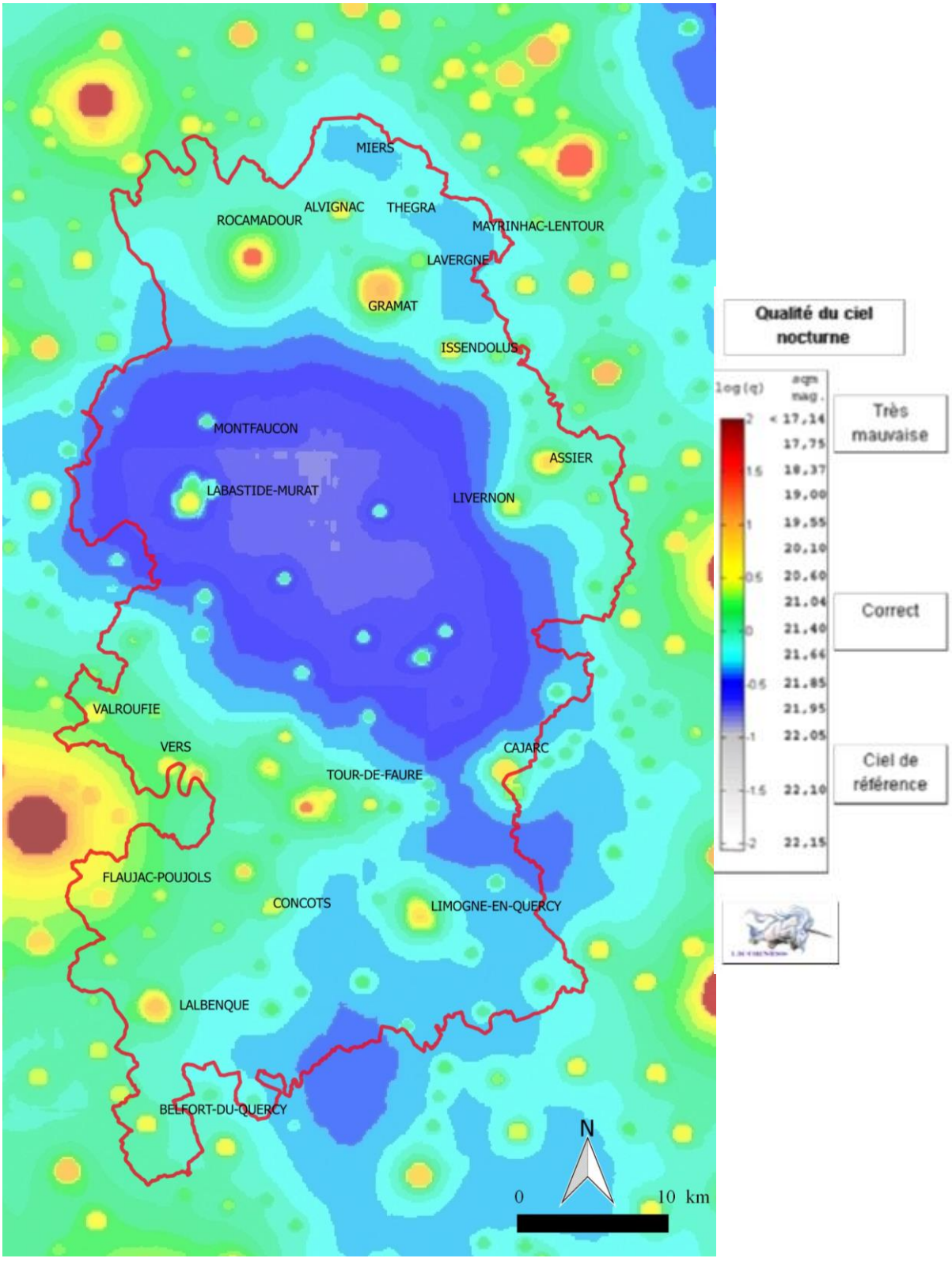


Figure 8 Bilan de la qualité du ciel nocturne du Parc naturel régional des Causses du Quercy 2009 après 1h du matin. Modélisation de la luminosité du ciel élaborée à partir du programme « Thotpro » calculant le taux de pollution lumineuse en fonction de données statistiques et de relevés de terrain.
Source : Parc naturel régional des Causses du Quercy/Association Licorness (Light control brightness night environment sky survey), 2009.

2.a.ii. Echanges avec les partenaires scientifiques

Le protocole est élaboré en concertation avec plusieurs partenaires, dont Mark HEWISON (INRA Toulouse, département CEFS) et Romain SORDELLO (MNHN, Service du Patrimoine Naturel). Dans un premier temps, plusieurs méthodes sont proposées et soumises aux partenaires afin de recueillir leurs avis scientifiques. A l'issue de ces entretiens, un nouveau protocole est élaboré et à nouveau soumis aux partenaires scientifiques. La méthodologie est également présentée à Alain GALLO, référent scientifique au sein du Conseil Scientifique et de Prospective (CSP) du Parc.

2.a.iii. Echanges avec les partenaires locaux techniques

Le protocole est présenté aux partenaires locaux techniques afin de récolter leurs retours de terrain. Des visites de terrain ont été réalisées avec Thierry GRIMAL (FDC du Lot) et Laurent CLAVEL (Espaces Naturels Sensibles (ENS) du département du Lot).

2.a.iv. Phase expérimentale

Afin de tester la méthode proposée sur le terrain, une phase expérimentale a lieu au cours du stage entre juin et juillet 2016. Cette phase permet de se confronter aux aléas du terrain. Lors de cette phase, le matériel (décrits en partie 2.Matériel utilisé) a été testé.

2.b. Design du protocole

Le choix s'est porté sur la réalisation d'une étude manipulatoire en site isolé, c'est-à-dire initialement non perturbé par toute source de pollution lumineuse. L'ensemble des choix méthodologiques réalisés en 2016 ne pouvant être détaillé dans ce rapport, un tableau récapitulatif est présenté en annexe 1.

2.c. Méthode de sélection des sites

Les sites d'études sont définis en 4 temps :

- **Travail de sélection d'après les cartographies disponibles** : définition de grands ensembles présentant le moins de nuisances possibles (nuisances sonores, urbaines, pollution lumineuse, enclos de chasse, proximité d'une grande ville, etc.). Documents sources : cartes des sous-trames TVB, carte de la qualité du ciel nocturne (Figure 8) et carte des Sites naturels Majeurs (N2000, ZNIEFF, Réserve, etc.) du Parc.
- **Croisement avec les connaissances des techniciens locaux.** En partie grâce aux connaissances de terrain de Thierry GRIMAL, agent de la fédération de chasse du Lot et Laurent CLAVEL, agent des Espaces Naturels Sensibles du département du Lot.
- **Vérification sur le terrain :** une ou deux prospections préliminaires ont lieu avant la pose des pièges afin de vérifier la qualité du site et de repérer les coulées fréquemment

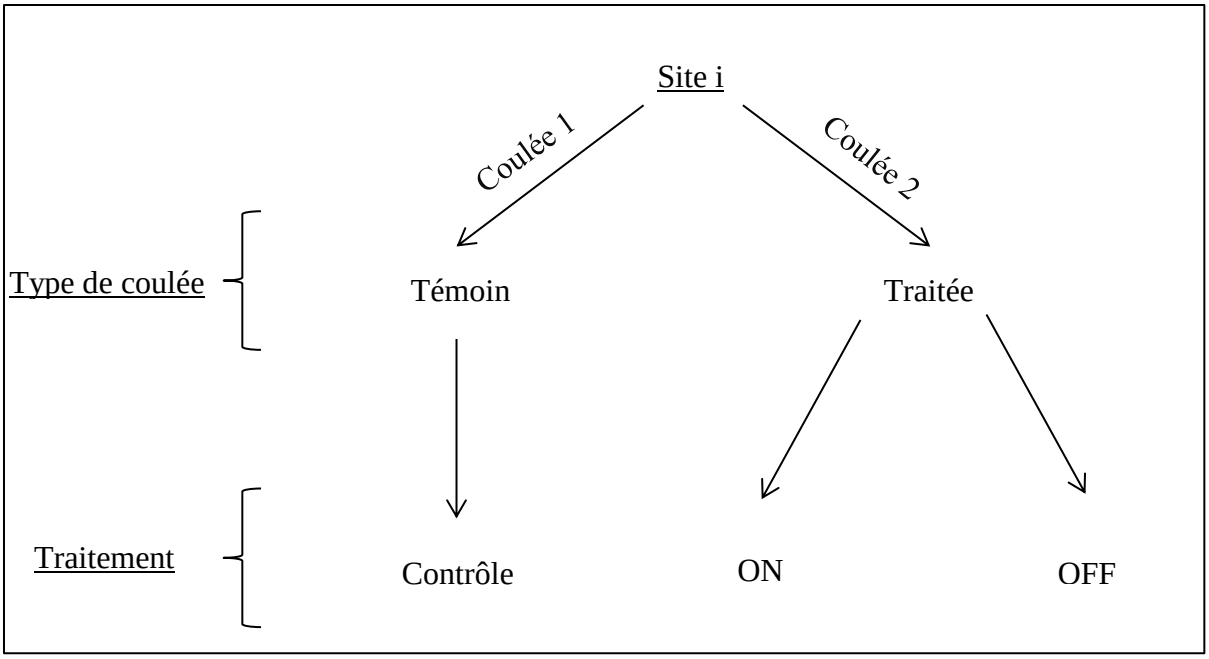


Figure 9 Schématisation du protocole réalisé durant la phase expérimentale
Contrôle = aucune perturbation lumineuse; OFF = éclairage éteint ; ON = éclairage allumé.
Sur chaque site, deux coulées sont sélectionnées. L'une constitue la coulée dite « témoin » et ne reçoit aucune perturbation lumineuse (le traitement est alors dit « contrôle », la seconde constitue la coulée dite « traitée » et reçoit deux traitements avec et sans perturbation lumineuse.

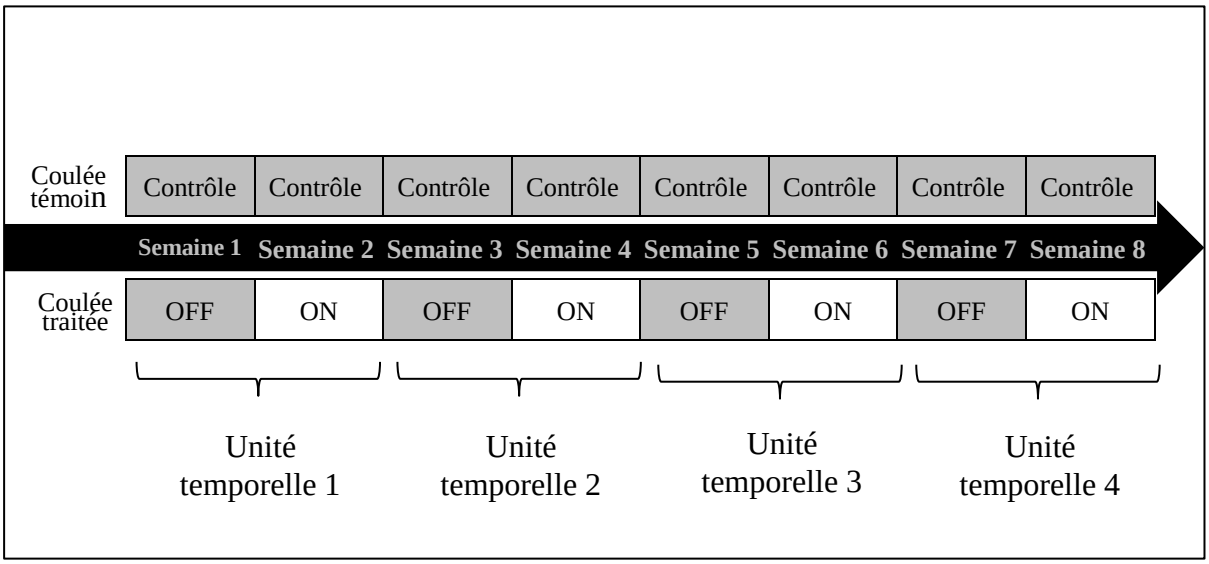


Figure 10 Succession des unités temporelles d'étude sur la coulée dite "Témoin", c'est-à-dire sans matériel lumineux et sur la coulée dite "Traitée" c'est-à-dire où du matériel lumineux a été installée. Contrôle = aucune perturbation lumineuse; OFF = éclairage éteint ; ON = éclairage allumé. La coulée dite « témoin » ne reçoit aucune perturbation lumineuse et la coulée dite « traitée » reçoit alternativement le traitement OFF et ON. Une unité temporelle d'étude correspond à deux semaines consécutives.

empruntées.

- **Contact et obtention de l'accord du propriétaire** : chaque site potentiel fait l'objet d'une convention d'autorisation d'accès et de pose de matériel entre le Parc naturel régional des Causses du Quercy et le propriétaire de la parcelle cadastrale ou de son gestionnaire (agriculteur).

Une fois les accords des sites d'études obtenus, une prospection permet d'identifier les coulées constituant les réseaux de sentiers régulièrement fréquentés par les animaux. Ces sentiers sont visibles et sont parcourus par les animaux pour leurs déplacements quotidiens. Deux types de coulées sont privilégiés pour l'étude :

- **Les coulées en lisière de milieux boisés :** à l'interface entre le bois où les animaux passent principalement leurs journées et un milieu ouvert de type prairie/pelouse suffisamment appétant où les animaux viennent se nourrir principalement au crépuscule et pendant la nuit,
- **Les coulées à proximité de points d'eau** : cours d'eau et mares où les animaux se rendent fréquemment pour aller boire, se rafraichir, chasser, etc.

Le choix a été fait de se limiter à ces deux types de coulées pour la phase expérimentale de 2016 afin de limiter les différences entre les différents sites. Les autres coulées (par exemple en milieux uniquement boisé, dans les passages à faune, etc.) ne sont pas échantillonnées.

2.d. Stratégie d'échantillonnage

Sur chaque site, deux coulées du même type sont sélectionnées. La première coulée est nommée « coulée témoin » et la seconde « coulée traitée ».

Pour la coulée témoin, aucune perturbation lumineuse n'est appliquée et le traitement est dit « contrôle ». Pour la coulée traitée, deux traitements sont alternativement appliqués : sans perturbation lumineuse (« OFF ») et avec perturbation lumineuse (« ON »). Le schéma en figure 9 récapitule la stratégie d'échantillonnage.

2.e. Déroulement d'une unité temporelle d'étude

Nous définissons l'unité temporelle d'étude comme la succession d'une phase dite « ON » et d'une phase dite « OFF », chacune de 1 semaine. Dans notre phase expérimentale, une unité temporelle d'étude correspond donc à 2 semaines consécutives (figure 10). La lumière est alternativement éteinte puis allumée. Pendant la semaine dite « OFF », la lumière est éteinte. Pendant la phase dite « ON », la lumière est allumée. Sur la coulée témoin le traitement est dit « Contrôle », aucune lumière n'est ajoutée et le piège photographique est posé sur toute la durée de l'étude.

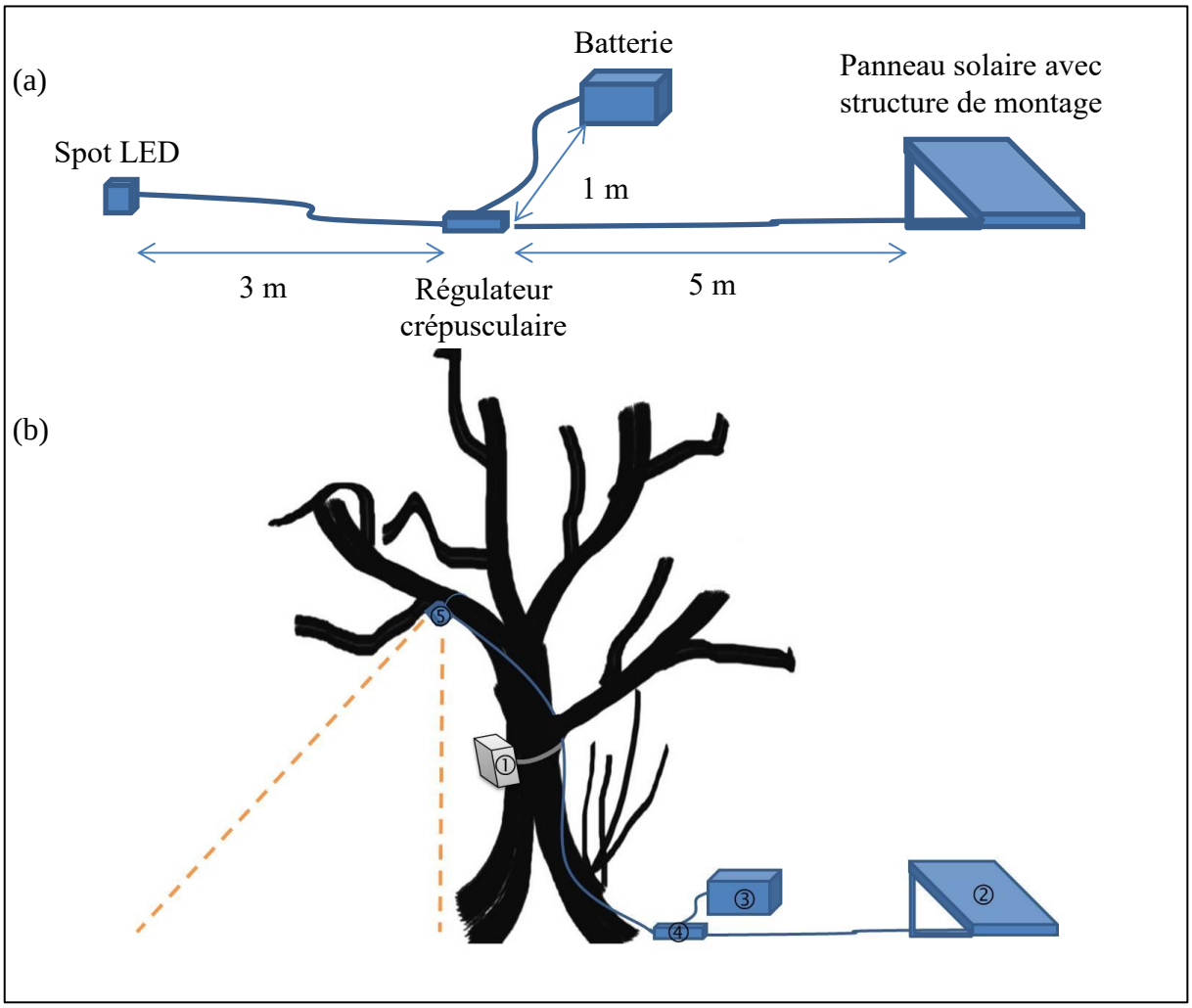


Figure 11 Schéma de montage d'un kit lumineux. (a) Eléments du kit lumineux avec distance inter-éléments; (b) Exemple de pose de matériel sur la coulée dite « Traitée ». ① = Piège photographique Reconys SC950 ou XR6;
②= Panneau solaire monocristallin 50W avec paire de connecteurs MC4 ; ③= Batterie lithium 12V-22Ah avec BMS ; ④= Régulateur solaire PWM 12/24V-30A LCD; ⑤= Projecteur LED 12/24V – 12W



Figure 12 Photographie d'un piège photographique (entouré en vert) et d'un spot lumineux (entouré en rouge) sur les sites de Brengues (à gauche) et de La Vaysse (à droite).

Les mammifères subissent de forts changements comportementaux au cours du printemps : mise bas, dispersion des juvéniles, etc., dont le pas de temps est de plusieurs semaines. Les déplacements en sont donc naturellement fortement impactés. Nous avons donc choisi de ne pas aller au-delà de deux semaines par unité temporelle d'étude. D'autre part, cette durée a l'avantage de ne nécessiter qu'un passage par semaine pour la gestion de l'éclairage et le relevé des cartes SD et limite donc le dérangement.

3. Matériel utilisé

3.a. Les pièges photographiques

Pour cette phase de pré-étude, le choix s'est porté sur l'utilisation de pièges photographiques, ayant l'avantage d'être moins onéreux que d'autres méthodes de suivi (collier GPS, etc.), plus facilement exploitables sur la courte durée de la pré-étude (stage de 6 mois) et ayant déjà fait leur preuve quant à leur utilisation pour le suivi de la faune sauvage. Le type de piège a été déterminé selon le budget disponible et les besoins de l'étude : vitesse de déclenchement élevée, fiabilité dans le temps, programmation de plages horaires et flash infra-rouge invisible. Les pièges photographiques ont été commandés en amont du stage par Solène Soulas, chargée de mission au PNR des Causses du Quercy, pour un budget total de 11169,04€. Les modèles retenus, dont les caractéristiques et la programmation sont précisés dans l'encart 2 sont les suivants :

- 12 pièges Reconyx Hyperfire SC 950 : vitesse de déclenchement ultra-rapide, système de programmation des horaires
- 2 pièges Reconyx Ultrafire XR6: moins rapide, mais ayant un système qui permet de prendre de meilleure photos à l'aube et au crépuscule et disposant d'un mode vidéo

Pour les besoins de l'étude, un atelier sur le piégeage photographique a été organisé par le Parc les 2 et 3 juin 2016. L'intervenant, M. Frédérique SALGUES, naturaliste, spécialiste du piégeage photographique et directeur de la société piegephotographique.com auprès de laquelle le matériel de piégeage a été commandé, est revenu sur le fonctionnement général des pièges photographiques, l'identification et la sélection de matériel en fonction des objectifs d'étude, la maîtrise de son piège sur le terrain, l'analyse et le traitement des données, ainsi que l'entretien du matériel.

3.b. Le matériel lumineux

Le matériel lumineux nécessaire a été défini par mes soins et commandé au cours des mois de mars/avril. Il doit permettre d'amener un éclairage artificiel sur des sites entièrement isolés. Pour cela, la solution solaire a été choisie. Le régulateur sélectionné permet d'avoir un

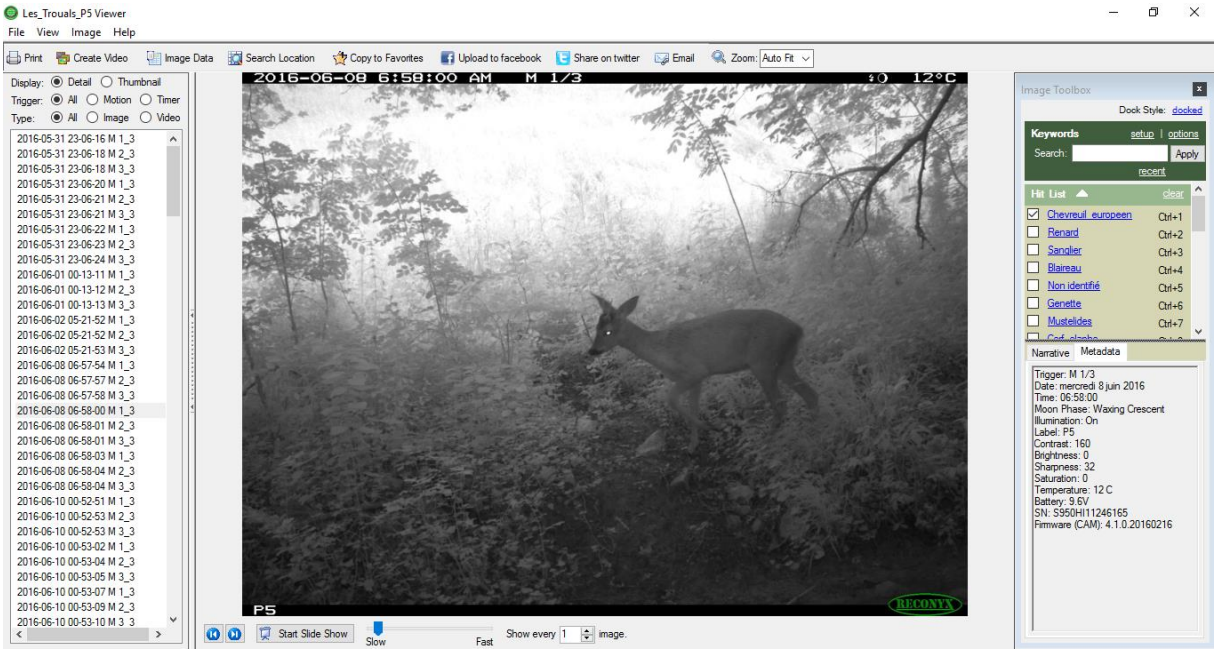


Figure 13 Capture d'écran du logiciel MapView (Version:3.4.39 ©Reconyx, Inc.2005-20014). Le logiciel permet le traitement image par image, l'identification (ici *C.capreolus*) des espèces contactées et le nombre d'individus.

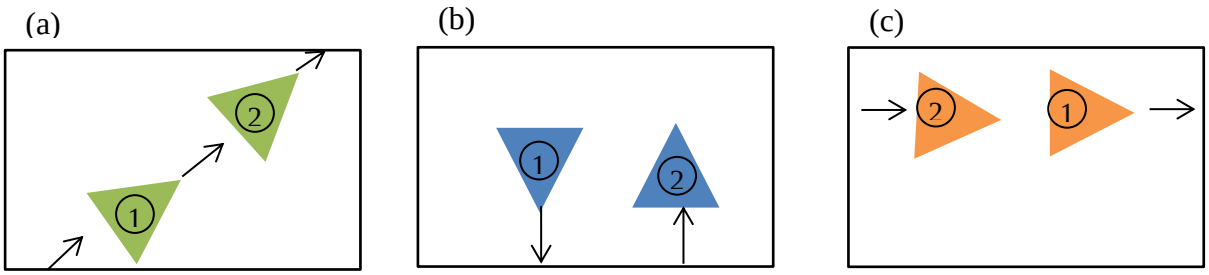


Figure 14 Schématisation de la méthode de comptabilisation du nombre de passage dans le cas où 2 photographies (1) et (2) de la même espèce sont capturées à moins de 5 minutes d'intervalle. Les triangles représentent l'individu présent sur la photographie et les flèches représentent la direction empruntée par ce dernier.

(a) 1 seul passage comptabilisé : même direction empruntée sans sortie du damp de l'appareil
(b) 2 passages comptabilisés : directions empruntées opposées
(c) 2 passages comptabilisés : même direction mais deuxième apparition en un point différent du point de sortie

déclenchement automatique de l'éclairage à la tombée de la nuit et une extinction au lever du soleil. Le budget pour le matériel lumineux est de 3 898,80€ auxquels s'ajoutent 648€ de frais pour sécuriser le matériel.

3.c. Pose du matériel lumineux et des pièges photographiques

Chaque coulée identifiée est équipée d'un piège photographique. La figure 11 (a) illustre l'installation d'un kit solaire avec le détail des composants. Lors de la pose des appareils, sont relevés systématiquement : le nom de l'opérateur, le numéro du piège, les coordonnées GPS, la hauteur de pose de l'appareil, l'orientation, les indices de présence et toute autre remarque jugée utile. Sur la coulée dite « traitée », le matériel lumineux est installé en simultané. Le panneau solaire est éloigné d'environ 5m de l'arbre servant de support au piège et au spot lumineux. Le régulateur et la batterie sont déposés au pied de l'arbre, protégés par un sac plastique. L'ensemble du montage est sécurisé par une chaîne et un cadenas et camouflé dans la mesure du possible. Toutes les manipulations de matériel sont réalisées avec des gants de manière à limiter les dépôts de molécules odorantes sur le matériel auxquelles les mammifères sont susceptibles d'être sensibles. La figure 11 (b) représente le schéma de montage sur une coulée traitée et la figure 12 illustre la pose en conditions réelles.

4. Traitement des images

Pour le dépouillement et le stockage des photographies, le logiciel MapView (Version: 3.4.3.9 © Reconyx, Inc.2005-2014) fourni avec les pièges Reconyx est utilisé (Figure 13). Une liste des espèces potentielles est créée. Les photographies sont visionnées une à une et en cas de présence l'individu est identifié à l'échelle de l'espèce. En cas d'identification impossible, il est noté « non identifié ». Une fiche technique d'utilisation du logiciel est rédigée à l'intention du Parc. Les mammifères terrestres inclus dans l'étude, c'est-à-dire détectables par les pièges photographiques, sont facilement identifiables. Seule exception, la famille des Mustélidés, où la confusion entre la Fouine et la Martre ainsi qu'entre la Belette et l'hermine est possible sur les photos monochromes. En cas de doute sur une identification, l'image est envoyée pour validation à nos partenaires. Si leur identification est impossible, ils sont référencés en tant que *Mustelidae sp*. ou « Non identifié ».

Afin de comptabiliser de façon homogène et répétitive le nombre de passages, la méthode suivante est appliquée :

- Si deux photographies successives comportent deux espèces distinctes, deux contacts sont comptabilisés
- Si deux photographies d'une même espèce sont capturées à plus de 5 minutes

Tableau 1 Extrait du tableau de données de présence/absence de *C.capreolus, S.scrofa et Carnivora* par site, par nuit, par type de coulée, par traitement et par unité temporelle d'étude.

Site	Nuit	Type	Traitement	C.capreolus	S.scrofa	Carnivora	Unite_temp
Nadillac	56	TEMOIN	Controle	1	0	0	3
Nadillac	56	TRAITE	ON	1	0	0	3
Nadillac	57	TEMOIN	Controle	0	0	0	3
Nadillac	57	TRAITE	ON	0	0	0	3
Trouals	1	TEMOIN	Controle	0	0	0	1
Trouals	1	TRAITE	OFF	0	1	0	1
Trouals	2	TEMOIN	Controle	0	0	1	1
Trouals	2	TRAITE	OFF	0	0	1	1

```
mcnemar.test(table(Data$TRAITE,Data$TEMOIN),correct=TRUE)
```

Encart 2 Extrait du script réalisé sous R pour la comparaison avec le test de Khi-2 de MacNemar entre la coulée témoin et coulée traitée, exemple pour le Chevreuil *C.capreolus*

```
Data_final=read.table("Data_final1.txt",sep="\t",dec=",", na=" ",header=T)
library(lme4) ; library(MuMIn) ; options(na.action = "na.fail")

#### Sélection du modèle pour C.capreolus
#Modèle linéaire généralisé mixte (effets fixes et effets aléatoires)
Model_capreolus=glmer(C.capreolus ~ Traitement * Unite_temp + (1 | Site), family="binomial", data=
subset(Data_final, Traitement %in% c("OFF", "ON")))
#Fonction dredge pour comparer tous les modèles possibles avec les différentes associations de variables
Select_model_capreolus=dredge(Model_capreolus)

#Estimations des paramètres par le modèle sélectionné
#Modèle avec effet du traitement
mod=get.models(Select_model_capreolus, 3)[[1]]
new=expand.grid(Traitement=levels(Data_final$Traitement)[2:3])
pred=predict(mod,new,se=T,re.form=NA,type="response")
new=cbind(new,pred)
new$min=new$fit-1.96*new$se.fit
new$max=new$fit+1.96*new$se.fit
new$idee=c(1,2)

##Graphe illustrant le modèle Traitement
plot(fit~Traitement,xlab="Traitement",ylab="",
border="white",ylim=c(0,1.1),names=new$Traitement,data=new)
points(new$idee,new$fit,pch=16,cex=1,col="Turquoise")
segments(x0=new$idee,y0=new$min,x1=new$idee,y1=new$max,col="Turquoise")
```

Encart 3 Extrait du script réalisé sous R pour la sélection descendante du modèle linéaire généralisé mixte suivant un test de Khi-2 (exemple sur *C.capreolus* avec calcul des estimations des paramètres et illustration graphique du modèle C.capreolus ~traitement + (1|Site)

d'intervalle, deux passages sont comptabilisés

- Si deux photographies d'une même espèce sont capturées à moins de 5 minutes : deux passages sont comptabilisés si l'individu sort du champ de l'appareil et rentre dans une nouvelle direction ou sur un nouveau point de la photo (figure 14).

Le choix du pas de temps choisi de 5 min a été effectué suivant les retours d'expérience des chercheurs.

5. Analyse des données de la phase expérimentale

Les résultats sous forme de tableau CSV sont exportés directement via le logiciel MapView avec l'ensemble des métadonnées. Ils sont ensuite remis en forme sous Excel Microsoft® Office 2010 (Proofing Tools © 2010 Microsoft Corporation). Les graphiques et tests statistiques sont réalisés avec le logiciel RStudio (Version 0.99.896 – © 2009-2016 RStudio, Inc).

5.a.Description des variables

5.a.i. Variables expliquées

A partir du tableau brut de données, une **variable binaire de présence/absence par espèce et par nuit** est construite via le logiciel R. Les variables à expliquer sont :

- ***C.capreolus*** : 0 (aucun passage) ou 1 (au moins un passage) de Chevreuil, par nuit
- ***S.scrofa*** : 0 (aucun passage) ou 1 (au moins un passage) de Sanglier, par nuit
- ***Carnivora sp*** : 0 (aucun passage) ou 1 (au moins un passage) de petit carnivore, par nuit

La catégorie *Carnivora sp.* regroupe les petits carnivores : Mustélidés, Renard et Genette. Manquant de données sur chacune de ces espèces séparément, il a été décidé de toutes les regrouper dans une seule catégorie pour les besoins de l'analyse. Les données analysées se situent sur la plage horaire 22h-6h (entre le coucher et le lever du soleil). Le tableau 1 fournit un extrait du tableau de données construit.

5.a.ii. Variables explicatives

Les variables explicatives considérées comme effets fixes pour les modèles statistiques sont :

- **Variable unité temporelle** : de 1 à 4
- **Variable Type de coulée** : deux modalités, coulée témoin et coulée traitée.
- **Variable traitement** : trois modalités, Contrôle, ON et OFF.

5.b.Modèles statistiques

L'objectif principal de cette étude n'est pas de comparer les résultats obtenus d'un site à l'autre. Il s'agit d'appréhender les variations de fréquentation des coulées par les différentes

espèces entre les phases éteintes, éclairées et le contrôle. Du fait des influences environnementales communes sur chaque site, les entités « nuits » pour lesquelles la variable de présence/absence est créée ne constituent pas des unités statistiques indépendantes. Il est donc indispensable que les modèles statistiques prennent en compte l'effet aléatoire du site pour éviter la sous-estimation des paramètres des effets fixes.

Pour comparer les données des coulées témoins et des coulées traitées, un **test de MacNemar** est réalisé sur les données de la première semaine d'étude de chaque coulée (encart 3). Il permet de comparer une variable binomiale de deux échantillons appariés suivant un **test de Khi-2.**

Les variables de présence/absence sur les coulées traitées sont analysées via un **modèle linéaire généralisé mixte** (GLMM) suivant une **loi binomiale** et un test de **Khi-2** via la fonction *glmer* du package *lme4*. Afin de sélectionner le meilleur modèle pour chaque variable, la fonction *dredge* du package *MuMIn* est utilisée (encart 4) pour réaliser une sélection dezscendante. Cette analyse permet la sélection du modèle minimum adéquat via le **Critère d'information d'Akaike corrigé (AICc)** pour le cas d'échantillons de petite taille. Pour la sélection des modèles, sont appliqués les principes suivants :

- On considère que deux modèles sont difficilement distinguables si la différence d'AICc est inférieure à 2 ;
- Le meilleur modèle est le modèle dont l'AICc est le plus faible ;
- Principe de parcimonie : étant donné un ensemble d'explications également satisfaisantes d'un phénomène, l'explication la plus simple doit être privilégiée.

Une fois le modèle retenu, une plage de données incluant les combinaisons des niveaux des variables explicatives retenues et pour lesquelles on souhaite obtenir une estimation de la variable de présence/absence est créée à l'aide de la fonction *expand.grid*. La fonction *predict* est ensuite utilisée pour obtenir les estimations produites par le modèle pour les combinaisons des niveaux des variables explicatives. Les prédictions et les intervalles de confiance sont ajoutés à la plage de données à l'aide de la fonction *cbind*. La visualisation graphique des modèles est ensuite réalisée avec la fonction *plot*.

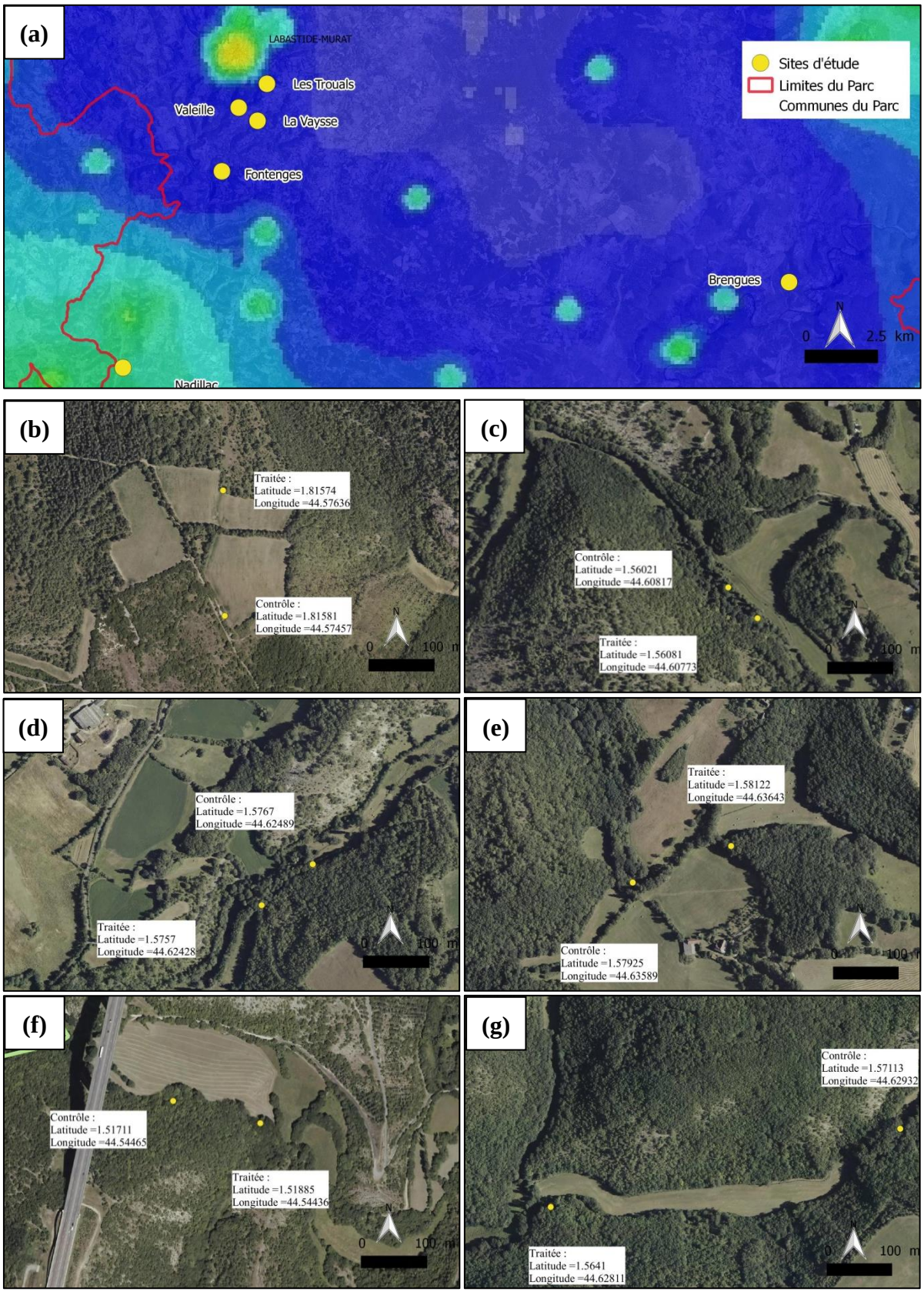


Figure 15 (a) Carte de la pollution lumineuse après 1h du matin et localisation des sites de la phase expérimentale. (b) Site de Brengues. (c) Site de Fontenges. (d) Site de La Vaysse. (e) Site Les Trouals. (f) Site de Nadillac. (g) Site de Valeille

RESULTATS

1. Stratégie d'échantillonnage expérimentée

1.a. Les sites d'étude

Lors de la phase d'expérimentation du protocole, 6 sites ont été échantillonnés entre le 31 mai 2016 et le 03 août 2016. La pose du matériel a nécessité approximativement 2h sur chaque site. Le lancement du protocole est décalé dans le temps selon les sites, principalement pour des aspects logistiques et d'obtention des accords des propriétaires. Le matériel lumineux a été installé au début de la première semaine d'étude de chaque site. La figure 15(a) présente la localisation des sites sur le territoire du Parc par rapport au bilan de la qualité du ciel nocturne après 1h du matin. Tous les sites hormis le site de Nadillac sont situés dans des zones avec une très bonne qualité du ciel nocturne nocturne(en bleu foncé), c'est-à-dire sans pollution lumineuse (en bleu foncé sur la figure 15 (a). Les figures 15(b) à 15(g) présente la vue ortho-photographique des 6 sites d'études. Les sites dont le récapitulatif des durées d'étude sont répertoriés en tableau 2 sont les suivants :

- **Brengues :** Situé sur la commune de Brengues, sur le Causse, au niveau de mares s'asséchant à partir de mi-juillet. Les mares sont situées en bordure de prairie de fauche et de milieu boisé. Sur ce site, 84 nuits de piégeage ont été réalisées. La coulée témoin et la coulée traitée sont espacées de 200m.
- **Fontenges :** Situé sur la commune de Saint-Cernin, constitué d'une lisière entre milieu boisé et prairie de fauche et à proximité d'un ruisseau permanent (<10m), affluent du ruisseau de Nougayrol. Sur ce site, 112 nuits de piégeage ont été réalisées. La coulée témoin et la coulée traitée sont espacées de 70m.
- **Nadillac** : Situé sur la commune de Nadillac, constitué d'une lisière entre milieu boisé et prairie de fauche et à proximité de la rivière permanent la Rauze (<10m). Les coulées sont situées à moins de 300m du viaduc de la Rauze, un pont autoroutier qui permet à l'autoroute A20 de franchir la vallée de la Rauze sur le territoire de la commune de Nadillac. Nadillac est le seul site n'apparaissant pas en bleu foncé sur la carte de pollution lumineuse (figure 13a), principalement du fait de l'influence de Cahors situé à 12 km environ. Sur ce site, 84 nuits de piégeage ont été réalisées. La coulée témoin et la coulée traitée sont espacées de 140m.
- **Les Trouals :** Situé sur la commune de Labastide-Murat, constitué d'une lisière entre milieu boisé et prairie de fauche et à proximité (<10m) du ruisseau permanent Goudale. Sur ce site, 112 nuits de piégeage ont été réalisées. La coulée témoin et la coulée traitée

Tableau 2 Récapitulatif du nombre d'unités temporelles et du nombre de nuits de piégeage réalisées par site avec dates de début et de fin d'expérimentation.

Site	Nombre d'unités temporelles réalisées	Nombre de nuits	Date de début	Date de fin
Brengues	3	84	14/06/2016	26/07/2016
Fontenges	4	112	07/06/2016	02/08/2016
Nadillac	3	84	15/06/2016	27/07/2016
Les Trouals	4	112	31/05/2016	26/07/2016
Valeille	4	112	01/06/2016	27/07/2016
La Vaysse	4	112	08/06/2016	03/08/2016

sont espacées de 170m.

- **Valeille :** Situé sur la commune de Labastide-Murat, constitué d'une lisière entre milieu boisé et prairie de fauche et à proximité du ruisseau permanent Goudale (<15m). Le site de Valeille est situé en aval du site Les Trouals. Sur ce site, 112 nuits de piégeage ont été réalisées. La coulée témoin et la coulée traitée sont espacées de 570m.
- **La Vaysse :** Situé sur la commune de Soulomès, constitué d'une lisière entre milieu boisé et prairie de fauche et à proximité de mares temporaires (<15m). Sur ce site, 112 nuits de piégeage ont été réalisées. La coulée témoin et la coulée traitée sont espacées de 105m.

Au total, la phase d'expérimentation correspond à un total de **22 unités temporelles d'études**, soit 616 nuits de piégeage : 22 phases de 7 nuits dites « OFF », 22 phases dites « ON » et 44 phases dites « Contrôle ».

1.b. Les sites non retenus

En amont du lancement du protocole, plusieurs autres sites ont été testés, dont notamment : **la combe de Lescalle** (latitude 44.63578 ; longitude 1.5367), **la combe de Bois Grand** (latitude : 44.63471 ; longitude : 1.53598) et **des lacs de Saint Namphaise[3] dans la Braunhie[4]**. Suite à une phase test de 10 jours, les pièges ont été retirés faute de résultats. Sur les deux premiers sites (Lescalle et Bois Grand), le milieu ouvert correspond à une prairie de pâturage pour bovins. L'essentiel des photographies correspond au passage de ces derniers. Les troupeaux rajoutent une pression sur les sites ce qui n'est pas souhaité dans le déroulement du protocole. Sur les sites dans la Braunhie, les pièges photographiques ont été disposés au niveau de lacs de Saint Namphaise, seule ressource en eau dans cette zone dépourvue de rivière. A l'issue de la phase test, la décision a été prise de retirer les pièges, faute d'un nombre suffisant de données et du fait de passages réguliers d'humains et de troupeaux d'ovins.

D'autres sites ont été prospectés au cours des mois d'Avril et Mai. Entre autres, la vallée de l'Ouysse et de l'Alzou non pas été retenus car ils figurent dans une zone impactée par la pollution lumineuse d'après le bilan de la qualité du ciel nocturne du Parc. Dans la vallée du Célé, plusieurs combes ont été prospectées. Néanmoins, elles auraient nécessité un temps de prospection supplémentaire et un test de fréquentation préalable avec les pièges photographiques pour déterminer la pertinence des sites.

[3] Mares taillées par l'Homme dans de grandes dalles calcaires compactes, non fissurées et servant d'abreuvoir pour les troupeaux principalement d'ovins
[4] Massif forestier sur le Causse de Gramat

Tableau 3 Résultats du modèle linéaire généralisé réalisé sur les données des coulées de type « témoin » avec loi binomiale sur *C.capreolus*, *S.scrofa* et *Carnivora sp* et test de Khi-2 avec en effet fixe : Unité temporelle et en effet aléatoire : site

Espèce		Intercept	Unité temporelle d'étude
C.capreolus	t	-6.035	2.477
	p	1.59e-09	**0.0133 ***
S.scrofa	t	-2.902	0.512
	p	0.00371	0.60867
Carnivora	t	-5.373	1.772
	p	7.75e-08	0.0765

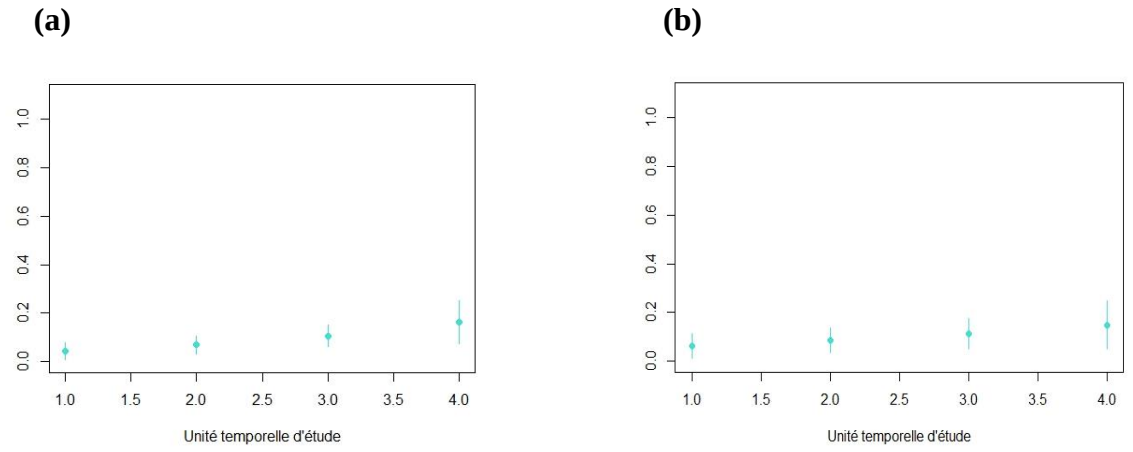
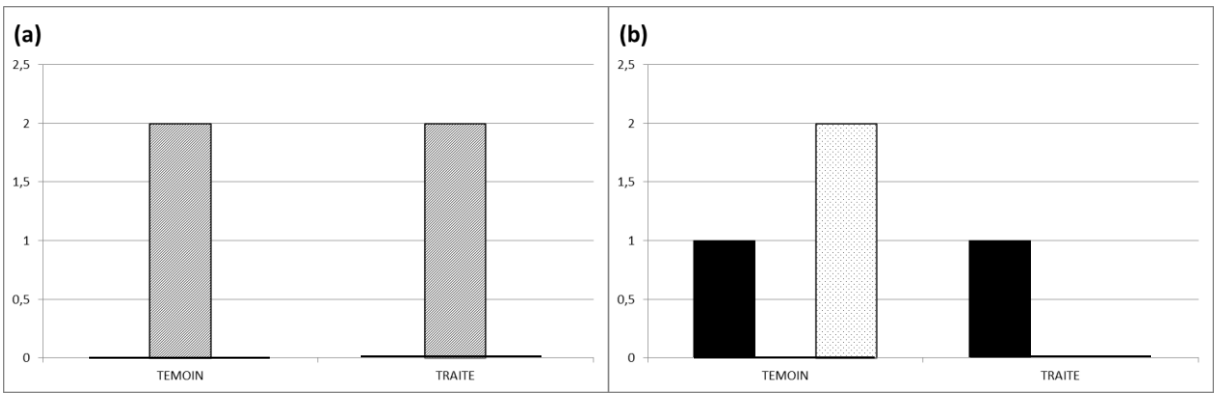


Figure 16 Illustration graphique de l'effet fixe de l'unité temporelle sur la présence de (a) *C.capreolus* et (b) *Carnivora sp*.



2. Résultats du nombre de passages recensés par espèces

2.a. Les espèces capturées

Le traitement des images a permis de recenser 6 espèces : le **Sanglier (*Sus scrofa*)**, le Chevreuil (*Capreolus capreolus*), le **Blaireau (*Meles meles*)**, le **Renard (*Vulpes vulpes*)**, la **Genette (*Genetta genetta*)**, le **Lièvre européen (*Lepus europaeus*)**, ainsi que des **Mustélidés non identifiables (*Mustelidae sp.*)**. Au total, 630 passages de mammifères ont été capturés sur les 6 sites en 616 nuits. Une attention particulière est portée à l'interprétation des résultats, les populations subissant naturellement des fluctuations intra-saisonnières dues aux cycles biologiques naturels des espèces.

2.b. Résultats des coulées de type « témoins »

L'étude des coulées témoins est réalisée pour évaluer l'efficacité des pièges photographiques en terme d'espèces cibles et évaluer les variations saisonnières. Sur ces coulées, 308 nuits-pièges ont été réalisées. Parmi ces nuits de piégeage, tous sites confondus, ont été recensées : 28 nuits avec présence d'au moins un Chevreuil *C.capreolus*, 48 nuits avec présence d'au moins un Sanglier *S.scrofa*, 34 nuits avec présence d'au moins un petit carnivore *Carnivora sp*. Les probabilités de contacter les espèces (calculées sur les 308 nuits-pièges des sites témoins) sont donc : 0,091 pour *C.capreolus,* 0,156 pour *S.scrofa* et 0,110 pour *Carnivora sp*. Toutes espèces confondues, nous observons au total **une probabilité de 0,312 (31%)** de contacter **au moins un individu** au cours d'une nuit.

D'après les résultats du modèle généralisé mixte réalisé sur les coulées témoins (Tableau 4), l'unité temporelle a un effet significatif sur *C.capreolus* (p-value=0,0133). Le graphe en figure 16 réalisé avec les estimations produites par le modèle prenant en compte l'effet de l'unité temporelle montre que la probabilité de présence de *C.capreolus* augmente avec l'unité temporelle d'étude. En considérant un seuil de significativité de 10%, l'unité temporelle a un effet sur *Carnivora sp.* (p-value = 0,0765). Le graphe en figure 16 réalisé avec les estimations produites par le modèle prenant en compte l'effet de l'unité temporelle montre que la probabilité de présence de *Carnivora sp.* augmente avec l'unité temporelle d'étude. En revanche, il n'est pas possible de de rejeter l'hypothèse nulle[5] concernant la distribution des données de *S.scrofa* (p-value = 0,60867).

La sélection des coulées de type témoin a été réalisée de manière à ce que celles-ci soient équivalentes aux coulées traitées. Néanmoins, la comparaison entre coulée traitée et coulée témoin sur la première semaine de chaque site (figure 17), c'est-à-dire avant perturbation,

5 Hypothèse de non différence : pas de différence significative entre les distributions de données

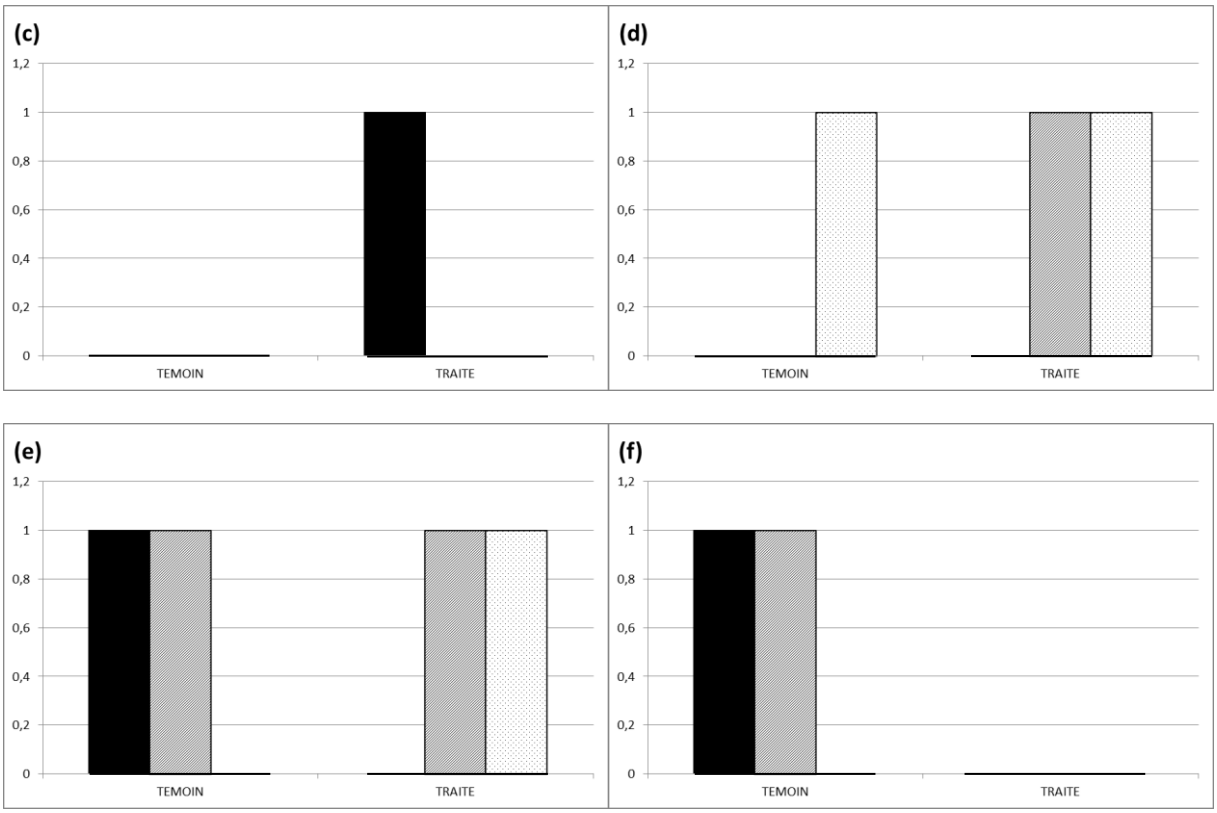


Figure 17 Comparaison du nombre de nuit de présence par espèce durant la première semaine d'expérimentation entre les coulées témoins et coulées traitées pour chaque site. (a) Brenges ; (b) Fontenges ; (c) Nadillac ; (d) Les Trouals ; (e) Valeille ; (f) La Vaysse. En ordonnée est représenté le nombre de nuit de présence au cours de la première semaine d'étude.
■ **C.capreolus**
▨ **S.scrofa**
⁘ **Carnivora**

Tableau 4 Résultats du test de MacNemar sur les données de la première semaine de chaque site, entre la coulée témoin et la coulée traitée (c'est-à-dire avant perturbation lumineuse).

wilcox.test	C.capreolus	S.scrofa	Carnivora
p-value	0.7656	1	0.7728

montre des différences en termes de présence d'espèces. Lorsqu'une espèce est présente au moins une nuit au cours de la première semaine sur la coulée témoin, elle ne l'est pas systématiquement sur la coulée traitée. **Nous ne disposons pas suffisamment de données pré-traitement pour être en mesure de déterminer statistiquement si les coulées dites « témoins » peuvent servir de référence pour les distributions des données des coulées « traitées ».** Néanmoins, un test de MacNemar sur les données de chaque première semaine d'étude sur les coulées témoins et traitées (c'est-à-dire avant perturbation lumineuse) est réalisé pour *C.capreolus, S.scrofa* et *Carnivora sp.*(tableau 4). Les p-value étant toutes de 1, il n'est pas possible de rejeter l'hypothèse nulle, il n'y a donc pas de différence significative entre les coulées traitées et les coulées témoins. Pour la suite de l'analyse, par soucis de précaution, **les données des coulées traitées sont analysées séparément des données des coulées témoins**.

2.c. Résultats des coulées de type « traitées »

Sur les coulées avec perturbation lumineuse, c'est-à-dire les coulées type « traitée » 308 nuits-pièges ont été réalisées, dont 154 avec le traitement « OFF » et 154 avec le traitement « ON ». Parmi ces nuits de piégeage, tous sites confondus et tous traitements confondus, ont été recensées : 17 nuits avec présence d'au moins un Chevreuil *C.capreolus*, 42 nuits avec présence d'au moins un Sanglier *S.scrofa*, 39 nuits avec présence d'au moins un petit carnivore *Carnivora sp*. Toutes espèces confondues, nous avons donc au total une probabilité de 0,272 (27%) de contacter au moins un individu au cours d'une nuit.

Le tableau 5 présente les résultats de la sélection de modèles généralisés mixtes avec le Critère d'Information d'Akaïke corrigé (AICc) dont nous allons détailler l'analyse ci-dessous.

2.c.i. Analyses portant sur le Chevreuil, C.capreolus

Le Chevreuil *C.capreolus* a été contacté durant 9 nuits « OFF » et 8 nuits « ON ». Les photographies en figure 18 montrent des exemples de clichés de *C.capreolus* sur les sites d'étude. Des mâles, des femelles et des faons ont été contactés. L'espèce est présente sur tous les sites (résultats complémentaires en annexe 2). Dans le cas de la variable de présence/absence du Chevreuil, le modèle possédant l'AIC le plus faible correspond au modèle sans variable explicative. La différence d'AIC des modèles 2 et 3 avec le modèle ne prenant en compte aucune variable explicative étant inférieur à 2, le principe de parcimonie inciterait à conserver le modèle le plus simple, c'est-à-dire le modèle sans variable explicative. Néanmoins le jeu de données étant relativement faible, cela engendre probablement un manque de robustesse des analyses. Nous choisissons tout de même de

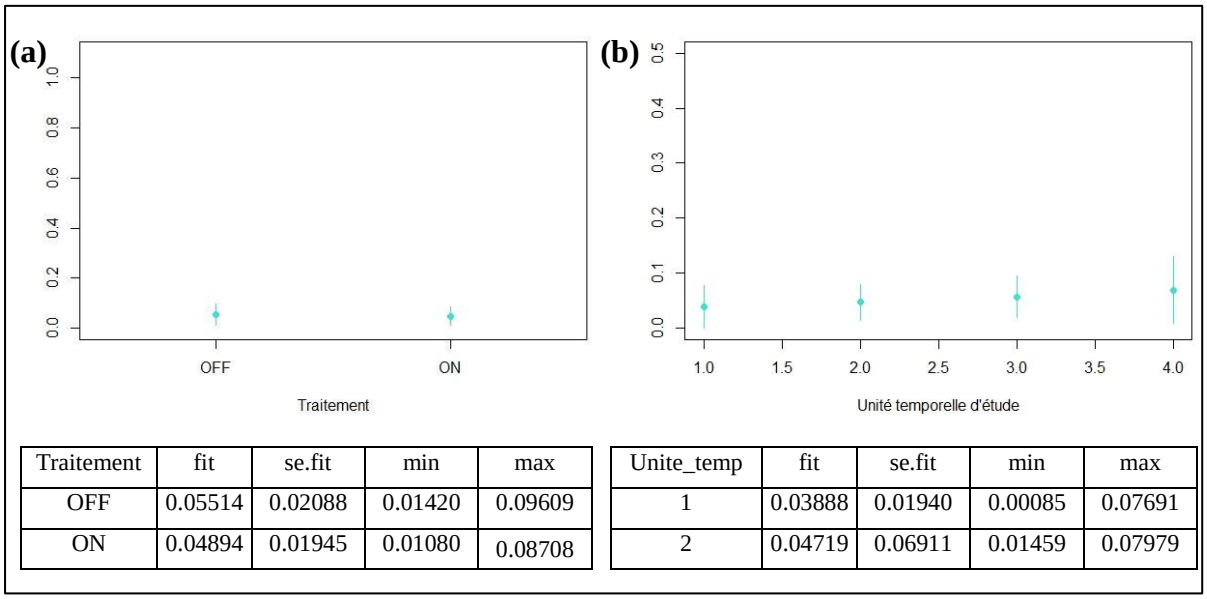
Tableau 5 Résultat de la sélection de modèle avec le Critère d'information d'Akaïke corrigé pour le cas d'échantillons de petite taille (AICc) et différence d'AIC entre le modèle i et le meilleur modèle (delta). Pour chaque espèce, le modèle avec l'AIC minimal est indiqué en rouge et les modèle dont la différence d'AIC est inférieur à 2 avec le modèle minimal sont indiqués en gras.

Modèle 1 : Intercept
Modèle 2 : Intercept + Traitement
Modèle 3 : Intercept + Unité temporelle d'étude
Modèle 4 : Intercept + Traitement + Unité temporelle d'étude
Modèle 5 : Intercept + Traitement + Unité temporelle d'étude + Traitement:Unité temporelle d'étude

	Modèle 1		Modèle 2		Modèle 3		Modèle 4		Modèle 5	
	AICc	delta	AICc	delta	AICc	delta	AICc	delta	AICc	delta
C.capreolus	**135.0**	**0.00**	**137.0**	**1.98**	**136.4**	**1.36**	138.4	3.35	140.4	5.40
S.scrofa	**214.7**	**0.00**	**216.2**	**1.49**	**216.7**	**1.99**	218.2	3.50	218.1	3.45
Carnivora	223.5	9.16	225.5	11.17	**214.3**	**0.00**	216.3	2.02	217.8	3.46



Figure 18 Exemples de photographies de Chevreuils, *C.capreolus*, obtenues par piègeage photographique. Modèle : piège photographique SC950 de Reconyx.



Traitement	fit	se.fit	min	max
OFF	0.05514	0.02088	0.01420	0.09609
ON	0.04894	0.01945	0.01080	0.08708

Unite_temp	fit	se.fit	min	max
1	0.03888	0.01940	0.00085	0.07691
2	0.04719	0.06911	0.01459	0.07979

Figure 19 Graphique et détail des valeurs de prédiction des modèles sélectionnés par le critère d'Akaïke corrigé pour *C.capreolus.* (a) modèle 2 : Intercept + Traitement et (b) modèle 3 : Intercept + Unité temporelle d'étude

visualiser les modèles 2 et 3 avec l'effet « traitement » puis avec l'effet « unité temporelle d'étude » pour la suite de l'analyse (figure 19). L'unité temporelle d'étude semble avoir un effet positif sur la présence de *C.capreolus* : au cours du temps, la présence *C.capreolus* augmente légèrement. *A contrario*, le traitement semble avoir un léger effet négatif sur *C.capreolus*.

2.c.ii. Analyses portant sur le Sanglier, S.scrofa

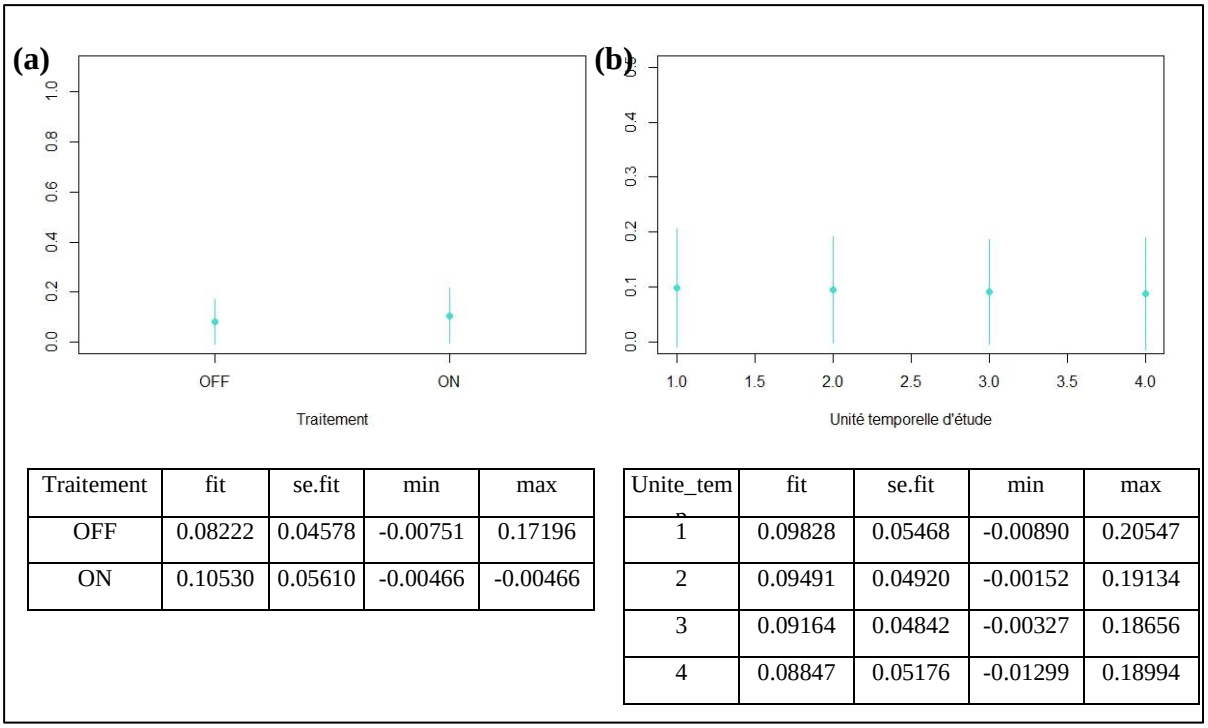
Le Sanglier *S.scropha* a été contacté durant 19 nuits « OFF » et 23 nuits « ON ». Les photographies en figure 16 montrent des exemples de clichés de *S.scrofa* sur les sites d'étude. Des mâles, des femelles et des marcassins ont été contactés (figure 20). L'espèce est présente sur tous les sites excepté Nadillac (résultats complémentaires en annexe 3). Concernant le Sanglier, les résultats de la sélection de modèle montrent des résultats similaires à ceux du Chevreuil. En effet, le modèle possédant l'AIC le plus faible correspond au modèle sans variable explicative. La différence d'AIC des modèles 2 et 3 avec le modèle ne prenant en compte aucune variable explicative étant inférieur à 2, le principe de parcimonie inciterait à conserver le modèle le plus simple, c'est-à-dire le modèle sans variable explicative. Néanmoins pour les mêmes raisons que précédemment concernant le faible jeu de données, nous choisissons à nouveau de visualiser ces modèles pour la suite de l'analyse (figure 21). Le traitement semble avoir un léger effet positif sur la présence de *S.scrofa*. *A contrario*, l'unité temporelle d'étude semble avoir un effet négatif sur *S.scrofa*.

2.c.iii. Analyses portant sur les petits Carnivores, Carnivora sp.

Les petits carnivores *Carnivora sp.* ont été contactés durant 20 nuits « OFF » et 19 nuits « ON ». Les photographies en figure 22 montrent des exemples de clichés de *Carnivora sp.* sur les sites d'étude. Lors du traitement des images, la distinction a été réalisée pour le Blaireau *Meles meles*, le Renard *Vulpes vulpes* et la Genette *Genetta genetta* mais les autres Mustélidés ne sont pas identifiables précisément. *G.genetta* a été contactée à deux reprises, sur le site de Fontenges et sur le site de Valeille. *M.meles* a été contacté sur tous les sites. *V.vulpes* a été contacté sur tous les sites hormis La Vaysse. Concernant les autres petits Carnivores, ils ont été contactés sur les sites de Brengues, Fontenges, Les Trouals, Valeille et Nadillac (résultats complémentaires en annexe 4). Pour les petits carnivores, le meilleur modèle est le modèle prenant en compte l'effet de la variable Unité temporelle d'étude. Les autres modèles ont un Delta AIC supérieur à 2. D'après les prédictions du modèle (figure 23), l'unité temporelle d'étude semble avoir un effet positif sur la présence de *Carnivora*.



Figure 20 Exemples de photographies de Sangliers, *S.scrofa*, obtenues par piégeage photographique. Modèle : piège photographique SC950 de Reconyx.



Traitement	fit	se.fit	min	max
OFF	0.08222	0.04578	-0.00751	0.17196
ON	0.10530	0.05610	-0.00466	-0.00466

Unite_tem	fit	se.fit	min	max
1	0.09828	0.05468	-0.00890	0.20547
2	0.09491	0.04920	-0.00152	0.19134
3	0.09164	0.04842	-0.00327	0.18656
4	0.08847	0.05176	-0.01299	0.18994

Figure 21 Graphique et détail des valeurs de prédiction des modèles sélectionnés par le critère d'Akaïke corrigé pour *S.scrofa.* (a) modèle 2 : Intercept + Traitement et (b) modèle 3 : Intercept + Unité temporelle d'étude

DISCUSSION

1. Discussion sur les résultats de la phase expérimentale

A ce stade de l'étude, il n'est pas possible de conclure précisément sur un effet de la lumière artificielle sur les déplacements des mammifères terrestres nocturnes. En effet, notre total de 616 nuits de piégeage réalisé sur 6 sites n'est pas suffisant pour pouvoir réaliser des statistiques robustes. Néanmoins des tendances peuvent être dégagées. Les résultats des analyses permettent de suggérer que le traitement lumineux a un effet plutôt négatif sur le Chevreuil *C.capreolus* et plutôt positif sur le Sanglier *S.scrofa*. Aucune tendance n'a pu être mise en évidence pour les petits carnivores. L'éclairage artificiel, tel qu'il a été appliqué dans le cadre de cette étude, ne semble pas être un obstacle infranchissable pour les mammifères terrestres nocturnes étudiés. **Il semble être une perturbation légère pour le chevreuil, tendance à confirmer par des études supplémentaires.** La densité des petits carnivores est trop faible sur nos sites pour évaluer l'effet de l'éclairage artificiel. Afin de réaliser les statistiques, nous avons donc fait le choix de regrouper Renard, Genette et Mustélidés bien que chaque espèce au sein de ce groupe possède ses propres réactions face à l'éclairage artificiel. Enfin, aucune interaction entre traitement et unité temporelle d'étude n'a été mise en évidence quel que soit le taxon considéré. Aucune habituation de la faune à la perturbation lumineuse n'a donc été observée. Il convient toutefois de rappeler que ces résultats sont à interpréter avec précaution, l'étude devant à présent être optimisée suite aux retours sur la méthodologie réalisée.

2. Discussion sur la méthodologie

Dans cette partie, nous allons mettre en évidence les limites du protocole expérimenté, et proposer des solutions afin de les réduire au maximum.

2.a. Sélection des sites

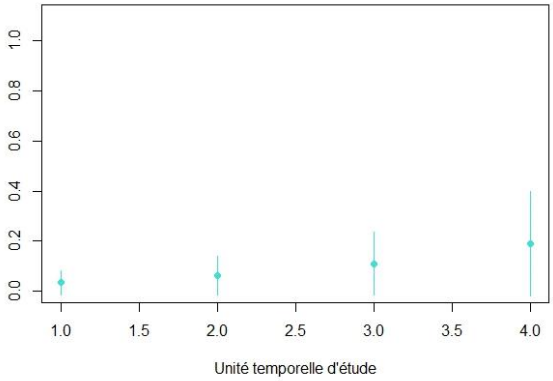
Pour cette pré-étude, deux types de coulées ont été sélectionnées : au niveau de mares et en lisière de forêt.

2.a.i. Influence de la pluviométrie du printemps 2016

Les points d'eau sont *a priori* des points de passage obligatoires pour les mammifères en particulier en période estivale. Or le printemps 2016 a été un printemps pluvieux, créant des points d'eau temporaires supplémentaires dans les dépressions présentes sur le territoire. Les points d'eau permanents, ciblés dans cette étude, ont probablement été moins visités qu'en période de forte chaleur où ils constituent la seule ressource en eau.



Figure 22 Exemples de photographies de petits carnivores, *Carnivora sp*, obtenues par piégeage photographique. De gauche à droite : Mustélidé de type Martre des pins ou Fouine, *Mustelidae sp.* ; Renard, *Vulpes vulpes* ; Blaireau, *Meles meles.* Modèle : piège photographique SC950 de Reconyx.



Unite_temp	fit	se.fit	min	max
1	0.03396	0.02463	-0.01432	0.08225
2	0.06208	0.03939	-0.01512	0.13929
3	0.11082	0.06450	-0.01560	0.23724
4	0.19006	0.10624	-0.1816	0.39829

Figure 23 Graphique et détail des valeurs de prédiction du modèle sélectionné par le critère d'Akaïke pour *Carnivora sp.*: modèle 3 : Intercept + Unité temporelle d'étude

2.a.ii. Difficultés liées au choix des sites

Concernant les coulées en lisière de milieux ouverts, la difficulté a été de trouver des coulées très fréquentées. En effet, à proximité de tels milieux, beaucoup de coulées s'ouvrent sur la pelouse ou prairie ce qui aurait pour effet de « diluer » les passages. Par ailleurs, la grande fréquentation des coulées est une notion très relative. A la question : « à partir de combien de contacts par semaine peut-on considérer la coulée comme très fréquentée ? », il est difficile de donner une réponse précise. Les études utilisant des pièges photographiques ou toute autre méthode de détection montrent que la fréquence de capture des carnivores peut être très variable. Entre 0,4 et 15,8 photos/1OOO nuits pour les Carnivores et entre 5,6 à 15,4 pour les Cervidés dans les études de (Tobler et al. 2008). Moins de 5 détections en moyenne par semaine pour le Vison *Neovison vison* et la Moufette *Mephitis mephitis* dans l'étude de (Bliss-Ketchum et al. 2016) ont été réalisés. Nos sites, présentant des taux de présence d'environ 2 nuits par semaine (moyenne sur nos 6 sites) restent intéressants. Néanmoins, il serait judicieux d'avoir plus d'informations sur chaque site en disposant d'une période pré-étude plus longue, permettant d'estimer les taux de présence des espèces.

2.b. Les espèces cibles

Les chevreuils et les sangliers ont été observés plus fréquemment que les autres espèces. Ce phénomène peut être lié à plusieurs facteurs. Tout d'abord, leur taille favorise la détection par les pièges photographiques. Ils sont également présents en forte densité sur le territoire des Causses du Quercy. Enfin, ce sont les empreintes les plus facilement repérées (grandeur, profondeur, etc.). Il est donc plus facile de repérer si une coulée est fréquentée par des Chevreuils et des Sangliers que par les autres mammifères si des fèces ne sont pas retrouvées. Les pièges photographiques ont donc été posés dans des secteurs favorables à ces deux espèces. Afin de capturer plus de Mustélidés, il conviendrait de cibler d'autres types de sites et d'adapter le positionnement des appareils. En effet, le champ de détection des pièges photographiques nécessite le passage des animaux dans ce dernier. La pose des pièges (localisation, inclinaisons, etc.) induit fortement le type d'espèces contactées.

2.c. La méthode de détection : les pièges photographiques

L'utilisation des pièges photographiques semble être une bonne méthode mais nécessiterait un suivi plus long et reproduit dans le temps. Par ailleurs, le matériel utilisé ne permettent pas la prise de vidéo (hormis les deux pièges du modèle XR6). Cela apporterait des informations supplémentaires d'un point de vue éthologique. Une analyse plus fine pourrait néanmoins être réalisée avec le même matériel utilisé dans cette étude : temps passé au niveau de la source de

lumière, activité (locomotion, repos, interactions sociales, alimentation), comportement, etc.

2.d.Biais et facteurs confondants

2.d.i. Dérangement lié à la pose

La mise en place du matériel sur le terrain et en particulier la pose des kits solaires crée un dérangement important sur les sites, susceptible d'impacter le comportement de la faune. Lors de l'installation, on observe un fort piétinement de la zone d'étude en particulier à proximité du panneau solaire. De plus, le kit solaire apparait comme un élément étranger au paysage naturel. Enfin, la manipulation des kits solaires mais également des pièges photographiques entraîne une dispersion d'odeur humaine. A ce jour, nous ne sommes pas en mesure de quantifier la part des différentes perturbations et leur impact sur la faune sauvage.

Pour pallier à ce dérangements, il serait plus rigoureux de poser le matériel plusieurs semaines en amont du lancement de l'étude. Du fait des contraintes temporelles et logistiques durant le stage, une telle période n'a pas pu être respectée mais il semble pertinent qu'elle le soit si l'étude est réitérée.

2.d.ii. La perturbation lumineuse amenée

Les variations de fréquentation des coulées obtenues entre phases allumées « ON » et phases éteintes « OFF » peuvent être liées à deux facteurs : l'illumination de la surface au sol et/ou l'éblouissement par le spot lumineux. Nous ne sommes pas en mesure de connaître jusqu'à quelle distance le halo lumineux influence le déplacement des individus. Des mesures à l'aide d'un luxmètre permettraient dans un premier temps d'évaluer l'intensité lumineuse en fonction de la distance à la source.

2.d.iii. Saisonnalité

D'après nos résultats, la présence du Chevreuil et des petits carnivores tend à augmenter au cours des unités temporelles d'étude et celle du Sanglier tend à diminuer. Plusieurs hypothèses peuvent être émises à ce stade. La saisonnalité et ses conséquences sur la modification du milieu peuvent être des facteurs expliquant cette tendance : l'assèchement des milieux dû à la période estivale entraîne probablement les mammifères à se rendre plus fréquemment aux points d'eau permanents, seule source d'eau lorsque tous les autres points d'eau sont asséchés. A l'aide de nos sites témoins, nous avons essayé d'évaluer la part due au facteur temps (saisonnalité). Néanmoins l'étude étant réalisée *in situ*, il n'est pas possible de sélectionner des témoins « absolus ». Pour être en mesure de considérer ou non certaines coulées comme témoin, il faudrait comme mentionné dans le 2.A. réaliser une phase de pré-étude plus longue et effectuer des tests d'équivalence tel que le test de Dunett et Gent

(Dunnett et Gent 1977). Il pourrait être intéressant de dédoubler les sites et de les catégoriser selon l'habitat. Puis dans chaque sous-groupe, de choisir aléatoirement les sites tests et les sites témoins. Cette méthode nécessite de sélectionner tous les sites en amont.

3. Perspectives et améliorations de l'approche expérimentale

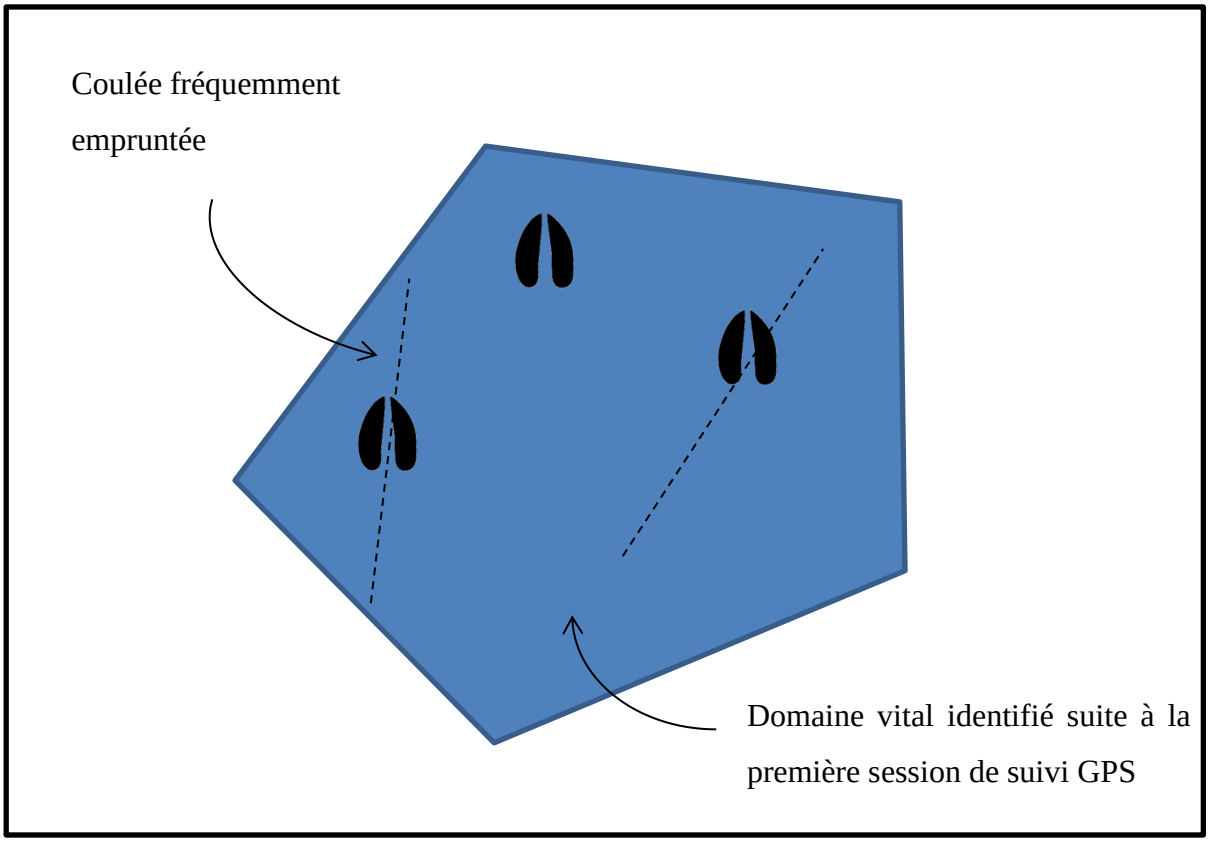
3.a. Choix des sites par rapport aux espèces ciblées

Deux orientations pour l'étude sont envisageables : un suivi spécifique, en ciblant une seule espèce et en identifiant plus précisément ses passages fréquentés ou un suivi spatial, en réitérant le protocole de cette pré-étude sur une échelle spatio-temporelle plus grande. **Le suivi spécifique** permettrait de concentrer les efforts d'échantillonnage sur une seule espèce, et donc d'adapter le protocole à celle-ci. Pour les espèces comme le Chevreuil dont le comportement individuel peut être très marqué (comm.perso M.Hewison), une étude plus large est indispensable pour obtenir des résultats généralisables à l'espèce. **Le suivi spatial** permettrait de continuer à balayer un plus grand nombre d'espèces. Dans ce cas, il serait intéressant de revoir la méthode de sélection des sites. L'utilisation d'infrastructures humaines, telles que les passages à faune présents le long de l'autoroute A20 permettraient de canaliser les déplacements de la faune et d'évaluer les différences de fréquentations avec et sans perturbation lumineuse.

3.b.Design du protocole

Dans notre étude, nous avons réalisé une alternance noir/lumière sur un nombre restreint de sites. Nous avons rapidement choisi d'écarter l'approche plus descriptive consistant à évaluer la fréquentation du territoire par la faune selon la pollution lumineuse présente. En effet, dans ce cas, le facteur « lumière » est difficilement isolables des autres facteurs anthropiques, tels que l'urbanisation, le trafic routier, etc. Tout en gardant une approche expérimentale, il pourrait alors être intéressant de réaliser un protocole de type **BDACP (Before - During - After - Control Perturbation).** Cette méthode permet, en effectuant un relevé avant la perturbation, pendant et après la perturbation ainsi que sur un site témoin, de réaliser des études robustes (Bro, Mayot, et Reitz 2012; Smith 2002; Schwarz 2015). C'est une méthode notamment utilisée pour réaliser des évaluations d'impacts de facteurs anthropiques sur les écosystèmes comme l'installation d'ouvrages tels que les éoliennes (LPO and André, 2004). Cette méthodologie pourrait être appliquée en sélectionnant des sites en amont afin de palier au dérangement lié à la pose du matériel évoqué précédemment. Dans ce cas, seules trois phases successives seraient appliquées aux sites : une phase « OFF », une phase « ON », une phase « OFF ». La première phase permet d'évaluer la fréquentation sans perturbation des

Année 0



Année 1

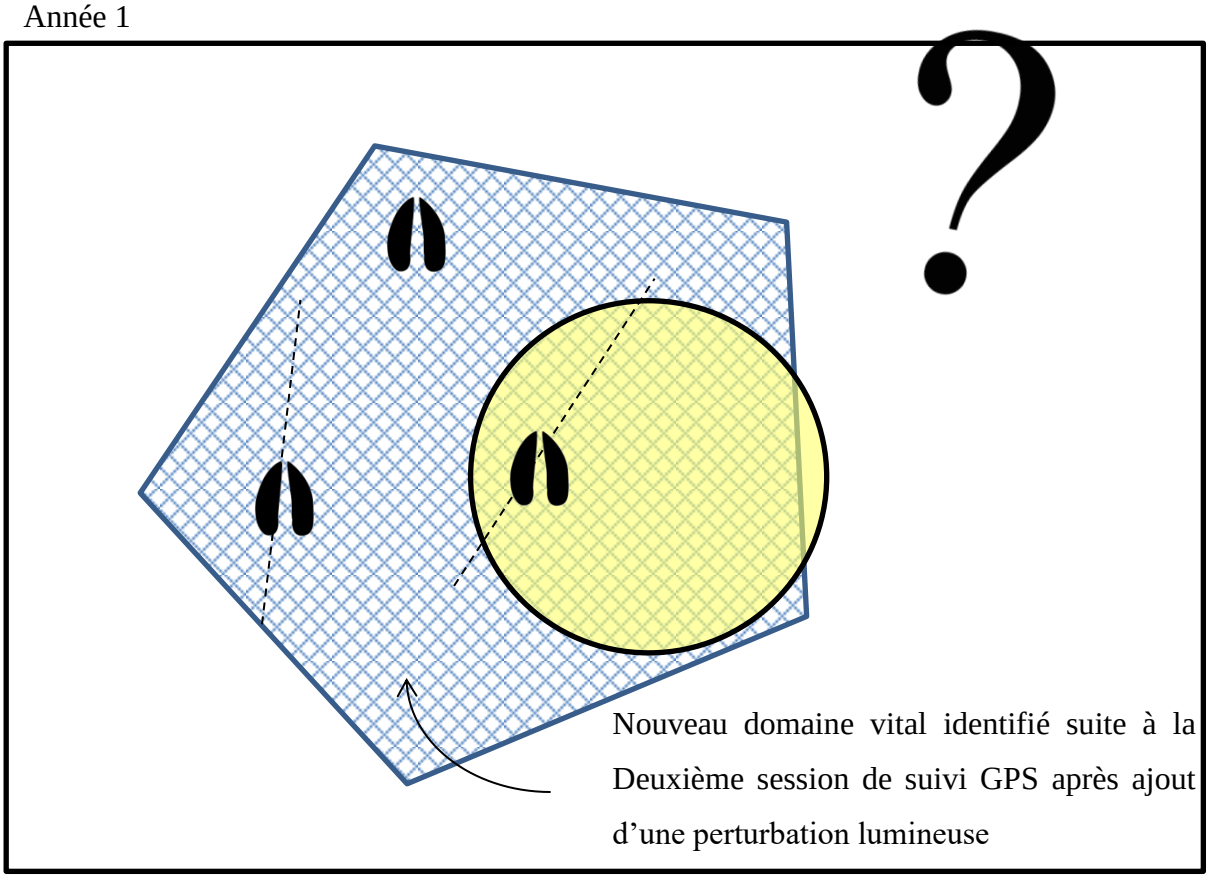


Figure 24 Schéma de proposition de protocole avec suivi GPS. Année 0 : marquage de plusieurs individus, suivi sur l'année pour déterminer le domaine vital et les coulées fréquentées en comparaison avec la carte de pollution lumineuse du Parc. Année 1 : ajout d'une perturbation lumineuse sur une partie du domaine vital, comparaison avec l'année 0 du domaine vital et des coulées fréquentées.

sites pour la faune, la seconde pendant la perturbation lumineuse et la troisième après un retour aux conditions initiales. Une fois les trois phases terminées, l'expérience serait réalisée sur un autre site.

3.c. Outil de suivi des déplacements des mammifères terrestres nocturnes

Pour compléter les données des pièges photographiques, il serait intéressant de les coupler avec des méthodes de suivi complémentaires. On peut citer par exemple comme méthode non invasive le relevé d'empreintes à l'aide de bandes ensablées (Bliss-Ketchum et al. 2016) ou encore les pièges à petits mammifères (Savouré et al. 2011). L'utilisation de collier GPS sur quelques individus, combiné avec une carte précise de pollution lumineuse permettrait d'étudier les déplacements des mammifères suivis selon 1/la pollution lumineuse présente dans l'environnement et 2/la modification des itinéraires en cas d'ajout d'une nouvelle perturbation lumineuse (cf paragraphe suivant).

4. Proposition pour la poursuite de l'étude

Dans cette dernière partie, nous allons aborder une proposition de poursuite de l'étude, en prenant en compte les retours discutés précédemment. Afin de suivre la méthodologie BCACP, il serait intéressant de réaliser l'étude sur 3 années. La première année, une dizaine d'individus, par exemple des Chevreuils dont les premiers résultats tendent à montrer que l'éclairage les impactent négativement, pourrait être équipé de colliers GPS. Ils seraient alors suivis afin de déterminer leurs déplacements à l'échelle spatiale et temporelle (figure 24) à l'instar des études réalisées sur les chiroptères (Azam et al. 2015; Threlfall, et al. 2013). De ce fait, chaque saison pourrait être couverte. La seconde année, de l'éclairage serait ajouté sur une zone complètement dénuée de pollution lumineuse appartenant à leur domaine vital. Le suivi au cours de la seconde année permettrait d'évaluer si le domaine vital a été modifié, et si les coulées les plus fréquemment utilisées restent les mêmes que lors de l'année 0. La troisième année, après extinction de la perturbation lumineuse, permettrait d'étudier leur comportement post-perturbation. Cette étude permettrait d'une part d'avoir une **approche descriptive sur la proportion du domaine vital déjà impacté par la pollution lumineuse** et d'autre part **d'appréhender les modifications liées à l'ajout d'une perturbation lumineuse.** En complément, les pièges photographiques pourraient être mis en place sur le territoire afin d'évaluer les variations de fréquentation à plus grande échelle sur les autres mammifères terrestres nocturnes. Ils seraient placés sur des couloirs de passages restreints, tels que des infrastructures de transport ou entre deux enclos de chasse délimité par de hauts grillages.

CONCLUSION

Le travail réalisé au cours des 6 mois de stage a permis l'élaboration d'un premier protocole d'étude de l'impact de la pollution lumineuse sur les déplacements des mammifères terrestres nocturnes. L'utilisation des pièges photographiques a permis le suivi des coulées, sentiers régulièrement fréquentés par la faune sauvage, afin d'évaluer les différences de fréquentation de ces dernières entre phases non éclairées et phases sombres. En complément, l'utilisation de matériel lumineux alimenté par énergie solaire a permis d'amener une perturbation lumineuse contrôlée sur des sites sans pollution lumineuse. Les résultats de l'expérimentation mettent en évidence un impact négatif sur le Chevreuil *C.capreolus* et un impact positif sur le Sanglier *S.scrofa*. Concernant les petits Carnivores, aucun effet n'a pu être dégagé. Néanmoins, ces résultats sont à prendre avec précaution puisque la courte durée de l'étude ne permet pas d'avoir une quantité suffisante de données pour réaliser des analyses statistiques robustes. Par ailleurs, les effets de l'unité temporelle d'étude mettent en évidence un possible effet d'une part de la saisonnalité et d'autre part d'une éventuelle habituation de la faune sauvage à la perturbation. Des études approfondies avec une analyse éthologique plus développée, pouvant utiliser en compléments d'autres moyens de suivis comme les balises GPS, apporteront des résultats complémentaires. Afin d'être en mesure de limiter les biais confondants, l'échelle spatio-temporelle d'étude reste un critère déterminant. Il convient également d'améliorer la sélection des sites et la définition des coulées témoins servant de référence.

Grâce à un protocole retravaillé et complété selon les moyens financiers et humains qui pourraient être mis en œuvre pour une telle étude, le Parc naturel régional du Quercy pourrait se positionner parmi les pionniers en France sur cette thématique. En apportant ses compétences naturalistes, sa connaissance du territoire et ses compétences technique et grâce à la mise en place d'un partenariat avec un laboratoire de recherche qui apportera ses compétences scientifiques, de grandes avancées pourront être réalisées sur l'étude de l'impact de la pollution lumineuse sur le déplacement des mammifères terrestres nocturnes. A terme, il est concevable de penser que de telles données permettront de se placer sur une étude de la connectivité des habitats, permettant d'optimiser les outils de la Trame Verte et Bleue et de les transposer à l'environnement nocturne. En attendant l'approfondissement des connaissances actuelles, il semble important de rappeler que le bon sens voudrait que l'homme limite ses perturbations sur l'Environnement, même si ses impacts ne sont pas clairement identifiés. Actuellement, cela se traduit notamment par la limitation de l'étalement des éclairages, l'installation de lampadaires adaptés ou encore la réduction du temps d'éclairage.

BIBLIOGRAPHIE

Azam, Clémentine, Christian Kerbiriou, Arthur Vernet, Jean-François Julien, Yves Bas, Laura Plichard, Julie Maratrat, et Isabelle Le Viol. 2015. « Is Part-Night Lighting an Effective Measure to Limit the Impacts of Artificial Lighting on Bats? » *Global Change Biology* 21 (12): 4333-41. doi:10.1111/gcb.13036.

Balme, Guy A., Luke T. B. Hunter, et Rob Slotow. 2009. « Evaluating Methods for Counting Cryptic Carnivores ». *The Journal of Wildlife Management* 73 (3): 433-41. doi:10.2193/2007-368.

Beier, Paul. 1995. « Dispersal of Juvenile Cougars in Fragmented Habitat ». *Journal of Wildlife Management* 59 (2). https://nau.pure.elsevier.com/en/publications/dispersal-of-juvenile-cougars-in-fragmented-habitat.

Beier, Paul, 2006. « Effects of artificial night lighting on terrestrial mammals ». In *Ecological consequences of artificial night lighting (C. Rich and T. Longcore, eds.)*, 19-42. Island Press, Washington, DC.

Bird, B.L., LYNC Branch, et D.L. Miller. 2004. « Effects of coastal lighting on foraging behavior of beach mice ». *Conservation Biology* 18 (5): 1435-39.

Bliss-Ketchum, Leslie L., Catherine E. de Rivera, Brian C. Turner, et Dolores M. Weisbaum. 2016. « The effect of artificial light on wildlife use of a passage structure ». *Biological Conservation* 199: 25-28. doi:10.1016/j.biocon.2016.04.025.

Bowkett, Andrew E., Francesco Rovero, et Andrew R. Marshall. 2008. « The Use of Camera-Trap Data to Model Habitat Use by Antelope Species in the Udzungwa Mountain Forests, Tanzania ». *African Journal of Ecology* 46 (4): 479-87. doi:10.1111/j.1365-2028.2007.00881.x.

Briggs, Winslow R. 2006. « Physiology of plants responses to artificial lighting ». In *Ecological consequences of artificial night lighting*, Island Press, 389–411. Wahington, D.C.: C. Rich and T. Longcore, eds.

Bro, E., P. Mayot, et F. Reitz. 2012. « Effectiveness of habitat management for improving grey partridge populations : a BACI experimental assessment ». *Animal Biodiversity and Conservation* 35 (2): 405-13.

Brüning, Anika, Franz Hölker, Steffen Franke, Wibke Kleiner, et Werner Kloas. 2016. « Impact of different colours of artificial light at night on melatonin rhythm and gene expression of gonadotropins in European perch ». *Science of The Total Environment*

543, Part A: 214-22. doi:10.1016/j.scitotenv.2015.11.023.

Conseil général de l'environnement et du développement durable, Yvan Aujollet, et Dominique David. 2014. « Législations et réglementations étrangères en matière de lutte contre les nuisances lumineuses ». 009196-01.

Di Bitetti, Mario S., Agustín Paviolo, Carolina A. Ferrari, Carlos De Angelo, et Yamil Di Blanco. 2008. « Differential Responses to Hunting in Two Sympatric Species of Brocket Deer (*Mazama Americana* and *M. Nana*) ». *Biotropica* 40 (5): 636-45. doi:10.1111/j.1744-7429.2008.00413.x.

Dominoni, Davide M., Jeremy C. Borniger, et Randy J. Nelson. 2016. « Light at Night, Clocks and Health: From Humans to Wild Organisms ». *Biology Letters* 12 (2): 20160015. doi:10.1098/rsbl.2016.0015.

Duffy, James P., Jonathan Bennie, América P. Durán, et Kevin J. Gaston. 2015. « Mammalian Ranges Are Experiencing Erosion of Natural Darkness ». *Scientific Reports* 5 (juillet): 12042. doi:10.1038/srep12042.

Dunnett, C. W., et M. Gent. 1977. « Significance Testing to Establish Equivalence between Treatments, with Special Reference to Data in the Form of 2X2 Tables ». *Biometrics* 33 (4): 593-602.

Espartosa, Karina Dias, Bruno Trevizan Pinotti, et Renata Pardini. 2011. « Performance of Camera Trapping and Track Counts for Surveying Large Mammals in Rainforest Remnants ». *Biodiversity and Conservation* 20 (12): 2815-29. doi:10.1007/s10531-011-0110-4.

Gaston, Kevin J., Marcel E. Visser, et Franz Hölker. 2015. « The Biological Impacts of Artificial Light at Night: The Research Challenge ». *Phil. Trans. R. Soc. B* 370 (1667): 20140133. doi:10.1098/rstb.2014.0133.

Granier, Héloîse. 2012. « Comment prendre en compte la pollution lumineuse dans l'identification des continuités écologiques ? » M2 professionnel Espace et Milieux. Parc NAtural Régional des Causses du Quercy: Université Paris Diderot.

Grigione, Melissa M., et Robert Mrykalo. 2004. « Effects of Artificial Night Lighting on Endangered Ocelots (Leopardus Paradalis) and Nocturnal Prey along the United States-Mexico Border: A Literature Review and Hypotheses of Potential Impacts ». *Urban Ecosystems* 7 (1): 65-77. doi:10.1023/B:UECO.0000020173.70355.ab.

Habib, Bilal, Shivam Shrotriya, Kuppusamy Sivakumar, Priya R. Sinha, et Vinod B. Mathur. 2014. « Three decades of wildlife radio telemetry in India: a review ». *Animal Biotelemetry* 2: 4. doi:10.1186/2050-3385-2-4.

Hölker, Franz, Christian Wolter, Elizabeth K. Perkin, et Klement Tockner. 2010. « Light pollution as a biodiversity threat ». *Journal ISSN* 25 (12).

Holzhauer, Stephanie I. J., Steffen Franke, Christopher C. M. Kyba, Alessandro Manfrin, Reinhard Klenke, Christian C. Voigt, Daniel Lewanzik, et al. 2015. « Out of the Dark: Establishing a Large-Scale Field Experiment to Assess the Effects of Artificial Light at Night on Species and Food Webs ». *Sustainability* 7 (11): 15593-616. doi:10.3390/su71115593.

Ikeno, Tomoko, Zachary M. Weil, et Randy J. Nelson. 2014. « Dim light at night disrupts the short-day response in Siberian hamsters ». *General and Comparative Endocrinology* 197: 56-64. doi:10.1016/j.ygcen.2013.12.005.

Karanth, K. Ullas, et James D. Nichols. 2011. « Estimating Tiger Abundance from Camera Trap Data: Field Surveys and Analytical Issues ». In *Camera Traps in Animal Ecology*, édité par Allan F. O'Connell, James D. Nichols, et K. Ullas Karanth, 97-117. Springer Japan. http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-4-431-99495-4_7.

Kumlien, Ludwig. 1888. « Observations on Bird Migration at Milwaukee ». *The Auk* 5: 325-28. doi:10.2307/4067340.

Lebbin, Daniel J., Michael G. Harvey, Timothy C. Lenz, Michael J. Andersen, et Jesse M. Ellis. 2007. « Nocturnal Migrants Foraging at Night by Artificial Light ». *The Wilson Journal of Ornithology* 119 (3): 506-8. doi:10.1676/06-139.1.

LeTallec, Thomas, Marc Théry, et Martine Perret. 2015. « Effects of light pollution on seasonal estrus and daily rhythms in a nocturnal primate ». *Journal of Mammalogy* 96 (2): 438-45. doi:10.1093/jmammal/gyv047.

LOI n° 2009-967 du 3 août 2009 de programmation relative à la mise en œuvre du Grenelle de l'environnement. 2009. *2009-967*.

LOI n° 2010-788 du 12 juillet 2010 portant engagement national pour l'environnement. 2010. *2010-788*.

MCCleery, Robert A., Christa L. Zweig, Melissa A. Desa, Rodney Hunt, Wiley M. Kitchens, et H. Franklin Percival. 2014. « A Novel Method for Camera-Trapping Small Mammals: A Novel Camera Trap Method ». *Wildlife Society Bulletin* 38 (4): 887-91. doi:10.1002/wsb.447.

Michalski, Fernanda, et Carlos A. Peres. 2007. « Disturbance-Mediated Mammal Persistence and Abundance-Area Relationships in Amazonian Forest Fragments ». *Conservation Biology* 0 (0): 071005074933003-??? doi:10.1111/j.1523-1739.2007.00797.x.

Owen-Smith, N., J. M. Fryxell, et E. H. Merrill. 2010. « Foraging Theory Upscaled: The

Behavioural Ecology of Herbivore Movement ». *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B: Biological Sciences* 365 (1550): 2267-78. doi:10.1098/rstb.2010.0095.

Riegel, K. W. 1973. « Light Pollution: Outdoor Lighting Is a Growing Threat to Astronomy ». *Science (New York, N.Y.)* 179 (4080): 1285-91. doi:10.1126/science.179.4080.1285.

Robert, Kylie A., John A. Lesku, Jesko Partecke, et Brian Chambers. 2015. « Artificial Light at Night Desynchronizes Strictly Seasonal Reproduction in a Wild Mammal ». *Proc. R. Soc. B* 282 (1816): 20151745. doi:10.1098/rspb.2015.1745.

Savouré, Soubelet A., Ruette S., Haffner P., et Rousset G. 2011. « Proposition de protocoles de suivi de la Martre (Martes martes), de la Belette (Mustela nivalis) et du Putois (Mustela putorius) ». *Muséum national d'histoire naturelle – Service du Patrimoine naturel et Office national de la chasse et de la faune sauvage*, 45p.

Schwarz, C.J. 2015. « Analysis of BACI experiments ». In *Course Notes for beginning and Intermediate Statistics*. Available at http://www.stat.sfu.ca/~cschwarz/CourseNotes. Retrieved 2015-08-20.

SFEPM, Société française d'étude et de protection des mammifères. s. d. *Encyclopédie des Carnivores de France*. Muséum d'Histoire NAturelle de Paris.

Smith, Eric P. 2002. « BACI design ». *Encyclopedia of Environmetrics (ISBN 0471 899976), Edited by Abdel H.El-Shaarawi and Walter W.Piegorsh, John Wiley&Sons, Ltd, Chichester, 2002*.

Sordello, Romain, Sylvie Vanpeene, Clémentine Azam, Christian Kerbiriou, Isabelle Le Viol, et Thomas Le Tallec. 2014. « Effet fragmentant de la lumière artificielle, Quels impacts sur la mobilité des espèces et comment puevent-ils être pris en compte dans les réseaux écologiques ? » Muséum national d'Histoire naturelle, Centre de Ressources Trame verte et bleue.

Spoelstra, Kamiel, Roy H. A. van Grunsven, Maurice Donners, Phillip Gienapp, Martinus E. Huigens, Roy Slaterus, Frank Berendse, Marcel E. Visser, et Elmar Veenendaal. 2015. « Experimental Illumination of Natural Habitat—an Experimental Set-up to Assess the Direct and Indirect Ecological Consequences of Artificial Light of Different Spectral Composition ». *Phil. Trans. R. Soc. B* 370 (1667): 20140129. doi:10.1098/rstb.2014.0129.

Srbek-Araujo, Ana Carolina, et Adriano Garcia Chiarello. 2005. « Is camera-trapping an efficient method for surveying mammals in Neotropical forests? A case study in south-eastern Brazil ». *Journal of Tropical Ecology* 21 (1): 121–125.

doi:10.1017/S0266467404001956.

Stone, Emma L., Gareth Jones, et Stephen Harris. 2012. « Conserving Energy at a Cost to Biodiversity? Impacts of LED Lighting on Bats ». *Global Change Biology* 18 (8): 2458-65. doi:10.1111/j.1365-2486.2012.02705.x.

Threlfall, C. G., B. Law, et P. B. Banks. 2013. « The Urban Matrix and Artificial Light Restricts the Nightly Ranging Behaviour of Gould's Long-Eared Bat (Nyctophilus Gouldi) ». *Austral Ecology* 38 (8): 921-30. doi:10.1111/aec.12034.

Tobler, M. W., S. E. Carrillo-Percastegui, R. Leite Pitman, R. Mares, et G. Powell. 2008. « An Evaluation of Camera Traps for Inventorying Large- and Medium-Sized Terrestrial Rainforest Mammals ». *Animal Conservation* 11 (3): 169-78. doi:10.1111/j.1469-1795.2008.00169.x.

Trolle, Mogens, et Marc Kéry. 2003. « Estimation of Ocelot Density in the Pantanal Using Capture-Recapture Analysis of Camera-Trapping Data ». *Journal of Mammalogy* 84 (2): 607-14. doi:10.1644/1545-1542(2003)084<0607:EOODIT>2.0.CO;2.

ANNEXES

Liste des annexes

Annexe 1 : Synthèse des choix méthodologiques réalisés en 2016

Annexe 2 : Compléments de résultats sur le Chevreuil, C.capreolus.

Annexe 3 : Compléments de résultats sur le Sanglier, S.scrofa.

Annexe 4 : Compléments de résultats sur les petits Carnivores, Carnivora sp.

Annexe 5 : Fiche techniquePpièges photographiques

Annexe 6 : Fiche technique Montage du kit lumineux

Annexe 7 : Fiche technique Pose du matériel lumineux sur site

Annexe 1 : Synthèse des choix méthodologiques réalisés en 2016

Catégorie	Possibilité	Description	Avantages	Inconvénients	Choix 2016
Type d'étude	Observatoire	Pose de pièges suivant un gradient de pollution lumineuse pré-existant (lampadaires) et étudier les différences d'occupation de l'espace selon l'éclarage du site	- Utilisation des éclairages pré-existants - Etude d'un système déjà établi	- Nombreux facteurs confondants et biais liés à l'urbanisation	Non choisi
	Manipulatoire	**Installation de matériel lumineux en sites isolés et comparer les fréquentations des sites avec des sites similaires mais non éclairés**	- **Contrôle des facteurs confondants et des biais (urbanisation, cycles saisonniers, etc.)** - **Etude d'une nouvelle perturbation**	- **Difficulté de mise ne place de matériel lumineux sur le terrain**	**Choix 2016**
Matériel lumineux	**Kit solaire**	**Utilisation d'énergie solaire pour alimenter la source artificielle de lumière**	- **Apport d'électricité en site isolé loin du réseau électrique**	- **Autonomie variable selon la saison/météo/exposition, etc.**	**Choix 2016**
	Groupe électrogène	Utilisation d'un groupe électrogène pour alimenter la source artificielle de lumière	- Autonomie, non soumis aux contraintes météorologiques	- Trop bruyant, perturbation sonore	Non choisi
	Batterie lithium	**Utilisation d'une batterie au lithium pour stocker l'énergie des panneaux**	- **Léger à transporter** - **Longue espérance de vie**	- **Matériel onéreux**	**Choix 2016**
	Autre type de batterie	Utilisation d'un autre type de batterie au lithium pour stocker l'énergie des panneaux	- Matériel répandu et peu onéreux	- Poids très important (> 12 kg)	Non choisi
	Panneau solaire 50W	**Utilisation d'un panneau solaire monocristallin 50W**	- **Facile de transport** - **Autonomie suffisante au printemps et été** - **Possibilité de raccorder d'autres panneaux en parallèle pour augmenter l'autonomie**	- **Autonomie variable selon la saison/météo/exposition, etc.**	**Choix 2016**
	Panneau solaire >50W	Utilisation d'un panneau solaire monocristallin > 50W	- Très grande autonomie	- Onéreux et encombrant	Non choisi
	lampadaire	Utilisation de hauts lampadaires	- Imitation d'une perturbation lumineuse présence en zone	- Consommation élevée (groupe électrogène bruyant ou auto-	Non choisi

			urbaine	alimenté par panneau solaire) - Moyens humains et financiers importants	
	Spot lumineux	**Spot lumineux alimenté avec panneau solaire**	- **Facile d'installation** - **Autonomie d'éclairage de 2 nuits consécutives**	- **Direction du flux lumineux moins précis**	**Choix 2016**
Durée d'une unité temporelle d'étude	3 jours	Alternance des phases éteintes et allumée tous les 3 nuits.	- Limitation des facteurs confondants	- Demande des passages très réguliers sur le terrain	Non choisi
	1 semaine	**Alternance des phases éteintes et allumée tous les 7 nuits.**	- **Diminution du dérangement**	-	**Choix 2016**
	> 1 semaine	Alternance des phases éteintes et allumée à plus d'une semaine d'intervalle.	- Moins de passages sur le terrain	- Augmentation de l'influence des facteurs confondants - Pas assez d'autonomie de la part du matériel lumineux actuel	Non choisi
Nombre d'unités temporelles par site	3	Une phase éteinte – 1 phase allumée – une phase éteinte	- Protocole type BACP (Before After Contrôl Perturbation)	- Nécessite un nombre important de site (prospection amont des sites chronophage) - Dérangement lié à la pose	Non choisi
	> 3	**Alternance durant toute l'étude expérimentale de phases éteintes et allumées**	- **Limitation du dérangement lié à la pose**	-	**Choix 2016**
Nombre de sites	**6 sites**	**Réalisation du protocole élaboré sur 6 sites**	- **Limitation du dérangement lié à la pose**	- **Nombre limité de réplicas spatiaux**	**Choix 2016**
	> 6 sites	Réalisation du protocole élaboré sur plus de sites	- Avoir un grand nombre de réplicas spatiaux	- Nécessite un nombre important de site (prospection amont des sites chronophage) - Dérangement lié à la pose	Non choisi
Choix des sites	Tout type de milieux	Pose en matériel sur tout type de milieux.	- Probabilité plus forte de contacter une grande diversité d'espèces	- Peu de réplicas par type de milieu	Non choisi
	Lisère avec cours d'eau et mares	**Pose du matériel sur des coulées au niveau de lisière avec cours d'eau ou pose du matériel au niveau de mares fréquentées.**	- **Sites d'étude semblables**		**Choix 2016**
Comptabilisation du nombre de passage	Pas de temps	Définition d'un pas de temps entre deux photos d'une même espèce pour considérer qu'il s'agit de deux passages différents	- Rapidité de comptabilisation	- Risque de sous-estimer le nombre de passage	Non choisi

	Champ de détection	**Comptabilisation de deux passages différents si l'individu sort du champ de l'appareil et rentre dans une nouvelle direction ou sur un nouveau point de la photo.**		- **Risque de surestimer le nombre de passages**	**Choix 2016**
Espèces cibles	Cervidés	Etude spécifique des cervidés (en particulier Capreolus capreolus voire Cervus elaphus)	- Adaptation du protocole à l'éthologie de l'espèce cible	- Pas d'information préexistante pour savoir quelle espèce est sensible à la perturbation lumineuse	Non choisi
	Moyens et grands mammifères terrestres	**Pas d'espèce cible particulière**	- **Etude plurispécifique sans *a priori***	- **Difficulté d'adapter précisément le protocole à la biologie des espèces**	**Choix 2016**
Moyen de suivi	Collier GPS	Pose de collier avec balise GPS sur des individus	- Trajectoire précise des individus	- Très sélectif - Moyens financiers importants - Nécessite la capture des individus	Non choisi
	Radio télémétrie	Pose de collier avec balise radio sur des individus et prospection avec antenne pour la localisation	- Localisation précise des individus par triangularisation	- Très sélectif - Nécessite la capture des individus - Nécessite du temps de terrain supplémentaire pour localiser les individus	Non choisi
	Pièges photographiques	**Pose de pièges photographiques sur des sites fréquentés par la faune nocturne**	- **Non sélectif**	- **Suivi de site (et non d'individus)**	**Choix 2016**
	Relevé d'empreintes		- Non sélectif	- Identification des empreintes difficile selon le terrain	Non choisi
Traitement des images	**Logiciel Reconyx**	**Utilisation du logiciel fournit avec les pièges photographiques**	- **Récupération de toutes les métadonnées** - **Tag des images (espèces, nombre) et autant de paramètres que voulu**	- **Utilisable uniquement avec des pièges de la marque Reconyx**	**Choix 2016**
	Logiciel libre de droit	Utilisation du logiciel libre de droits XnViewMP et exciftool	- Récupération des métadonnées - Tags des photos - Tout type de photos	- Nécessite un temps de prise en main - Nécessite de réaliser des lignes de commandes pour extraire les données	Non choisi

Annexe 2 : Compléments de résultats sur le Chevreuil, *C.capreolus*

1. Eléments et photographies de l'espèce

Crépusculaire, actif toute l'année, avec un domaine vitale de 20 ha en milieu forestier et de 100 à 150 ha en milieu agricole. Groupe d'une chevrette et son (ses) jeune(s) de l'année voire groupes d'individus apparentés.

Sources :
https://inpn.mnhn.fr/espece/cd_nom/61057 http://www.oncfs.gouv.fr/Connaitre-les-especes-ru73/Le-Chevreuil-ar977#ecologie
Mammifères d'Europe, d'Afrique du Nord et du Moyen Orient, Guide Delachaux, éditions Delachaux et Niestlé.

Exemples de photographies obtenues avec les modèles SC950 au cours du stage :



2. Résultats de la phase d'expérimentation, 2016

Figure 1 Nombre de nuits de présence du Chevreuil *C.capreolus* par site

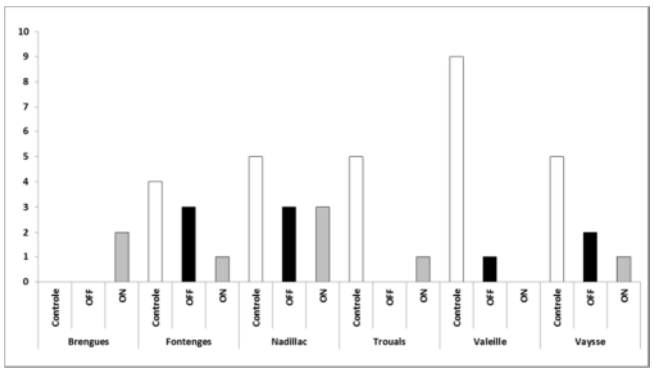
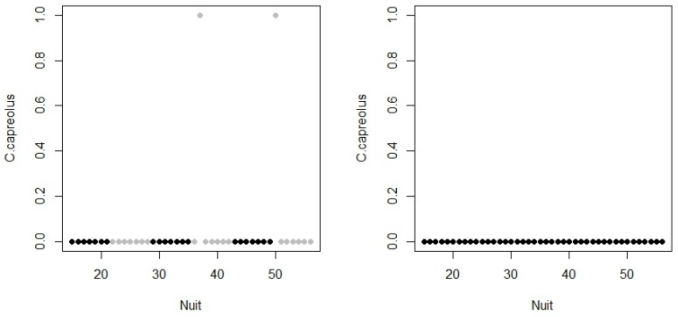


Tableau 1 Nombre de nuits de présence du Chevreuil *C.capreolus* par site

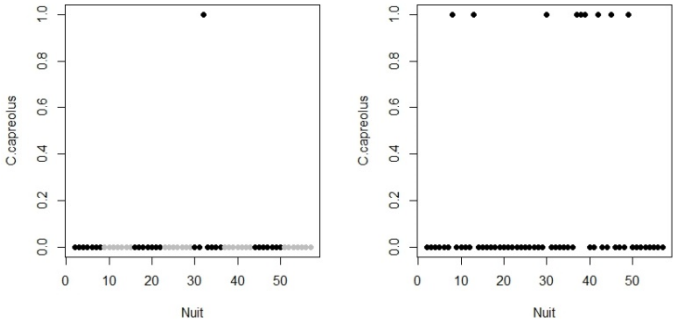
C.capreolus	Controle	OFF	ON
Brengues	0	0	4
Fontenges	4	4	1
Nadillac	5	3	4
Trouals	5	0	1
Valeille	9	1	0
Vaysse	5	2	1
Total	28	10	11

Détail site par site des nuits de présence (1) ou absence de *C.capreolus* sur les coulées traitées (à gauche) et témoins (à droite)

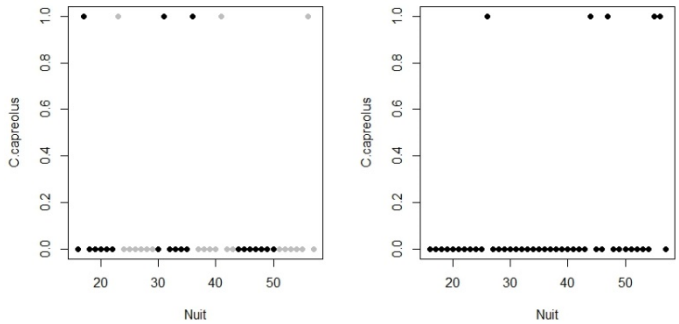
Brengues :



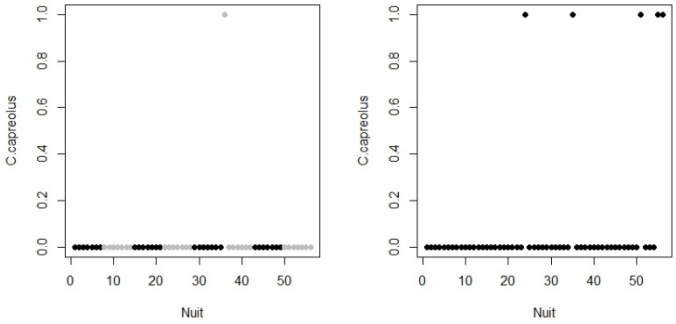
Fontenges :



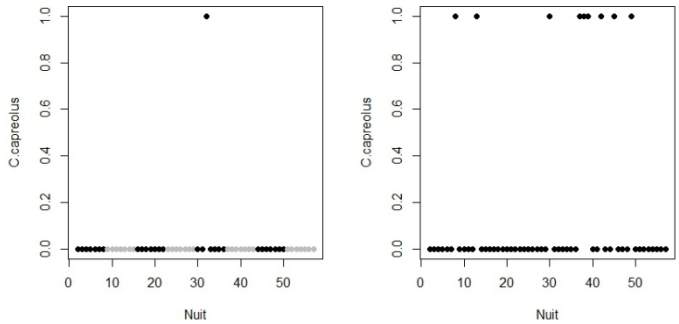
Nadillac :



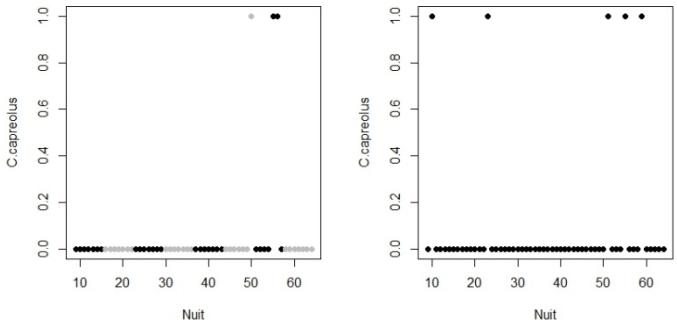
Les Trouals :



Valeille :



La Vaysse :



3. Exemples d'études intéressantes :

- « Contributions des GPS et du SIG pour l'étude du comportement animal : illustration avec l'étude de la dispersion natale du jeune chevreuil en agro-écosystème », Bruno Cargnelutti , Lucie Debeffe, Nicolas Morellet
- Thèse de Maryline PELLERIN : « Utilisation et sélection de l'habitat chez le chevreuil à différentes échelles spatio-temporelles » , 2005

Annexe 3 : Compléments de résultats sur le Sanglier, *S.scrofa*

1. Eléments et photographies de l’espèce

Ubiquiste, nocturne, actif toute l’année, avec un domaine vitale jusqu’à 5000 ha en milieu forestier et de 100 à 150 ha en milieu agricole. Groupe d’une chevrette et son (ses) jeune(s) de l’année voire groupes d'individus apparentés.

Sources :
https://inpn.mnhn.fr/espece/cd_nom/60981
Mammifères d’Europe, d’Afrique du Nord et du Moyen Orient, Guide Delachaux, éditions Delachaux et Niestlé.

Exemples de photographies obtenues avec les modèles SC950 au cours du stage :



2. Figures et tableaux complémentaires de la phase d'expérimentation, 2016

Figure 1 Nombre de nuits de présence du Sanglier, *S.scrofa* par site

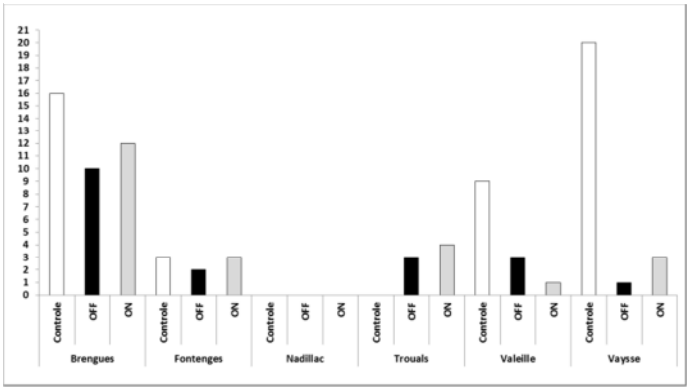
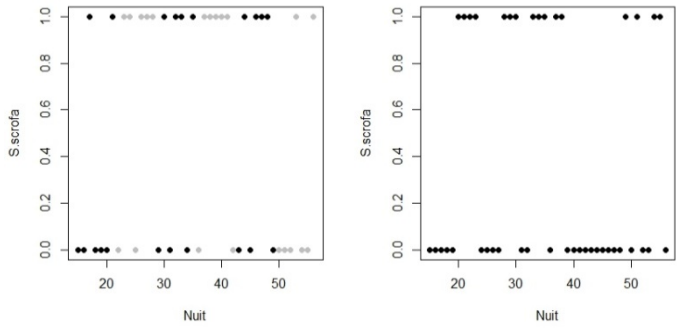


Tableau 1 Nombre de nuits de présence du Sanglier, *S.scrofa* par site

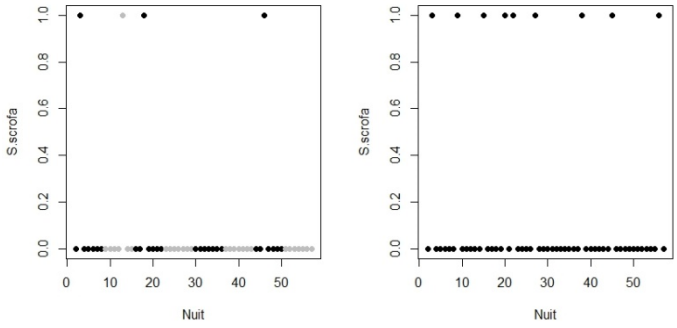
S.scrofa	Controle	OFF	ON
Brengues	16	10	12
Fontenges	3	2	3
Nadillac	0	0	0
Trouals	0	3	4
Valeille	9	3	1
Vaysse	20	1	3
Total	48	19	23

Détail site par site des nuits de présence (1) ou absence de *S.scrofa* sur les coulées traitées (à gauche) et témoins (à droite)

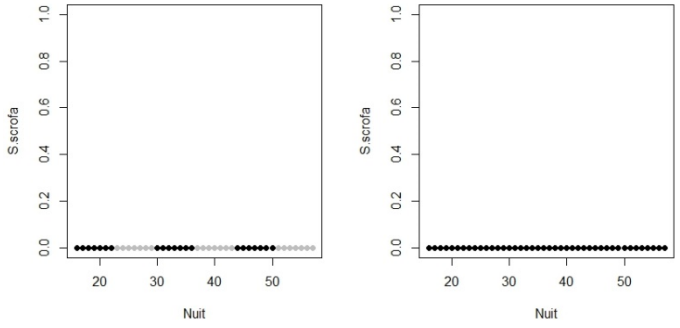
Brengues :



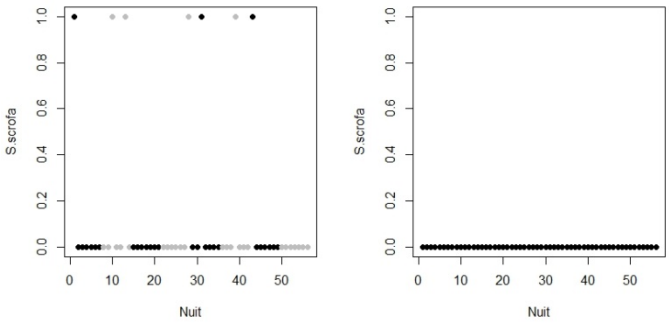
Fontenges :



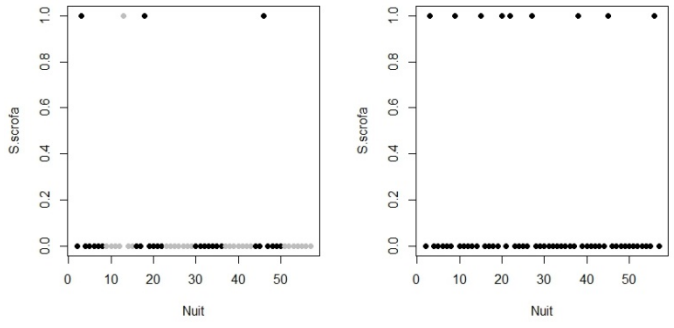
Nadillac :



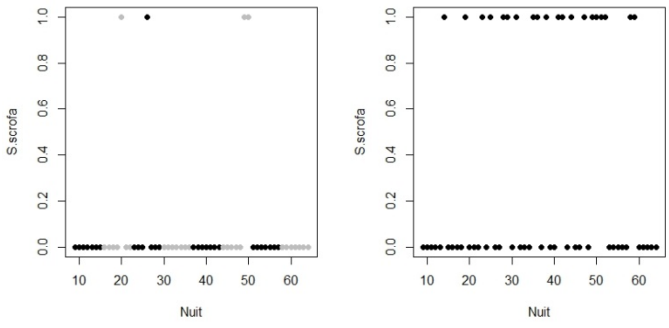
Les Trouals :



Valeille :



La Vaysse :



3. Exemples d'études intéressantes :

- L'outil SIG dans l'étude de l'occupation de l'espace par le sanglier, Office National de la Chasse et de la Faune Sauvage, http://www.esrifrance.fr/SIG2009/oncfssanglier.htm
- La télémétrie GPS : une approcheexpérimentalepour évaluer les contacts entre individus, INRA Corse, http://www.corte.inra.fr/lrde2/images/Actualites/Cornelis_Corse_telemetrie_cochons-sangliers.pdf

Annexe 4 : Compléments de résultats sur les petits Carnivores, *Carnivora sp.*

1. Résultats de la phase d'expérimentation sur Carnivora sp, 2016

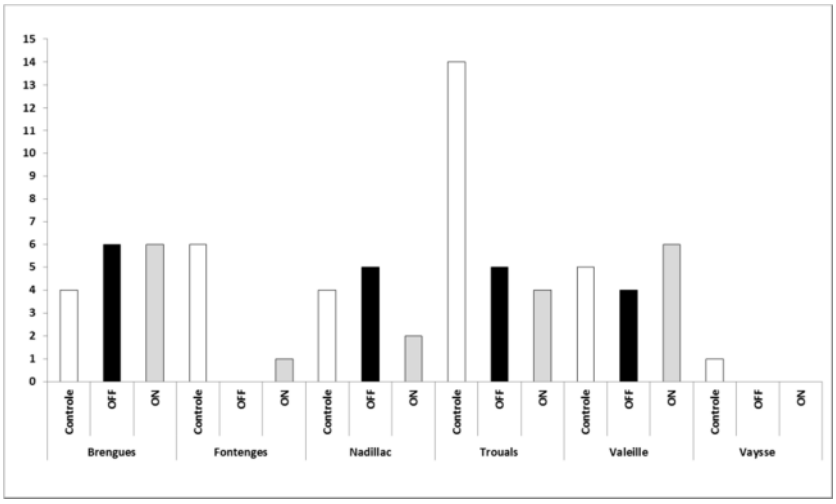
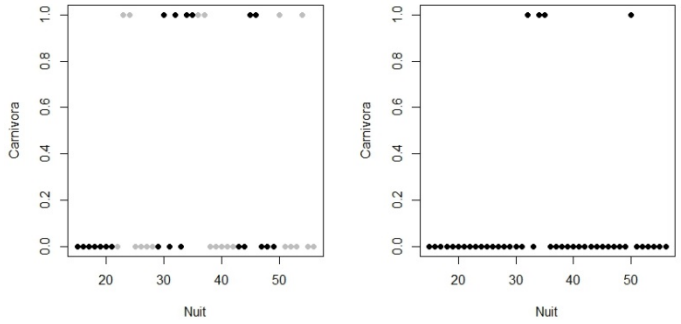


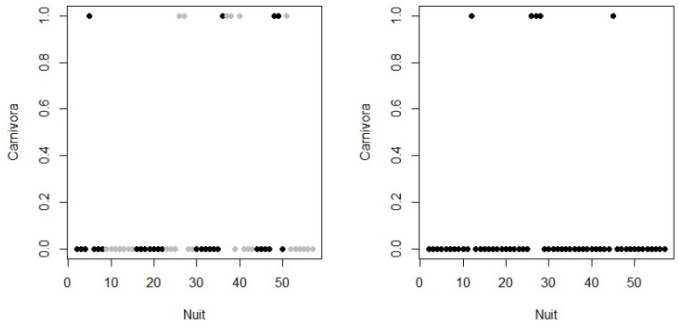
Figure 1 Nombre de nuits de présence des petits carnivores Carnivora sp. par site

Détail site par site des nuits de présence (1) ou absence de *Carnivora sp.* sur les coulées traitées (à gauche) et témoins (à droite)

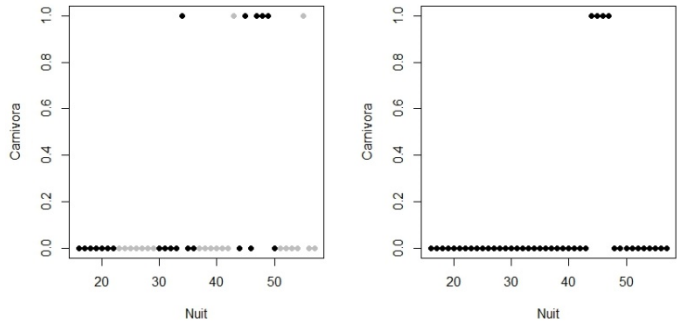
Brengues :



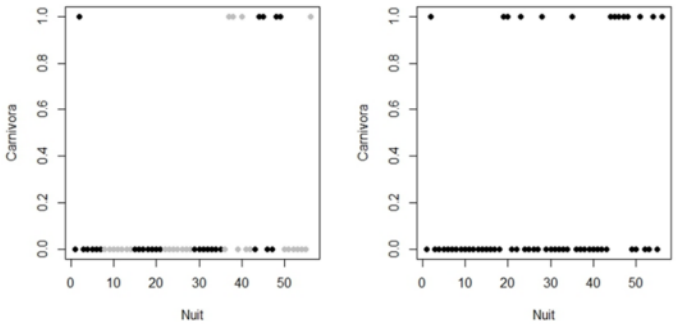
Fontenges :



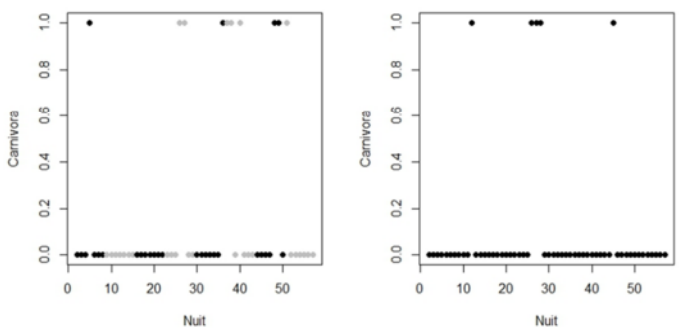
Nadillac :



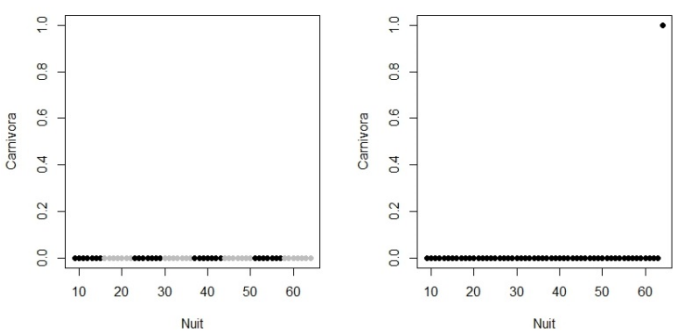
Les Trouals :



Valeille :



La Vaysse :



2. Zoom sur V.vulpes

2.a. Eléments sur l'espèce

Ubiquiste, crépusculaire et nocturne, actif toute l'année, avec un domaine vitale de 300 à 400 ha, mais qui peut chuter à 50 ha dans des milieux urbains. Densités les plus élevées en zones agricoles riches et variées de type bocage avec lisière entre milieux différents.

Sources :
https://inpn.mnhn.fr/espece/cd_nom/60585; http://www.oncfs.gouv.fr/IMG/pdf/Renard_roux_2007.pdf
Mammifères d'Europe, d'Afrique du Nord et du Moyen Orient, Guide Delachaux, éditions Delachaux et Niestlé.

Exemples de photographies obtenues avec les modèles SC950 au cours du stage :



2.b. Résultats de la phase d'expérimentation, 2016

Figure 2 Nombre de nuits de présence de Renard *V.vulpes* par site

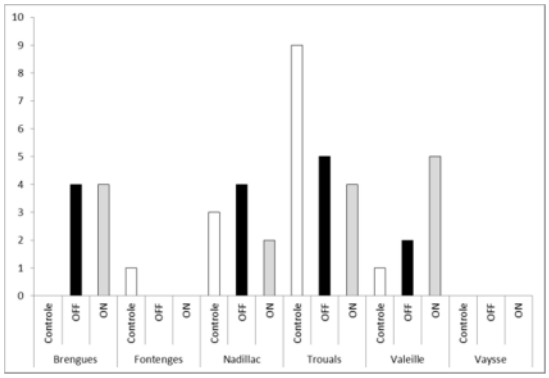


Tableau 1 Nombre de nuits de présence de Renard *V.vulpes* par site

V.vulpes	Controle	OFF	ON
Brengues	0	4	4
Fontenges	1	0	0
Nadillac	3	4	2
Trouals	9	5	4
Valeille	1	2	5
Vaysse	0	0	0
Total	14	15	15

2.c. Exemples d'études intéressantes :

- Fédération de chasse de Seine maritime, suivi par collier GPS de deux renards
  https://www.youtube.com/watch?v=b6c2OlcbRz8&feature=youtu.be

- Comparison of methods to detect rare and cryptic species: a case study using the red fox (*Vulpes vulpes*), 2008, S. J. Vine, M. S. Crowther, S. J. Lapidge, C. R. Dickman, N. Mooney, M. P. Piggot, A. W. English

3. Zoom sur *M.meles*

3.a. Eléments sur l'espèce

Ubiquiste, crépusculaire et nocturne, actif toute l'année, avec un domaine vital compris entre 50 et 200 ha. Vit en clans familiaux autour de terriers ou solitaire quand les ressources sont limitées. Habitat préférentiel : forêt de feuillus et mixtes, paysages en mosaïque avec des bois et prairies.

Sources :
https://inpn.mnhn.fr/espece/cd_nom/60636
Mammifères d'Europe, d'Afrique du Nord et du Moyen Orient, Guide Delachaux, éditions Delachaux et Niestlé.

Exemples de photographies obtenues avec les modèles SC950 au cours du stage :



3.b. Résultats de l'étude 2016

Figure 3 Nombre de nuits de présence de Blaireau *M.meles* par site

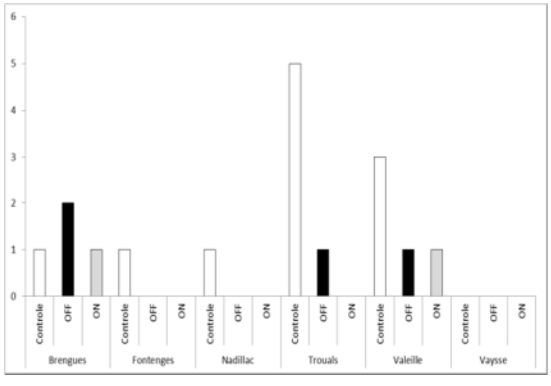


Tableau 2 Nombre de nuits de présence de Blaireau *M.meles* par site

M.meles	Controle	OFF	ON
Brengues	1	2	1
Fontenges	1	0	0
Nadillac	1	0	0
Trouals	5	1	0
Valeille	3	1	1
Vaysse	0	0	0
Total	11	4	2

4. Zoom sur les autres Mustélidés

4.a. Eléments sur l'espèce

Les autres Mustélidés contiennent essentiellement Fouine et Martre de pin. Crépusculaires et noctunres, domaines vitaux respectivement d'environ 80ha et de quelques dizaines à plusieurs centaines d'hectares suivant les conditions du milieu.

Sources :
https://inpn.mnhn.fr/espece/cd_nom/60674; http://ecologie.nature.free.fr/pages/mammiferes/fouine.htm
https://inpn.mnhn.fr/espece/cd_nom/60658; http://droitnature.free.fr/NouveauSite/telechargement/martre_vic.pdf

Exemples de photographies obtenues avec les modèles SC950 au cours du stage :



4.b. Résultats de l'étude 2016

Figure 4 Nombre de nuits de présence de Mustélidés (hors Blaireau) par site

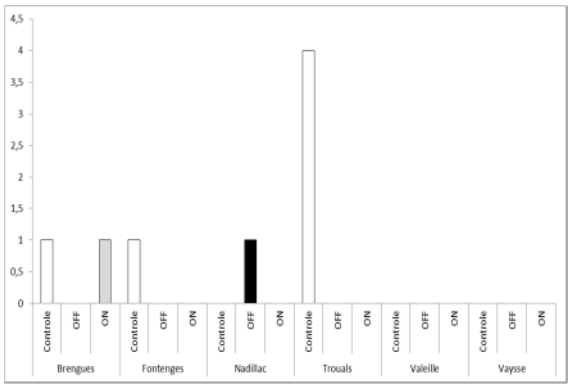


Tableau 3 Nombre de nuits de présence de Mustélidés (hors Blaireau) par site

Mustelides	Controle	OFF	ON
Brengues	1	0	1
Fontenges	1	0	0
Nadillac	0	1	0
Trouals	4	0	0
Valeille	0	0	0
Vaysse	0	0	0
Total	6	1	1

4.c. Exemples d'études intéressantes :

- Thèse de J.Larroque, 2015 : Where to sleep in a rural landscape? A comparative study of resting sites pattern in two syntopic Martes species

Fiche technique 1 : Pièges photographiques

Principales caractéristiques des pièges photographiques du PNRCQ :

Caractéristiques	Reconyx Hyperfire SC950	Reconyx Ultrafire XR6
Flash (Aucune luminosité de nuit, système no glow)	LEDS invisibles de nuit	LEDS invisibles de nuit
Portée de détection annoncée par la marque :	15m	15m
Temps de réaction	0,2s	Moins de 1 seconde
Mode Rafale	Mode multi-photos (deux photos à la seconde)	Mode rafale très rapide, jusqu'à 10 photos
Résolution	1080P Full HD ou 3.1 MP	Résolution Photo: Jusqu'à 8MP Vidéo HD 720p 30 ou 60 images secondes Video HD 1080p 30 images par secondes
Programmation	Plages horaires de fonctionnement	Aucune
Objectif	3.1 ou 1080 pixel - Ultra Haute définition	4,5 et 8 MP - équipé de deux objectifs ultra HD, jour/nuit
Consommation des batteries	Très faible: 40000 photos avec 12 piles AA Lithium	20000 photos avec piles lithium
Enregistrement des photos	carte SD jusqu'à 32 GO	carte SD jusqu'à 32 GO
Délai minimum de reprise entre chaque photo ou vidéo :	0s	0s

Les appareils sont réglés selon les modalités suivantes :

- Sensibilité : Med/High (détection du mouvement privilégiée sur la détection des variations thermiques
- QuietPeriod : NoDelay (aucun temps de pause entre deux détection de mouvement)
- Photos par déclenchement : 3 photos prises à chaque détection de mouvement
- Intervalle : RapidFire (mode rafale, aucun temps de pause entre deux photos)
- Plage horaire programmée : 18h – 8h

Chaque piège est sécurisé sur le terrain par un cadenas haute sécurité, un câble Python autobloquant camouflé et un caisson antivol antichoc spécifique au modèle. Chaque piège est alimenté par 12 piles Lithium Energizer Advanced AA (LR6) et les clichés sont stockés sur une carte SD 16Go. Le réglage précis des appareils est décrit dans le tableau X.

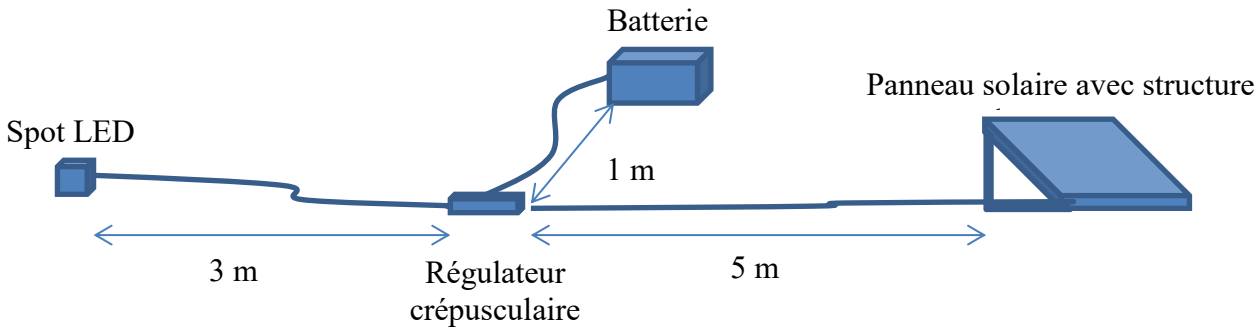
Le code des appareils photos et des vidéos est le suivant : 8701.

Fiche technique 2 : Montage kit lumière

Un « kit » est composé de :

- 1 Panneau solaire rigide monocristallin 50W (630x541x30 mm)
- 1 support pour le panneau (Structure de montage sol / mural (600mm))
- 1 Régulateur solaire PWM 12/24V-30A LCD + USB
- 1 Batterie au lithium 12V-20Ah avec BMS
- 1 Projecteur LED 12/24V - 12W étanche
- Des câbles électriques pour relier les différents éléments
- Chaine et cadenas antivol

Schéma de montage :



Ordre de branchement :

Toujours fil rouge avec borne +, fil noir avec borne -.

Au niveau du régulateur : dévisser la vis correspondant à la borne que l'on souhaite brancher, cela fait descendre la cale. Enfoncer le fil dénudé puis revisser. Vérifier que le fil est bien emprisonné dans le boitier.

1 ère étape : branchement batterie régulateur

2 ème étape : branchement spot régulateur

3 ème étape : branchement panneau régulateur

⚠ Le panneau doit TOUJOURS être branché en dernier

Programmation du régulateur :

Appuyer longtemps sur  jusqu'à que 4 batteries apparaissent en bas à droite de l'écran.

Appuyer une fois sur  pour sélectionner Li.

Appuyer sur  .

Le chiffre 14,4 V apparait sur l'écran. Le remplacer par 14,6 V en utilisant la touche  puis appuyer sur  .

Le chiffre 12,6 V apparait sur l'écran. Le remplacer par 10,5 V en utilisant la touche  puis appuyer sur  .

Le chiffre 11 V apparait sur l'écran. Le remplacer par 10 V en utilisant la touche  puis appuyer sur  .

Appuyer longtemps sur la touche  .

Programmation du mode

Appuyer 9 fois sur la touche  jusqu'à voir sur l'écran le chiffre avec uniquement le symbole ampoule (juste après l'indication de la température).

Appuyer longuement sur  jusqu'au clignotement du chiffre. Modifier la valeur en fonction du programme souhaité (cf ci-dessous) à l'aide de la touche  . Puis appuyer longuement sur la touche  pour arrêter le clignotement.

Programmes disponibles :

LCD display	Mode	Caractéristiques
0	Crépusculaire pure	L'éclairage se déclenche 10 minutes après le crépuscule et s'éteint une minute après l'aube.
1 à 14	Crépusculaire + contrôle de la durée d'éclairage	L'éclairage se déclenche 10 minutes après le crépuscule et s'éteint au bout de la durée (en heures) représentée par le chiffre.
15	Mode manuel	La lumière s'allume grâce à la touche  qui sert d'interrupteur.
16		
17	Eclairage constant	La lumière est allumée en permanence.

Fiche technique 3 : Pose du matériel lumineux sur site

Le kit doit être pré-monté avant d'aller sur le terrain comme indiqué dans la fiche technique n°2 : « Montage d'un kit lumineux ». Le panneau peut être séparé de l'assemblage régulateur – batterie en détachant au niveau des connecteurs MC4.

⚠ Avant d'aller sur le terrain, prévoir une trousse d'outils contenant :

- Un tournevis cruciforme
- Du scotch isolant noir
- De la ficelle
- Des gants
- Des sacs plastiques noirs type sacs poubelle
- Des ciseaux ou cutter
- Un sécateur

Une fois sur le site d'étude, placer l'ensemble « régulateur – batterie » au pied de l'arbre le plus proche possible de la lisière. 3 m de câble sont disponible entre le spot lumineux et le régulateur pour positionner l'éclairage.

Emboiter les connecteurs MC4 du panneau avec les connecteurs des câbles reliés au régulateur. Eloigner le panneau solaire du régulateur de manière à le positionner en milieu ouvert. Idéalement, le panneau solaire doit être positionné plein Sud. Le panneau peut être éloigné de 5 m du régulateur.

Passer la chaîne de sécurité dans l'anse collée sur la batterie, le régulateur et le panneau solaire et fermer les deux extrémités de la chaîne à l'aide du cadenas.

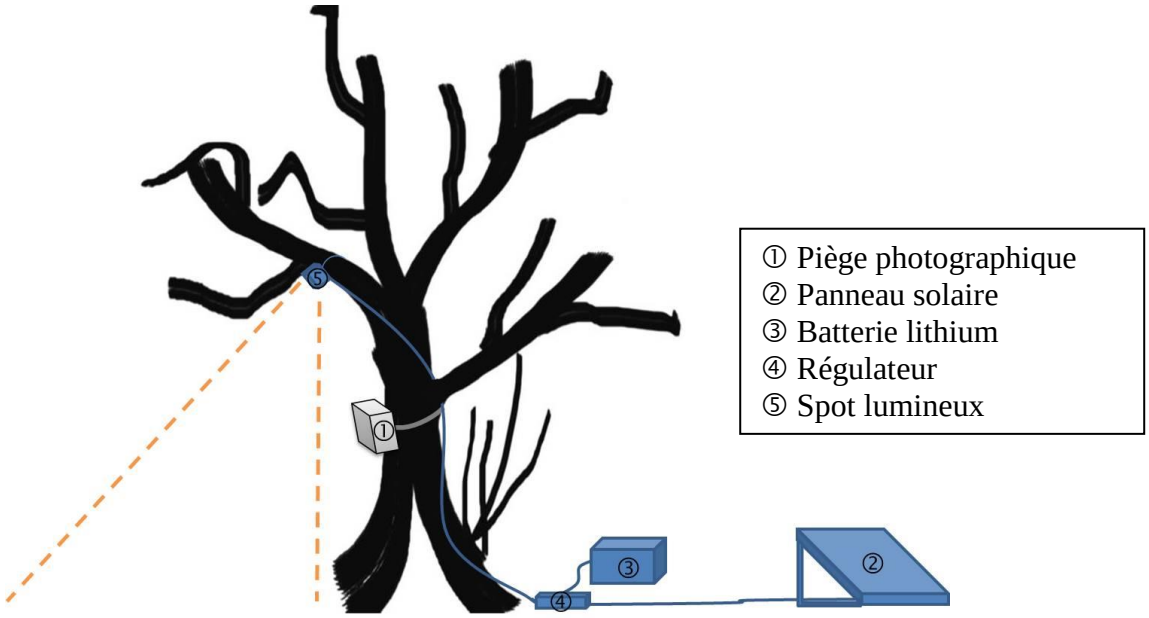
Attacher le spot lumineux à l'aide de la ficelle en le dirigeant de manière à illuminer la coulée étudiée.

En étant sur le programme n°15 du régulateur, vérifier que le spot s'allume en appuyant sur la touche  .

Mettre le programme choisi sur le programmateur (cf Programmation du mode de la fiche technique n°2 : « Montage d'un kit lumineux »).

Recouvrir la batterie et le régulateur d'un sac plastique afin de le protéger des intempéries. Dissimuler les éléments visibles (hors panneau et spot) selon l'habitat : feuille morte, boue, herbe, branchages, etc.

Schéma d'exemple de posee :



Elaboration d'un protocole d'étude de l'impact de l'éclairage artificiel sur les déplacements des mammifères terrestres nocturnes

Muriel Drouglazet, Parc Naturel Régional des Causses du Quercy, France.

En 2016, le Parc naturel régional des Causses du Quercy lance sa première étude sur l'impact de l'éclairage artificiel sur les déplacements des mammifères nocturnes. Ce projet s'inscrit dans une démarche d'amélioration des connaissances sur la lumière artificielle en tant que perturbation de l'environnement nocturne. Bien qu'il s'agisse d'un domaine d'étude en pleine expansion, les mammifères terrestres nocturnes demeurent à ce jour parmi les taxons les moins étudiés. L'objectif de cette étude consiste en l'élaboration et l'expérimentation d'un protocole *in-situ* afin de proposer des perspectives méthodologiques permettant d'étudier la lumière en tant que perturbation éventuelle au déplacement des mammifères terrestres nocturnes. A l'aide des pièges photographiques et d'une expérimentation *in-situ* entre mai et juillet 2016, les premiers résultats de cette étude tendent à indiquer que l'éclairage artificiel impacterait négativement les Chevreuils et positivement les Sangliers. En revanche, les petits carnivores tels que le Renard, la Genette, le Blaireau ou d'autres petits Mustélidés ne montrent pas de réponse à la perturbation lumineuse. Il convient toutefois d'interpréter ces résultats avec précaution, l'étude devant à présent être optimisée et réitérée à une échelle spatio-temporelle plus grande.

Mots clés : pollution lumineuse, éclairage artificiel, piège photographique, mammifères

In 2016, the « Causses du Quercy » regional natural Park, France, initiates a study to investigate the impacts of artificial lighting on the travels of nocturnal terrestrial mammals. This project aims to improve the current knowledge of artificial light as a disturbance to the night-time environment. Although a fast growing field of study, the night-ground mammals remain among the least studied. This study consists of an elaboration and experimentation of a scientific protocol to highlight methodological perspectives for further consideration. Using camera trapping to perform the first *in situ* experiment, results tend to indicate that artificial lighting would have a negative impact on Roe deers but a positive one on the Wild boars. Small carnivores such as Fox, Genette, Badger or other small Weasels do not react to light disturbances. However these results should be interpreted with caution, as the study needs to be optimized and repeated at a larger spatiotemporal scale.

Keywords : light pollution, experimental lighting, camera trapping, night ground mammals

Cette étude a été menée en partenariat avec l'**INRA de Toulouse,** notamment le **laboratoire Comportement et Ecologie de la Faune Sauvage,** et **le Muséum National d'Histoire Naturelle de Paris.**

Une aide précieuse a été apportée par les agents techniques locaux de l'**ONCFS**, de la **Fédération Départementale des chasseurs du Lot** et du **Département du Lot** (Espaces Naturels Sensibles).

Ce projet a été cofinancé dans le cadre du **Contrat Restauration de la Biodiversité** signé par la **région Midi-Pyrénées**, par les structures suivantes **:**

Parc naturel régional des Causses du Quercy
11 rue Traversière - BP10 - 46240 Labastide-Murat
Tél : 05.65.24.20.50 - Fax : 05.65.24.20.59
E-mail : contact@parc-causses-du-quercy.org
www.parc-causses-du-quercy.fr