



HAL
open science

Les aménagements cynégétiques destinés à la perdrix rouge (*Alectoris rufa* L.) : suivi de l'utilisation des abreuvoirs à l'aide d'appareils photographiques automatiques

Luc Fruitet

► **To cite this version:**

Luc Fruitet. Les aménagements cynégétiques destinés à la perdrix rouge (*Alectoris rufa* L.) : suivi de l'utilisation des abreuvoirs à l'aide d'appareils photographiques automatiques. Sciences de l'environnement. 2016. hal-01473679

HAL Id: hal-01473679

<https://ephe.hal.science/hal-01473679>

Submitted on 22 Feb 2017

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



École Pratique
des Hautes Études



MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
ÉCOLE PRATIQUE DES HAUTES ÉTUDES
Sciences de la Vie et de la Terre

MÉMOIRE
présenté
par

Luc FRUITET

pour l'obtention du Diplôme de l'École Pratique des Hautes Études

Les aménagements cynégétiques destinés à la perdrix rouge
(*Alectoris rufa* L.) :
suivi de l'utilisation des abreuvoirs à l'aide d'appareils
photographiques automatiques

soutenu le 12 décembre 2016 devant le jury suivant :

M Bruno DELESALLE – Président

Mme Françoise PONCE-BOUTIN – Tuteur scientifique

M Aurélien BESNARD - Tuteur pédagogique

M Jocelyn CHAMPAGNON – Rapporteur

M Guillaume ROUSSET – Examineur

Mémoire préparé sous la direction de :

Mme Françoise PONCE-BOUTIN

Office National de la Chasse et de la Faune Sauvage Direction de la Recherche et de
l'Expertise, Unité Faune de Plaine

Directeur : Guillaume ROUSSET

et de

M Aurélien BESNARD

Laboratoire Biogéographie et Ecologie des Vertébrés, EPHE Sciences de la Vie et de la Terre

Directeur : Claude MIAUD



École Pratique
des Hautes Études



MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
ÉCOLE PRATIQUE DES HAUTES ÉTUDES
Sciences de la Vie et de la Terre

MÉMOIRE
présenté
par

Luc FRUITET

pour l'obtention du Diplôme de l'École Pratique des Hautes Études

Les aménagements cynégétiques destinés à la perdrix rouge
(*Alectoris rufa* L.) :
suivi de l'utilisation des abreuvoirs à l'aide d'appareils
photographiques automatiques

soutenu le 12 décembre 2016 devant le jury suivant :

M Bruno DELESALLE – Président

Mme Françoise PONCE-BOUTIN – Tuteur scientifique

M Aurélien BESNARD - Tuteur pédagogique

M Jocelyn CHAMPAGNON – Rapporteur

M Guillaume ROUSSET – Examineur

Mémoire préparé sous la direction de :

Mme Françoise PONCE-BOUTIN

Office National de la Chasse et de la Faune Sauvage Direction de la Recherche et de
l'Expertise, Unité Faune de Plaine

Directeur : Guillaume ROUSSET

et de

M Aurélien BESNARD

Laboratoire Biogéographie et Ecologie des Vertébrés, EPHE Sciences de la Vie et de la Terre

Directeur : Claude MIAUD

Table des matières

- Remerciements	
- Liste des abréviations	
- Liste des figures	
- Liste des tableaux	
- Préambule	Page 1
- Introduction générale	Page 3
- Chapitre I° la Perdrix rouge, les relations avec son environnement et les aménagements qui lui sont destinés	Page 8
I°1 La perdrix rouge (fiche d'identification)	
I.1.1 Systématique	Page 8
I.1.2 Répartition	Page 8
I.1.3 Description générale	Page 9
I.1.4 Comportement	Page 9
I.1.5 Rythme d'activité	Page 10
I.1.6 Reproduction	Page 11
I.1.7 Alimentation	Page 12
I.1.8 Utilisation de l'eau	Page 13
I.1.9 Pathologie	Page 13
I.1.10 Utilisation de l'habitat	Page 14
I.1.11 La prédation	Page 17
I.1.12 Statut	Page 19
I.1.13 Chasse	Page 20
I°2 Les pratiques agricoles et leur impact sur les perdrix	Page 20
I°3 Prescriptions de gestion de l'environnement en faveur de la perdrix rouge	
I.3.1 L'aménagement des milieux naturels et agricoles	Page 22
I.3.2 La prédation et les modalités de sa limitation	Page 25
I.3.3 La ressource alimentaire et l'agrainage	Page 27
I.3.4 La ressource en eau et les abreuvoirs	Page 29
- Chapitre II° La problématique (les différentes questions de l'étude)	
II° 1 Utilisation des abreuvoirs par la perdrix rouge	Page 31
II.1.1 Patron temporel	Page 31
II.1.2 Patron spatial	Page 32
II° 2 Estimation de la survie de perdrix rouges issues de lâcher	Page 33
II° 3 Utilisation des abreuvoirs par les autres espèces	Page 37

-	Chapitre III°: Matériel et méthode	
	III° 1 Le site d'étude	Page 38
	III° 2 Le dispositif appareils photographiques et abreuvoirs couplés	Page 42
	III° 3 Les données climatiques	Page 43
	III° 4 Les oiseaux marqués	Page 44
	III° 5 Les données photographiques	Page 46
	III° 6 Evaluation du couvert végétal à proximité des abreuvoirs	Page 47
-	Chapitre IV° : Utilisation des abreuvoirs par la perdrix rouge	
	IV° 1 Analyses statistiques	Page 52
	IV° 2 Le patron temporel	
	IV.2.1 Résultats	Page 54
	IV.2.2 Discussion	Page 61
	IV° 3 Le patron spatial	
	IV.3.1 Résultats	Page 64
	IV.3.2 Discussion	Page 67
-	Chapitre V°: Calcul de la survie de perdrix rouges issues de lâcher	
	V° 1 Analyses statistiques	Page 69
	V° 2 Résultats	Page 69
	V° 3 Discussion	Page 72
-	Chapitre VI°: Utilisation des abreuvoirs par les autres espèces	
	VI° 1 Résultats	Page 76
	VI° 2 Discussion	Page 78
-	Discussion générale	Page 80
-	Références bibliographiques	Page 83
-	Annexes	
-	Résumé	

REMERCIEMENTS

Le suivi de ce diplôme EPHE aura été une aventure riche intellectuellement et humainement. La préparation de ce diplôme a débuté au cours de l'automne 2011 et mon souhait était d'améliorer mes connaissances afin de pouvoir apporter le meilleur dans mes nouvelles fonctions de technicien de la Direction des Etudes et de la Recherche de l'ONCFS, que je venais de rejoindre au début du mois de mars 2011. Après huit années passées comme garde national de la chasse à l'ONC, puis agent technique de l'Environnement en service départemental à l'ONCFS, j'étais devenu technicien au sein du Parc National des Cévennes où j'ai exercé les fonctions de chef de secteur pendant près de quatre ans. Maintenant je changeais à nouveau de métier. Pour moi, qui dit changement de métier dit obligatoirement formation et je remercie tout d'abord ma Cheffe d'équipe Françoise PONCE-BOUTIN de m'avoir accompagné au cours de cette aventure et depuis le début. Je remercie également François REITZ, mon chef d'unité, de m'avoir permis de réaliser cette formation et de m'avoir soutenu jusqu'à la relecture de ce document. Je remercie bien évidemment l'ONCFS, et donc son Directeur Monsieur Jean Pierre POLY, qui a financé mon cursus et m'a donné les moyens nécessaires à la réalisation des études faisant l'objet de ce mémoire. A travers ce remerciement je n'oublie pas les personnels de la DRH qui ont assuré le suivi administratif de mon dossier. Je remercie aussi le Directeur des Etudes et de la Recherche Pierre MIGOT, mais aussi le nouveau Directeur de la Recherche et de l'Expertise Guillaume ROUSSET qui porte un intérêt fort à mon travail en ayant accepté de faire partie de mon jury de soutenance.

Un mémoire EPHE c'est aussi une équipe pédagogique et c'est Aurélien BESNARD qui aura tenu ce rôle si important de tuteur pédagogique et je l'en remercie profondément, j'ai appris énormément de choses à son contact, tant en travaillant mon sujet de recherche qu'au cours des semaines de formation pendant lesquelles il est intervenu. A ce titre je remercie également Monsieur Roger PRODON qui a fait partie du jury ayant accepté de m'accueillir dans cette formation et je remercie également l'ensemble de l'équipe pédagogique de l'EPHE pour tous les enseignements de qualité qu'ils ont pu me faire partager.

Le projet de recherche, support de ce mémoire, s'est déroulé sur le domaine de Ceyrac et c'est grâce à la confiance qu'ont pu m'accorder Monsieur Michel RUAS ainsi que Madame Marie-Claude BERJAMIN son épouse. Michel est un véritable passionné de la perdrix rouge, ainsi un de ses amis a dit de lui un jour que la perdrix rouge était sa « danseuse ». J'ai gardé en mémoire cette image qui est sans doute vraie quand on connaît l'énergie et les moyens qu'il peut dépenser à essayer de sauvegarder cet oiseau. C'est certainement le plus grand passionné de perdrix rouge que je connaisse. Je remercie aussi l'ensemble du personnel du domaine de Ceyrac qui m'a permis de me sentir comme à la maison sur ce territoire et m'a aidé à réaliser les manips de terrain. Je pense surtout à Jean Luc, Denis et Laura.

Je remercie également mes collègues Nicolas et Jérôme pour tout l'appui qu'ils ont pu m'apporter à la poursuite de ce diplôme. Je les aurai vraiment pressés dans tous les sens mais cela aura toujours été accueilli avec bienveillance de leur part.

Je remercie également les stagiaires qui ont participé à ce projet et notamment Fanny, Florent, Jean et Laura qui aura beaucoup participé à la création de l'outil de saisie qui nous aura fait gagner un temps précieux.

Je remercie à ce titre Nicolas GASCO qui m'aura permis d'adapter un outil efficace qu'il a développé pour réaliser une saisie impeccable des innombrables données recueillies.

Je remercie Sandrine NAVARRE et son compagnon Xavier RUFRAY, ornithologue hors pair, qui entre deux voyages en Chine aura pris le temps de m'aider à identifier toutes ces espèces prises à contre jour, tous ces oiseaux en plumage juvénile, mouillés, de nuit, ce qui a permis de reconnaître avec certitude la quasi-totalité des centaines de milliers d'images exploitées.

Je remercie également l'ensemble de mes collègues qui ont participé de près ou de loin à cette aventure, je pense à Guillaume SOUCHAY, à Jean BERNARD, mais aussi et surtout à Guillaume AMOUROUX sans l'investissement duquel je ne serai pas arrivé au bout de ce travail titanesque de saisie et de recherche. Je pense également à tous les collègues de ma communauté de travail.

Enfin et parce que c'est le plus important je remercie mon épouse Nathalie de tout les encouragements et de tous les sacrifices qu'elle a réalisés pour me permettre d'être où je suis aujourd'hui. Maintenant à mon tour. Je pense également à mes enfants Camille, Lilian et Lucile qui auront été mes moteurs autant que ma passion.

Je ne peux terminer sans remercier les autres membres de mon jury, le Président Monsieur Bruno DELESALLE qui a bien voulu accepter de s'intéresser à mon sujet d'étude, ainsi que le rapporteur de ce mémoire Monsieur Jocelyn CHAMPAGNON. Tous deux sont des spécialistes des milieux aquatiques, l'un des milieux marins, l'autre des oiseaux d'eau, je les emmène en garrigue et en plaine faire cette balade de fin de diplôme.

MERCI !

Liste des abréviations

DRE : Direction de la Recherche et de l'Expertise

ONCFS : Office National de la Chasse et de la Faune Sauvage

EPHE : Ecole Pratique des Hautes Etudes

CMR : Capture-Marquage-Recapture

UICN : Union Internationale pour la Conservation de la Nature

WPA : World Pheasant Association

MNHN : Muséum National d'Histoire Naturelle

ACP : Analyse en Composante Principale

AFPF : L'Association Française pour la Production Fourragère

FDC : Fédération Départementale des Chasseurs

Liste des figures

Figure 1 : adulte (à gauche) et jeunes perdrix rouges (*Alectoris rufa*, L.) sauvages (étude sur l'utilisation des abreuvoirs par la perdrix rouge : Pompignan (30) 2014) (Luc FRUITET 12 août 2013) -----Page 2

Figure 2 : les facteurs de l'environnement influençant la dynamique d'une population d'une espèce de petit gibier et principes d'action pouvant être mis en œuvre pour sa gestion. (Extrait de Bro, 2007, d'après le concept « population-environnement » décrit par Barbault (2000))-----Page 7

Figure 3 : répartition des 7 espèces du genre *Alectoris* (Source : http://www.wikiwand.com/es/Alectoris_rufa)-----Page 8

Figure 4: évolution du plumage de la perdrix rouge de la naissance à l'âge adulte (photos Luc FRUITET) -----Page 10

Figure 5 : pourcentage de survie en fonction du temps, en mois après le lâcher, de perdrix rouges issues d'élevages (16 études) -----Page 34

Figure 6 : localisation du domaine de Ceyrac sur lequel a été réalisée l'étude de l'utilisation des abreuvoirs destinés à la perdrix rouge du 28 juin 2012 au 14 novembre 2014 -----Page 38

Figure 7 : grands types d'habitats présents sur le domaine de Ceyrac, sur lequel a été menée l'étude d'utilisation des abreuvoirs destinés à la perdrix rouge, selon la typologie CORINE Land-Cover (planches photographiques Luc FRUITET) -----Page 39

Figure 8: catégories d'habitats présents sur le domaine de Ceyrac selon la typologie CORINE Land-Cover, avec les données OCSOL 1999-2006^{cc} SIG L-R. Etude de l'utilisation des abreuvoirs destinés à la perdrix rouge sur le domaine de Ceyrac 2012-2014 (réalisation Luc FRUITET et Guillaume AMOUROUX) -----Page 40

Figure 9 : dispositif de suivi des abreuvoirs destinés à la perdrix rouge sur le domaine de Ceyrac ; à droite appareil photo sur sa fixation dans son boîtier sécurisé. (Photo Luc FRUITET) -----Page 43

Figure 10: Comparaison des données de températures moyennes mensuelles en °C sur la commune de Conqueyrac relevées pendant la durée de l'étude, par rapport aux données moyennes de la station de Nîmes (Source Météo France)-----Page 43

Figure 11 : comparaison des données de précipitation moyennes mensuelles en mm sur la commune de Conqueyrac relevées pendant la durée de l'étude, par rapport aux données moyennes de la station de Nîmes (Source Météo France)-----Page 44

Figure 12 : type de cage de pré lâcher utilisée au cours de l'étude sur l'utilisation des abreuvoirs destinés à la perdrix rouge sur le domaine de Ceyrac au cours des mois de septembre à décembre 2012 (Photo Luc FRUITET) -----Page 45

Figure 13 : code couleur utilisé pour les bagues destinées au marquage des perdrix rouges lâchées en 2012, afin d'estimer la survie par la méthode de capture-marquage-recapture sur le domaine de Ceyrac -----Page 45

Figure 14: exemple d'image d'un individu de perdrix rouge marqué en vue de l'analyse de la survie en capture marquage recapture sur le domaine de Ceyrac (image Luc FRUITET 1/5/2013) ----- Page 46

Figure 15 : capture d'écran du logiciel de saisie développé afin de traiter les images récoltées grâce aux appareils photographiques automatiques, pour l'étude de l'utilisation des abreuvoirs destinés à la perdrix et l'estimation de la survie des perdrix rouge issues de lâcher sur le domaine de Ceyrac de 2012 à 2014 -----Page 47

Figure 16 : lecture de la mire d'obscurité horizontale positionnée sur le point d'eau, pour décrire la structure de la végétation présente autour de l'abreuvoir. Etude de l'utilisation des abreuvoirs destinés à la perdrix rouge sur le domaine de Ceyrac 2012-2014 (Photo Luc FRUITET) -----Page 48

Figure 17 : mesure de l'obscurité verticale pour décrire la structure de la végétation présente autour de l'abreuvoir. Etude de l'utilisation des abreuvoirs destinés à la perdrix rouge sur le domaine de Ceyrac 2012-2014 (Photos Luc FRUITET) -----Page 48

Figure 18: exemple de transect de mesure vers un des points cardinaux (l'est), utilisé pour décrire la structure de la végétation présente autour de l'abreuvoir. Etude de l'utilisation des abreuvoirs destinés à la perdrix rouge sur le domaine de Ceyrac 2012-2014-----Page 49

Figure 19 : principe de mesure de la densité du couvert, pour décrire la structure de la végétation présente autour de l'abreuvoir. Etude de l'utilisation des abreuvoirs destinés à la perdrix rouge sur le domaine de Ceyrac 2012-2014 (Photo Luc FRUITET) -----Page 50

Figure 20 : ACP sur l'axe 1 et 2 des données d'habitat utilisées pour décrire la position des abreuvoirs dans le cadre de l'étude sur l'utilisation des abreuvoirs destinés à la perdrix rouge sur le domaine de Ceyrac -----Page 53

Figure 21 : individus de perdrix rouges lâchés (n=1341) et sauvages (n=1374) apparaissant sur les photographies par mois, sur le domaine de Ceyrac dans le cadre de l'étude sur de l'utilisation des abreuvoirs destinés à la perdrix rouge -----Page 55

Figure 22 : modélisation de la relation entre la température maximale quotidienne et le nombre d'individus de perdrix rouges sauvages apparaissant sur les photographies par jour, prédite pour toutes les périodes (Ic à 95%) -----Page 57

Figure 23 : distribution du cumul du nombre d'individus de perdrix rouge sauvages apparaissant sur les photographies en fonction de la période, utilisant les abreuvoirs en fonction de l'heure de la journée, (été : du 1^{er} juin au 30 septembre, hors été : le reste de l'année) -----Page 58

Figure 24: distribution du cumul du nombre d'individus de perdrix rouges lâchées apparaissant sur les photographies (n=1145) et du nombre d'individus de perdrix rouge sauvages (n=351) sur le domaine de Ceyrac du 1er juin 2012 au 10 novembre 2014 hors des mois de juin, juillet, août et septembre, en fonction de l'heure de la journée -----Page 59

Figure 25: pourcentage d'individus de perdrix rouge apparaissant sur les photographies par tranche horaire dans la journée en fonction de leur origine et de la période. -----Page 61

Figure 26: nombre total d'individus de perdrix rouges (n=4240), sauvages (n=1371) ou lâchées (n=1372) apparaissant sur les photographies en fonction des abreuvoirs ----Page 64

Figure 27: boxplot représentant le nombre total d'individus de perdrix rouges sauvages apparaissant sur les photographies en fonction du type d'habitat au sein duquel il est positionné pour toutes les périodes -----Page 65

Figure 28: modélisation de la relation entre C1 (le pourcentage de couvert dans un rayon de 2,50m de l'abreuvoir) et le nombre total d'individus de perdrix rouges sauvages apparaissant sur les photographies pour toutes les périodes (Ic à 95%) -----Page 66

Figure 29: modélisation de la relation entre OVH1 (moyenne Obscurité Verticale Haute mesurée à 2,5m de l'abreuvoir) et le nombre total d'individus de perdrix rouges sauvages apparaissant sur les photographies pour toutes les périodes (Ic à 95%) -----Page 66

Figure 30: survie hebdomadaire des perdrix rouges de l'étude en fonction du site de lâcher ; G1 perdrix rouges bénéficiant de la protection de la vigne/enclos sur leur point de lâcher; G2 perdrix rouges lâchées à l'extérieur de cet aménagement -----Page 72

Figure 31: couple de perdrix rouges (*Alectoris rufa*, L.) dont l'un des adultes est marqué (en haut à gauche et en haut à droite) accompagné de deux jeunes (en bas à gauche et au milieu) (étude sur l'utilisation des abreuvoirs par la perdrix rouge : Pompignan (30) 20 août 2013) -----Page 74

Liste des tableaux

Tableau I : exemples d'impacts de changements d'habitats liés aux activités agricoles sur la baisse des effectifs des populations d'oiseaux des champs en Grande Bretagne d'après (Evans 2004) -----Page 5

Tableau II: pourcentage de nids de perdrix rouges détruits et ceux détruits par des prédateurs selon plusieurs études -----Page 18

Tableau III: exemples d'impacts de changements d'habitats liés à l'activité agricole sur les populations de perdrix rouges -----Page 21

Tableau IV: données de suivis de la survie de perdrix rouges issues de lâcher et sauvages ----- Page 35

Tableau V: répartition des habitats présents sur le domaine de Ceyrac 2012-2014, site d'étude de l'utilisation des abreuvoirs destinés à la perdrix rouge -----Page 41

Tableau VI: estimation des effectifs de perdrix rouges sur le domaine de Ceyrac, pendant la durée de l'étude sur l'utilisation des abreuvoirs destinés à la perdrix rouge -----Page 41

Tableau VII: individus de perdrix rouges lâchés et sauvages apparaissant sur les photographies par mois, sur le domaine de Ceyrac dans le cadre de l'étude sur de l'utilisation des abreuvoirs destinés à la perdrix rouge du 1^{er} juin 2012 au 31 octobre 2014 -----Page 55

Tableau VIII : extrait du tableau de sélection de modèles des GLM expliquant le nombre d'individus de perdrix rouges sauvages apparaissant sur les photographies par jour en fonction des données météorologiques -----Page 56

Tableau IX : nombre d'individus de perdrix rouges sauvages apparaissant sur les photographies par tranche horaire utilisant les abreuvoirs sur le domaine de Ceyrac dans le cadre de l'étude sur l'utilisation des abreuvoirs destinés à la perdrix rouge -----Page 58

Tableau X: individus de perdrix rouges lâchés et sauvages apparaissant sur les photographies par tranche horaire, sur le domaine de Ceyrac dans le cadre de l'étude sur l'utilisation des abreuvoirs destinés à la perdrix rouge, en fonction de la période -----Page 60

Tableau XI: extrait du tableau de sélection de modèles des GLM expliquant le nombre total d'individus de perdrix rouges sauvages apparaissant sur les photographies en fonction des données d'habitat -----Page 65

Tableau XII: résultats des AIC des modèles de Capture-marquage-Recapture testés -----Page 71

Tableau XIII: résultats du meilleur modèle, des analyses des taux de survie des perdrix rouges issues de lâcher, incluant un effet de l'âge, un effet du groupe et deux groupes de capturabilité ----- Page 71

Tableau XIV: liste des espèces ayant utilisé les abreuvoirs de l'étude du 28 juin 2012 au 28 juin 2013 et les effectifs en nombre d'individus ayant utilisés les abreuvoirs-----Page 76

Tableau XV: utilisation des abreuvoirs destinés à la perdrix rouge sur le domaine de Ceyrac du 28 juin 2012 au 28 juin 2013 en fonction du statut juridique des espèces
-----Page 78

Tableau XVI: utilisation des abreuvoirs destinés à la perdrix rouge sur le domaine de Ceyrac du 28 juin 2012 au 28 juin 2013 en fonction du statut de conservation des espèces -----Page 78

Préambule

Je travaille en tant que technicien au sein de l'équipe « perdrix rouge, milieux méditerranéens » de l'unité faune de plaine de la Direction de la Recherche et de l'Expertise (DRE) au sein de l'Office National de la Chasse et de la Faune Sauvage (ONCFS). Cette équipe est dirigée par le Dr Françoise PONCE-BOUTIN qui a aussi été mon tuteur pédagogique dans le cadre de la préparation de ce diplôme de l'Ecole Pratique des Hautes Etudes (EPHE). Une des missions de cette équipe est de mener des études sur la perdrix rouge afin de mieux la connaître et de fournir des outils permettant la mise en place d'une gestion durable de cette espèce. Ces études ont porté récemment sur la mise au point d'une méthode de recensement des mâles chanteurs (Jakob *et al.* 2010; Jakob et Ponce-Boutin 2013 ; Jakob, Ponce-Boutin, et Besnard 2014 ; Ponce-Boutin *et al.* 2014). D'autres études sont en cours de publication sur la perdrix rouge comme, l'utilisation de modèles intégrés pour la modélisation de la dynamique des populations, ou sur la modélisation des potentialités d'accueil du territoire en fonction des régions biogéographiques. L'équipe « perdrix rouge, milieux méditerranéens » a également pour mission le suivi à long terme des tendances d'évolution des populations de perdrix rouge à l'échelle de son aire de répartition en France. Ce suivi est réalisé dans le cadre du réseau « perdrix rouge » et en relation avec le réseau « perdrix faisan » animé par F.REITZ (Rapport Scientifique ONCFS 2014). Ces missions de recherche et d'expertise permettent à l'équipe « perdrix rouge » de proposer des mesures de gestion de l'espèce (Ponce-Boutin *et al.* 2003c) ou d'éditer des outils à l'usage des gestionnaires de territoires afin de favoriser le maintien voire la restauration de l'espèce (Ponce-Boutin *et al.* 2006).

J'ai intégré cette équipe en 2011 et c'est au cours de cette même année que les études faisant l'objet de ce mémoire de diplôme EPHE ont été mises en place. Ces études ont été menées au cours des années 2011 à 2016 sur un domaine privé, faisant partie du réseau « perdrix rouge », situé dans le département du Gard (30), appartenant à Monsieur Michel RUAS. L'ensemble de ce travail a été réalisé en partenariat et sous la tutelle pédagogique d'Aurélien BESNARD, maître de conférences de l'EPHE.

Nous avons commencé ce travail par une synthèse des études menées sur les relations que la perdrix rouge entretient avec son environnement et les aménagements qui lui sont destinés. Parmi ces aménagements, les abreuvoirs sont couramment utilisés par les gestionnaires cynégétiques dans l'objectif de répondre aux besoins des espèces chassées. La disponibilité en eau est largement décrite comme pouvant être un facteur limitant de la dynamique des populations animales. Nous avons choisi de traiter la question de l'utilisation des abreuvoirs par la perdrix rouge, car la bibliographie dédiée à cette problématique est relativement peu fournie et l'essentiel des études a été réalisé en Espagne, donc dans un contexte différent du sud de la France, tant en terme d'habitats disponibles que de conditions météorologiques et de gestion de l'espèce. De plus, les apports de ces aménagements sur la dynamique des populations originaires de milieux arides sont parfois critiqués tant pour leur intérêt pour les populations visées que pour leur coût. Afin de caractériser l'utilisation des abreuvoirs, nous avons utilisé des appareils photos automatiques.

Au cours de l'étude, le propriétaire du domaine a souhaité renforcer la population de perdrix rouge à l'aide de perdrix d'élevage lâchées. Celles-ci ont été marquées et grâce aux données récupérées par les appareils automatiques, nous avons choisi de traiter les questions de l'utilisation des abreuvoirs par les perdrix issues de lâcher, mais nous avons également analysé la survie de ces oiseaux à l'aide des méthodes de capture-marquage-recapture (CMR).

La question de la survie des oiseaux issus de lâcher est récurrente chez les partenaires de l'ONCFS en raison des nombreuses opérations de renforcements de populations qu'ils mènent et du peu de résultats positifs qu'ils obtiennent. En effet de nombreuses opérations de renforcement de population de perdrix rouge se soldent par des échecs.

Sur les images obtenues grâce à ce dispositif d'appareils photos, nous avons pu récolter une grande quantité de données sur les autres espèces présentes sur le site et utilisant les abreuvoirs destinés à la perdrix rouge. Il nous a alors semblé intéressant d'aborder la question de l'utilisation des abreuvoirs destinés à la faune chassable par les autres espèces de faune.

Ces questions constitueront le corps de ce mémoire d'étude du diplôme de l'Ecole Pratique des Hautes Etudes (EPHE). Le modèle d'étude, la perdrix rouge, nous a conduits à orienter nos recherches bibliographiques vers des espèces chassables et plus particulièrement des espèces de galliformes. C'est la raison pour laquelle, nombre d'exemples cités dans ce mémoire s'inspireront de ces espèces. Cette recherche spécifique s'inscrit totalement dans le cadre de mes activités de technicien travaillant sur cette espèce. Certaines parties bibliographiques sont aussi plus approfondies dans la perspective d'apporter des éléments pour documenter un outil, en cours de réalisation, d'aide à la gestion de l'espèce à destination des partenaires du réseau « perdrix rouge ». Ce travail a été mené en accord avec le tuteur scientifique pour ce qui concerne les thématiques de cette étude.

La finalité de ce travail est de deux ordres. Tout d'abord, du point de vue de la recherche appliquée à la gestion cynégétique, il est d'essayer de mieux comprendre les relations entre la perdrix rouge et les abreuvoirs, et d'en tirer des préconisations les plus efficaces possible. Nous pourrons ensuite utiliser les conclusions de ce travail dans le cadre des missions d'expertise et de conseil réalisées par l'ONCFS. L'autre intérêt est d'ordre scientifique et technique, en participant à la fois à l'amélioration des connaissances sur la perdrix rouge (figure 1) et à la réflexion sur l'utilisation des dispositifs d'appareils photographiques automatiques à grande échelle pour l'étude et le suivi des populations animales. Les enseignements techniques liés à l'expérience acquise au cours de cette étude, pourront servir la communauté de travail à laquelle j'appartiens, en nous permettant de mieux appréhender l'utilisation de ces dispositifs.



Figure 1 : adulte (à gauche) et jeunes perdrix rouges (*Alectoris rufa*, L.) sauvages (étude sur l'utilisation des abreuvoirs par la perdrix rouge : Pompignan (30) 2014) (Luc FRUITET 12 août 2013)

Introduction générale

Des mécanismes gouvernant la dynamique des populations...

Les scientifiques s'intéressent aux mécanismes régissant la dynamique des populations animales et végétales. Ces populations évoluent dans un milieu qui a ses caractéristiques propres ; ce milieu est composé de facteurs abiotiques et de facteurs biotiques. Dans les facteurs abiotiques, on retrouve ceux liés au climat, au sol et à l'hydrographie. Les facteurs biotiques sont, quant à eux, constitués par les relations qui existent entre les êtres vivants d'une même espèce (compétition par exemple) ou d'espèces différentes (compétition, prédation, parasitisme, symbiose...) (Dreux 1980).

Ces facteurs environnementaux sont indépendants de la population considérée ou étudiée mais ils ont, ou peuvent avoir, un impact sur sa dynamique. En effet, toute population animale ou végétale a des besoins physiologiques ou des exigences spécifiques. Si le milieu dans lequel elle se trouve ne répond pas à ses besoins ou exigences, cela a pour conséquence de diminuer les effectifs de la population. La dynamique des populations est de ce fait limitée par la capacité d'accueil du milieu en raison de processus de régulation (Barbault et Lebreton 2016). Tout facteur est susceptible, à un moment ou à un autre, de se comporter en facteur limitant soit par excès soit par manque pour une espèce sensible à ses variations (Henry 2001). Ainsi a-t-on pu constater chez la cisticole des joncs (*Cisticola jundicidis*) en France, au cours du XXème siècle, des phénomènes de colonisation du territoire depuis le bassin méditerranéen jusqu'à la côte atlantique à la faveur des hivers doux et des phénomènes de disparition de ces nouvelles populations à l'occasion des hivers rudes. Ces phénomènes de colonisation/extinction, ont été observés à plusieurs reprises de 1939 à 1989 (Yeatman-Berthelot and Jarry 1994). Dans les cas les plus extrêmes de variation des facteurs, cela peut entraîner des phénomènes d'extinction des populations. Ces disparitions peuvent être lentes ou prendre des formes extrêmement rapides dans le cadre des phénomènes catastrophiques (Soule 1987).

Parmi les facteurs influençant les populations et leur dynamique, nous avons ceux faisant l'objet d'une compétition entre les espèces ou les individus pour y accéder. On parle alors de ressources, qui, lorsque leur disponibilité est limitée par rapport à la taille de la population qui l'exploite, vont entraîner des phénomènes de régulation de cette population (Lack 1954, 1970). La ressource peut se définir comme toute substance qui peut entraîner une augmentation des taux de croissance lorsque sa disponibilité dans le milieu s'accroît, et qui est consommée par l'organisme considéré (Tilman 1982). Cette idée que les ressources pouvaient être des facteurs limitant a été introduite pour la première fois par BUFFON (1758) dans le tome VII de son histoire naturelle intitulé « les animaux carnassiers ». Il prend alors l'exemple des harengs et développe l'idée que pour ces populations, la croissance infinie est impossible puisque la nourriture deviendrait nécessairement un facteur limitant. Cette impossibilité à long-terme de la croissance infinie est un des paradigmes fondateurs de l'étude de la dynamique des populations (Malthus 1798). SOUTHERN (1970) a par exemple montré que la disponibilité de la ressource pouvait avoir des conséquences importantes sur la dynamique des populations notamment à travers la reproduction chez la chouette hulotte (*Strix aluco*). Une multitude de travaux en dynamique des populations ont exploré ces phénomènes que l'on nomme communément « densité-dépendance ». Par exemple la disponibilité alimentaire va-t-elle conditionner le succès reproducteur chez la mésange charbonnière (*Parus major*). Lorsque la population augmente et que donc la compétition pour accéder à la ressource augmente, le succès reproducteur peut diminuer si la ressource est

insuffisante pour permettre à tous les couples de mésange charbonnière présents d'assurer l'élevage de leur jeunes avec une quantité de nourriture suffisante (Kluijver 1951; Lack 1954)

L'eau est un facteur abiotique et une ressource. Elle peut de ce fait se comporter en facteur limitant pour le développement de la flore et de la faune dans les habitats arides lorsqu'elle vient à manquer (Roberts 1977). En ce qui concerne les mammifères, ils ne supportent pas, ou mal, les pertes en eau. Toutefois, beaucoup d'animaux des régions désertiques comme les antilopes ou le rat kangourou, ne boivent jamais et se contentent de l'eau contenue dans leurs aliments (Fischesser et Dupuis-Tate 1996). Bartholomew et Cade (1963) ont d'ailleurs mis en évidence l'importance de l'eau sur la distribution de plusieurs espèces d'oiseaux et ils ont également souligné le peu d'attention portée par les ornithologues à la question des relations des oiseaux avec la disponibilité de cette ressource (Bartholomew 1963). En ce qui concerne les galliformes qui nous intéresseront plus particulièrement dans ce mémoire, des espèces telles que le Colin de Californie (*Callipepla californica*) (Bartholomew et Macmillen 1961), le Colin de Gambel (*callipepla gambelii*) (Gulliong 1960) et le Colin arlequin (*Cyrtonyx montezumae*) (Leopold et Mc Cabe 1957) sont impactées par la disponibilité en eau et réagissent en modifiant leur distribution en fonction de la disponibilité de celle-ci. Le manque d'eau peut avoir d'autres conséquences sur les colins en impactant la dynamique de leurs populations, notamment en réduisant leur survie, lorsqu'elle vient à manquer (Rahm 1937 ; Wright 1953; Grinnell 1927).

La prédation fait partie des facteurs biotiques et les prédateurs en prélevant des proies ont un effet sur la dynamique des populations (Whittingham et Karl 2004). La prédation a donc des effets directs, mais également des effets indirects en influençant le comportement des espèces proies qui vont chercher à se protéger. Cela peut, par exemple, orienter les choix des sites de nourrissage, de reproduction ou de repos. De nombreuses études ont étudié ces effets sous différents niveaux de risque de prédation (synthèse in Lima et Dill 1990). De manière générale, les individus d'une espèce proie seront moins sujets à la prédation s'ils trouvent facilement dans leur domaine vital des ressources et des lieux de repos et de reproduction protecteurs en abondance (Evans 2004).

L'homme intervient également dans les milieux naturels et donc sur les espèces et ses interventions sont dénommées « facteurs anthropiques ». Elles sont également classées parmi les facteurs biotiques. Les facteurs anthropiques influençant la dynamique de la population d'une espèce sont constitués des activités qui ont un effet direct sur les individus, comme l'exploitation d'une espèce de poisson par la pêche, et de celles qui ont un effet indirect sur une espèce en modifiant les conditions d'un milieu, comme l'exploitation de bois en forêt entraînant la disparition d'un habitat par exemple (e.g. Dajos 1974). Concernant les effets indirects, on peut également citer l'exemple des oiseaux vivants dans les milieux agricoles impactés par les pratiques agricoles et leurs modifications (tableau I). Les actions négatives de l'homme sur les populations d'oiseaux ne sont, dans ces cas, pas menées pour porter atteinte aux oiseaux, mais contribuent malgré tout à la baisse des effectifs de leurs populations.

Tableau I : exemples d'impacts de changements d'habitats liés aux activités agricoles sur la baisse des effectifs des populations d'oiseaux des champs en Grande Bretagne d'après (Evans 2004)

Changement d'habitat	Mécanisme causal	Espèce étudiée	Source
Disparition des chaumes en hiver	Réduit l'apport alimentaire et impacte le taux de survie	Bruant Proyer <i>Miliaria calandra</i> Bruant Zizi <i>Emberiza cirulus</i>	Donald et Forrest (1995) ; Evans and Smith (1994)
Remplacement des céréales de printemps par les céréales d'hiver	Réduit la disponibilité de la nourriture en été et des sites de nidification	Alouette des champs <i>Alauda arvensis</i>	Wilson <i>et al.</i> (1997)
Utilisation de pesticides	Réduit l'abondance de la nourriture (arthropodes), impacte la survie des jeunes et donc le succès de reproduction	Perdrix grise <i>Perdix perdix</i>	Potts (1986)
Polarisation: simplification des territoires (concentration des terres arables dans une région et des pâturages dans l'autre)	Diminue la disponibilité des habitats d'alimentation de haute qualité, pour les oiseaux nichant dans les zones arables, ce qui réduit le succès de la reproduction	Vanneau huppé <i>Vanellus vanellus</i>	Hudson <i>et al.</i> (1994)
Augmentation de la fréquence de rotation des cultures et des travaux agricoles liés à la mécanisation et à l'utilisation des engrais	Augmente la mortalité des adultes et des poussins et la destruction des nids	Râle des genêts <i>Crex crex</i>	Stowe <i>et al.</i> (1993)

...à la gestion des populations...

L'homme porte une attention particulière à certaines espèces en vue soit de les limiter, c'est le cas pour les espèces ayant un impact négatif sur ses activités comme par exemple les ravageurs de cultures (e.g. Hubert 1980), soit de les protéger comme pour les espèces dont le statut de conservation est précaire (e.g. Rabinowitz *et al.* 1986), soit de les exploiter pour différentes raisons et notamment pour l'alimentation, le commerce ou le loisir (e.g. Henry 2001). Les gestionnaires ayant pour objectif de protéger ou d'exploiter une espèce essayent de limiter l'impact des facteurs environnementaux sur la dynamique des populations qu'ils ciblent et cela afin d'en améliorer l'état de conservation. Pour cela, l'idéal est de pouvoir identifier le facteur limitant principal, s'il existe, qui peut conditionner à lui seul le niveau d'une population lorsqu'il vient à manquer et d'intervenir sur ce facteur afin de limiter ou faire disparaître son impact sur les populations. DREUX (1980) fait ainsi le parallèle avec « la loi de LIEBIG sur le minimum » qui est un concept d'agronomie et qui veut que les éléments du milieu ne puissent se remplacer les uns les autres. Ainsi, lorsque l'un d'entre eux vient à manquer, une plante cessera de se développer même si les autres éléments sont présents en quantité. La principale difficulté pour les gestionnaires réside dans le fait que la relation qui lie une population à son environnement est souvent complexe (figure 2). Cela implique souvent pour le gestionnaire d'avoir une approche globale du fonctionnement du couple population-environnement (Barbault 2000). Face à cette complexité, les gestionnaires essayent parfois de s'associer avec des scientifiques capables de leur apporter leur expertise afin de comprendre les fonctionnements des populations qui les intéressent. De nombreuses espèces sont exploitées par l'homme. Elles peuvent l'être comme sources de nourriture ou comme matière première. La trop grande exploitation des populations de ces espèces a conduit à de nombreuses reprises à de la surexploitation, c'est-à-dire que l'impact du prélèvement est tel qu'il empêche la population exploitée de se renouveler. Ce constat, fait au début du XXème siècle, essentiellement sur les populations de poisson à travers l'étude de l'impact de la pêche, a stimulé la recherche de modèles théoriques d'exploitation (e.g. Gulland 1971). Le but de la recherche sur ces modèles était alors de déterminer la récolte

optimale, c'est-à-dire celle permettant une gestion durable des populations. Tout prélèvement répété d'un effectif supérieur à celui de la récolte optimale constitue alors une surexploitation susceptible de provoquer son extinction (Gilpin et Soule 1986). Le lien est alors réalisé entre l'étude des populations en vue de leur exploitation et la biologie de la conservation qui s'est développée à la fin des années 1970. Une espèce exploitée ayant été surexploitée peut ensuite devoir être conservée, sous peine d'extinction et donc d'impossibilité de l'exploiter à nouveau. A l'inverse, certaines populations en danger d'extinction peuvent, si elles viennent à se développer, poser des problèmes de cohabitation avec les activités humaines. Il devient alors nécessaire pour l'homme de trouver des moyens de limiter leur impact sur ses activités. L'un des exemples les plus emblématiques de cette problématique est la relation entre certaines populations d'éléphants et l'homme (Pinter-Wollman *et al.* 2009). Toutes ces problématiques traitant des questions de dynamique des populations peuvent dès lors être regroupées sous le terme générique de « gestion des populations ».

La chasse est un exemple d'exploitation de certaines espèces animales dénommées « espèces gibier ». La « gestion cynégétique » a pour principe l'intervention sur un territoire en vue d'améliorer les conditions d'accueil de populations animales destinées à être chassées et la gestion des prélèvements des espèces gibiers. LEOPOLD (1933), pionnier de la gestion cynégétique, indique que les besoins des animaux sauvages sont articulés autour de trois éléments essentiels : le couvert, la nourriture et l'eau. L'amélioration de la disponibilité et de la qualité de ces éléments favorise, selon lui, les populations des espèces gibier. Toutefois, LEOPOLD précise que d'autres facteurs environnementaux agissent sur les populations sans que le gestionnaire puisse nécessairement intervenir dessus, notamment les facteurs abiotiques comme la météorologie. Mais les dynamiques des populations des espèces gibier sont également liées aux relations qu'elles entretiennent avec les autres espèces et leurs abondances, aux activités humaines autres que la chasse et aux impacts qu'elles peuvent avoir sur le milieu ou sur les espèces, mais aussi évidemment aux prélèvements qui peuvent être effectués sur les populations dans le cadre des activités de chasse (e.g. figure 2).

Les gestionnaires cynégétiques réalisent donc des aménagements sur leur territoire ayant pour but de favoriser la dynamique des populations chassées et d'en augmenter l'abondance. En mettant en place ces aménagements, ils essayent généralement de répondre aux besoins édictés par LEOPOLD (1933). Ces aménagements sont réalisés en fonction de compromis liés aux contraintes du milieu, sociales et économiques (Bro 2007). Ils consistent généralement en la mise en place de cultures apportant protection et nourriture aux individus, ou la mise en place de points d'eau ou d'alimentation (Mustin *et al.* 2011). D'autres pratiques de gestion sont couramment appliquées en Europe dans l'objectif d'augmenter les populations de petit gibier comme la régulation de leurs prédateurs, la mise à disposition de médication pour lutter contre les maladies ou le lâcher d'animaux d'élevage pour renforcer les populations sauvages (Mustin *et al.* 2011).

... des espèces de Galliformes.

Les Galliformes sont fortement concernés par ces problématiques d'exploitation et de conservation. En effet, la plupart des espèces de cet ordre présentes sur les cinq continents sont exploitées voire surexploitées (Mc Gowan 2002 ; Keane *et al.* 2005). Mc GOWAN indiquait ainsi en 2002 que 25% des espèces de galliformes étaient menacées d'extinction alors que ce risque était en moyenne de 11% chez les oiseaux à l'échelle globale. Les galliformes sont exploités, soit pour l'alimentation humaine par la chasse ou le ramassage des œufs, mais aussi pour des raisons culturelles comme la collecte de plumes pour la réalisation d'objets traditionnels ou culturels, la réalisation de collections de spécimens vivants ou morts,

la chasse à des fins de loisirs (Keane *et al.* 2005; Tejedor *et al.* 2008). Cependant, les menaces qui pèsent sur les galliformes ne sont pas seulement liées à leur seule exploitation par l'Homme, mais sont aussi induites par la perte d'habitats en lien avec les activités humaines ou les changements climatiques ("The UICN Redlist of Threatened Species" 2001 ; World Pheasant Association et Union Internationale pour la Conservation de la Nature 2009). L'étude des mécanismes qui pèsent sur les populations de Galliformes relève donc à la fois des problématiques d'exploitations et des problématiques de conservations. Aucune des espèces de Galliformes n'est concernée à ce jour par les problématiques de régulation.

La perdrix rouge (*Alectoris rufa* Linnaeus, 1758) est un oiseau de l'ordre des Galliformes et est une espèce chassée qui est un exemple particulièrement représentatif des pratiques de gestion cynégétique. Les gestionnaires cynégétiques désireux de développer leurs populations ont mis en place de nombreux aménagements tels que des cultures spécifiquement destinées au gibier, des agrainoirs ou des abreuvoirs (Gaudioso Lacasa *et al.* 2009 ; Sánchez-García *et al.* 2015). Ils tentent également de limiter les populations de prédateurs tels que le renard (*Vulpes vulpes*), qui peuvent impacter les populations de perdrix rouges (Stahl et Migot 1993). Enfin, ils essayent de développer les effectifs des populations en réalisant des lâchers de perdrix rouges issues d'élevage (Pérez *et al.* 2004). L'étude de ces mécanismes sera le fil rouge de ce mémoire.

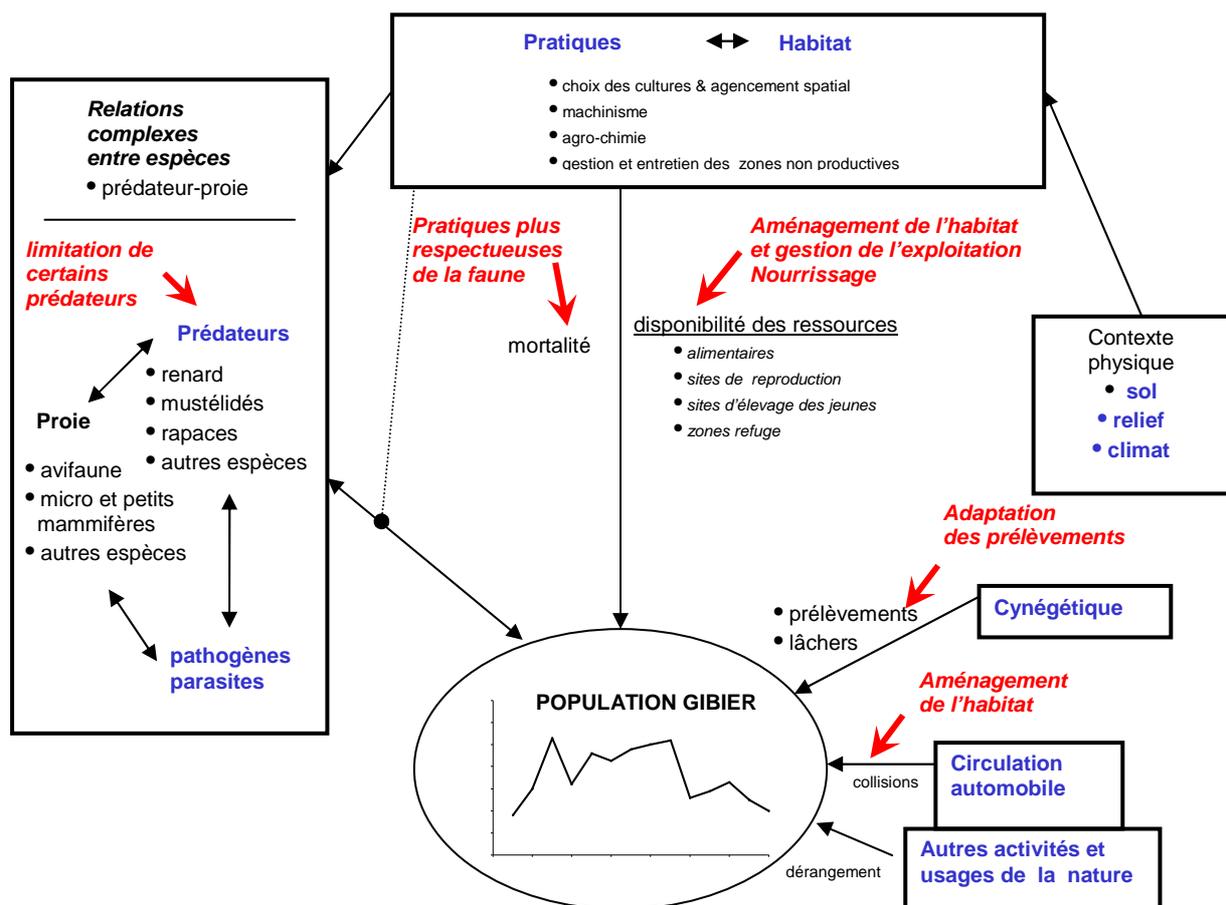


Figure 2 : les facteurs de l'environnement influençant la dynamique d'une population d'une espèce de petit gibier et principes d'action pouvant être mis en œuvre pour sa gestion. (Extrait de Bro, 2007, d'après le concept « population-environnement » décrit par Barbault (2000))

Chapitre I° : la perdrix rouge, les relations avec son environnement et les aménagements qui lui sont destinés

I°1 La perdrix rouge (fiche d'identification)

I°1.1 Systématique

La perdrix rouge (*Alectoris rufa*, Linnaeus, 1758) appartient à l'ordre des Galliformes qui compte 299 espèces de par le monde, réparties en cinq familles ("IOC World Bird List (v 5.4)." 2015). Elle fait partie de la famille des Phasianidés (CNERA petite faune sédentaire de plaine 1986).

Le genre *Alectoris* est composé de sept espèces (Perdrix bartavelle, *Alectoris graeca*; Perdrix choukar, *Alectoris chukar*; Perdrix de Przewalski, *Alectoris magna*; Perdrix de Philby, *Alectoris philbyi*; Perdrix gabra, *Alectoris barbara*; Perdrix rouge, *Alectoris rufa*; Perdrix à tête noire, *Alectoris melanocephala*). Ce genre est apparu en Afrique il y a 6 millions d'années dans des milieux caractérisés par des hivers chauds et humides et des étés chauds et secs (Potts 2012). La perdrix rouge a divergé de la perdrix bartavelle à la fin du Pléistocène (-2.58 M années à -11 700 ans) par un mécanisme d'isolement climatique. La perdrix rouge est ensuite régulièrement détectée en France au cours de l'Holocène (-10 000 an à aujourd'hui) (Vilette 1983).

I°1.2 Répartition

Elle a une aire de répartition disjointes des autres perdrix du genre *Alectoris* (figure 3) à l'exception du Sud Est de la France et du Nord Ouest de l'Italie où elle est présente avec *Alectoris graeca* avec laquelle elle peut d'ailleurs s'hybrider (Bernard-Laurent et Gossman 1985).

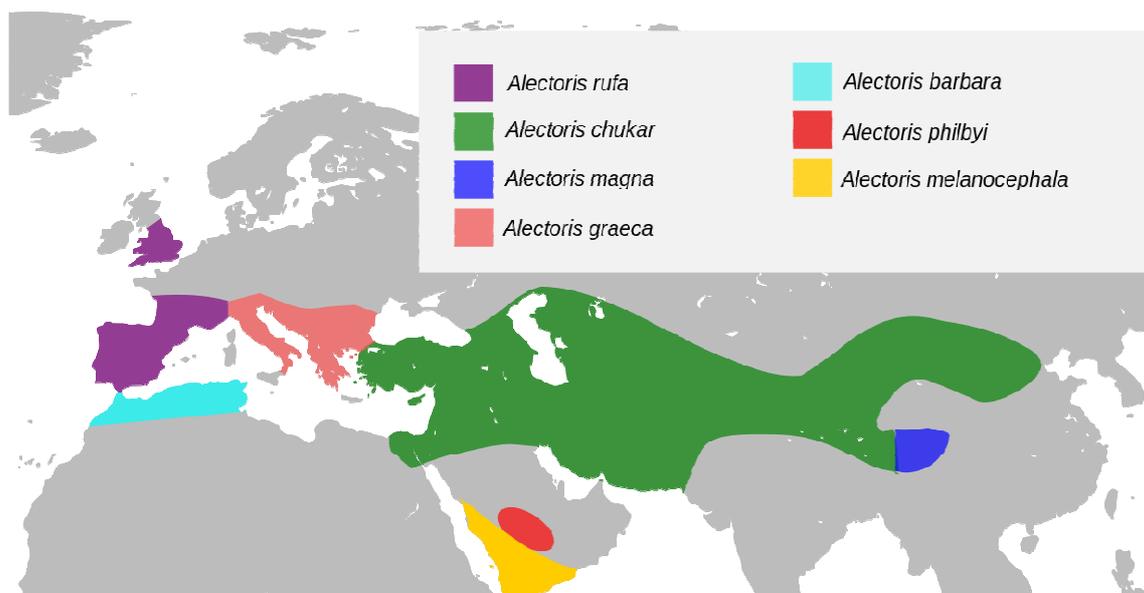


Figure 3 : répartition des 7 espèces du genre *Alectoris* (Source : http://www.wikiwand.com/es/Alectoris_rufa)

La perdrix rouge est présente naturellement au Portugal, en Espagne, ainsi que dans le sud de la France et dans le nord ouest de l'Italie. Elle a été introduite avec succès dans le sud de

l'Angleterre au cours du XVIII^{ème} et XIX^{ème} siècles (Stasny 1990). La perdrix rouge occupe les deux tiers sud de la France et son aire de répartition est limitée au nord par l'isotherme 8°C en mars et par la courbe d'iso durée moyenne d'insolation annuelle de 1800 heures. A l'est, sa répartition est limitée par l'isotherme de 2°C en janvier (Birkan 1983 ; Berger 2005). L'aire de répartition en France a eu tendance à s'étendre vers le nord au cours des 30 dernières années (Reitz 2003 ; Ponce-Boutin 2003a) à la fois en raison des nombreux lâchers, mais semble t'il, en raison de l'amélioration des conditions météorologiques. De ce fait aujourd'hui elle se reproduit au nord de la Loire (Yeatman-Berthelot et Jarry 1991).

I°1.3 Description générale

La perdrix rouge est un galliforme de taille moyenne, pesant en moyenne de 400g (330-460g) pour la poule à 480g (380-630g) pour le mâle (Pépin *et al.* 1983). Le plumage est identique chez les deux sexes, les critères de détermination des sexes en nature sont difficiles à appréhender mais la taille est plus importante et la présence d'ergots est plus prononcée chez le mâle. Lorsque l'on tient l'oiseau en main on peut distinguer les sexes par des caractères morphologiques tels que la présence d'ergots, le poids, la taille, la longueur du bec, l'envergure, la longueur du tarse ou la longueur totale (Pépin *et al.* 1983). La détermination de l'âge précis au jour près peut se faire grâce à l'analyse des rémiges externes et à la mesure de la mue sur ces plumes jusqu'à l'âge de 130 jours. Ensuite seules trois classes d'âge sont identifiables, à savoir les jeunes de l'année, les adultes nés l'année précédente et les adultes (Bureau 1913).

De l'éclosion jusqu'à trois mois le plumage se modifie progressivement (figure 4); pour une description complète voir (CNERA petite faune sédentaire de plaine 1986).

I°1.4 Comportement

La composition des groupes sociaux évolue en fonction des saisons chez la perdrix rouge. En hiver, elle forme des groupes de plusieurs individus des deux sexes. Ces rassemblements permettent d'optimiser l'activité de surveillance de l'approche d'un danger (CNERA petite faune sédentaire de plaine 1986). Ces groupes se dissocient au moment de la constitution des couples qui a lieu en fin d'hiver (Ricci 1985b). A ce moment, le comportement entre mâles devient agressif, surtout entre mâles issus de groupes hivernaux différents. Des combats ont alors lieu entre coqs (CNERA petite faune sédentaire de plaine 1986). La dispersion au moment de la formation des couples assure le brassage génétique et est essentiellement effectuée par les femelles sub-adultes (Green 1983 ; Ricci 1985c). Cette dispersion peut atteindre plusieurs kilomètres (Ricci 1985b). Les relations sociales entre les parents et les poussins correspondent à ce que l'on rencontre chez la plupart des galliformes avec une cohésion spatiale qui se distend au fur et à mesure que les poussins grandissent. Les poussins sont nidifuges. Les périodes de réchauffement des poussins par l'adulte se réduisent également progressivement jusqu'à l'âge de 4 à 6 semaines (CNERA petite faune sédentaire de plaine 1986). Le mâle et la femelle participent à l'élevage des poussins et il arrive dans les cas de double nidification que le mâle s'occupe d'une partie des jeunes et la femelle de l'autre partie (Potts 2012). Au moment de l'activité vocale de chant, des comportements plus démonstratifs chez le mâle peuvent permettre de déterminer le sexe auquel appartient l'individu. L'activité vocale se caractérise par des chants territoriaux chez le mâle très caractéristiques notamment en période d'installation des couples (CNERA petite faune sédentaire de plaine 1986 ; Berger 2005). D'autres types de cris sont émis par les perdrix rouges, notamment des gloussements de la part des adultes, ou des cris de détresse de la part des jeunes séparés de leurs parents (CNERA petite faune sédentaire de plaine 1986 ; Berger 2005).



Poussin 2 jours



Poussin 2 semaines



jeune 5 semaines



Jeune 10 semaines



Jeune 15 semaines



Adulte

Figure 4: évolution du plumage de la perdrix rouge de la naissance à l'âge adulte (photos Luc FRUITET)

I°1.5 Rythme d'activité

Les perdrix rouges passent la nuit dans un dortoir situé au sol, puis elles commencent à s'alimenter dès le lever du jour. Les deux principales phases d'alimentation étant situées au lever du jour et avant le coucher du soleil. En été, les oiseaux se reposent pendant les heures chaudes de la journée à l'ombre (CNERA petite faune sédentaire de plaine 1986). Le reste de

l'année, les oiseaux sont actifs tout au long de la journée (Ponce-Boutin 2003a). Le soir, après une phase d'activité vocale importante, les perdrix regagnent leur dortoir (CNERA petite faune sédentaire de plaine 1986).

I°1.6 Reproduction

Les phasianidés, dont la perdrix rouge fait partie, sont des espèces à faible durée de génération dont la dynamique est plus sensible aux paramètres de la reproduction et à la survie des jeunes, qu'à la survie des adultes (Trouvilliez *et al.* 1988). La perdrix rouge est une espèce dont la sensibilité aux éléments du milieu peut induire une forte mortalité, aussi l'espèce s'est adaptée en conséquence en ayant une dynamique de reproduction importante qui doit permettre de compenser les pertes naturelles (Lebreton 1982). Ainsi, la survie des poussins est un des facteurs importants de la dynamique des populations (Hudson *et al.* 1988 ; Pépin *et al.* 1985 ; Ponce-Boutin *et al.* 2001).

La reproduction débute en février dans le sud de la France par la formation des couples. Ces couples se forment à partir d'individus appartenant à des groupes différents à l'exception des individus appariés l'année précédente (Ricci 1985a). Les pontes débutent en avril (Berger 2005) mais ces dates varient en fonction de la latitude et de l'altitude. En effet, les couples se forment en janvier-février dans la péninsule ibérique ; en mai sur le Larzac et en avril- mai en Angleterre (CNERA petite faune sédentaire de plaine 1986). Il était généralement admis que l'espèce était monogame (Hennache et Ottaviani 2011) mais des études réalisées par suivi télémétrique ont mis en évidence des changements de partenaire parfois en cours de saison de reproduction liés à des échecs de reproduction (destruction du nid par prédation ou par des activités humaines par exemple, ou mort du partenaire) (Berger et Marchandeu 1988b ; Pépin 1984 ; Hennache et Ottaviani 2011). Les couples se forment préférentiellement entre individus de la même classe d'âge (CNERA petite faune sédentaire de plaine 1986). Il semblerait que les adultes s'apparient avant les sub-adultes (CNERA petite faune sédentaire de plaine 1986). Certains individus ne changent pas de partenaires d'une année sur l'autre bien qu'ils se rassemblent en hiver avec d'autres individus (CNERA petite faune sédentaire de plaine 1986). Le sex-ratio en nature chez les adultes est souvent en faveur des mâles (Pépin *et al.* 1985 ; CNERA petite faune sédentaire de plaine 1986) en raison d'une mortalité des femelles plus importantes notamment en période de reproduction. Les mâles surnuméraires jouent un rôle lors de la reproduction (répartition de tâches de vigilance et remplacement des mâles en cas de mortalité) (Pépin *et al.* 1985).

Le nid est une dépression sommaire de 19 à 20cm de diamètre, tapissée de 4 à 5cm de végétaux. La poule de perdrix rouge peut travailler légèrement la végétation pour installer un couvert de protection contre la prédation (Rands 1988). Il semble que la taille des premières pontes soit plus importante au sud de l'aire de répartition (14-15 œufs dans la péninsule ibérique) qu'au nord (11-12 œufs en Angleterre, Bassin Parisien et ouest de la France). Les premières pontes sont en moyenne de 12-13 œufs dans le sud de la France. Les pontes de remplacement sont en moyenne de 5 à 8 œufs (CNERA petite faune sédentaire de plaine 1986; BERGER 2005). Le rythme de ponte est de 2 œufs déposés tous les 3 ou 4 jours (CNERA petite faune sédentaire de plaine 1986 ; Potts 2012). Certaines femelles, surtout les adultes, peuvent faire une double ponte dont le second nid est couvé par le mâle. Ce comportement est documenté au nord, comme au sud, de l'aire de répartition (Green 1984 ; Ricci 1985d). Cela se traduit sur le terrain par l'observation fréquente de compagnies de jeunes oiseaux accompagnées d'un seul adulte (Potts 2012). Sur des études menées en Espagne, au Portugal et en Angleterre, la proportion de couples effectuant une double nidification peut varier de 0 à 70% les meilleures années de reproduction (Potts 2012).

L'incubation dure de 23 à 26 jours (CNERA petite faune sédentaire de plaine 1986). Les éclosions s'étalent de la fin du mois de mai au début du mois de juillet, avec un pic d'éclosion dans le sud de la France avant la fin du mois de juin (Pépin 1985). A l'éclosion, les poussins de perdrix rouge sont nidifuges et ont besoin de leurs parents pour le réchauffement et l'apprentissage jusqu'à l'âge de 4 à 6 semaines. L'influence des conditions climatiques est extrêmement forte sur le succès reproducteur chez la perdrix rouge, tant en période de couvaison que lorsque les éclosions ont eu lieu (Lucio 1990). Les températures trop élevées au mois de mai ont un impact négatif sur les éclosions (Lucio 1990). Les pluies de juin et juillet peuvent impacter directement la survie des jeunes, ainsi que l'abondance et la mobilité des insectes qui sont leur nourriture essentielle (Lucio 1990). Les conditions climatiques impactent également les conditions physiologiques des adultes au moment de l'entrée en reproduction et conditionnent donc la viabilité des œufs et des poussins, en influençant notamment la disponibilité alimentaire ou en impactant directement les oiseaux, notamment dans les périodes de grand froid (Lack 1968). L'analyse des tableaux de chasse sur quelques territoires, donne des succès reproducteurs variant de 0.6 à 4.3 jeunes par adultes en Espagne, de 1.8 à 2.6 jeunes par adultes au Portugal et 1.2 à 2.9 jeunes par adultes en France (Hérault) (Pépin *et al.* 1985). Les reproductions peuvent être catastrophiques avec pour certains sites des succès reproducteurs nuls et cela probablement en raison de conditions météorologiques exceptionnelles. Ainsi on peut constater des reproductions faibles sur de grandes régions certaines années. Par exemple, la reproduction observée sur l'ensemble du département de l'Hérault en 2014 a été considérée comme étant la plus mauvaise enregistrée au cours de ces 30 dernières années. Cette année là plus de 60% des sites suivis en matière de reproduction de la perdrix rouge sur le département de l'Hérault ont présenté une reproduction inférieure à un jeune par adulte (Ponce-Boutin 2014). Le facteur identifié comme étant probablement à l'origine de ce phénomène est une sécheresse exceptionnelle au moment de l'installation des couples ayant pu entraîner une moindre qualité de la disponibilité alimentaire à cette période. Par exemple au tour de Béziers, dans l'Hérault, l'automne, l'hiver et le début du printemps ont été particulièrement secs, compromettant la pousse de la végétation et donc les ressources nutritives pour le début de la reproduction (Ponce-Boutin 2014).

I°1.7 Alimentation

Le régime alimentaire des perdrix du genre *Alectoris* change en fonction de la saison (e.g. in Alkon *et al.* 1985; Magalhaes *et al.* 2001). Le régime alimentaire des jeunes perdrix rouges dans les premières semaines de vie est essentiellement constitué d'invertébrés (fourmis, chenilles, pucerons, coléoptères, araignées, etc.) riches en protéines et favorisant une croissance rapide jusqu'à l'âge de quelques semaines. (Ponce 1989; Bro et Ponce-Boutin 2004). Certaines catégories d'arthropodes (pucerons, fourmis adultes et larves) sont plus consommées que d'autres et cela par tous les jeunes galliformes de plaine en France (Bro et Ponce-Boutin 2004). Toutefois, il existe des différences dans le régime alimentaire liées à la localisation des adultes accompagnés de jeunes, ce qui laisse à penser que le choix ne se porte pas sur une espèce par rapport à une autre, mais plutôt par rapport à la disponibilité locale des proies. Cette tendance opportuniste est confirmée par la diversité des régimes alimentaires instantanés constatés à travers les analyses de fèces. Certaines proies sont abondantes dans le régime alimentaire alors qu'elles ne représentent qu'une faible proportion de l'apport énergétique (pucerons par exemple) (Ponce 1989; Bro et Ponce-Boutin 2004, Serre et Birkan 1985). BRO et PONCE-BOUTIN (2004) évoquent la possibilité que le régime alimentaire des poussins de galliformes évolue avec l'âge, en lien avec leurs capacités à attraper des proies de plus en plus grosses et de plus en plus mobiles. Les poussins consomment donc préférentiellement les proies localement les plus abondantes et il semble qu'un compromis soit fait en permanence entre la facilité de capture des proies et leur pouvoir énergétique. Par

la suite, les jeunes perdrix s'orientent progressivement vers le régime alimentaire des adultes, granivore en été et en automne puis herbivore en hiver et au printemps (Magalhaes *et al.* 2001). Les adultes consomment également des invertébrés au printemps et en été (Hudson et Rands 1988). Certaines ressources peuvent manquer à certaines époques de l'année en fonction de l'assolement (Navet 1982) ou des conditions climatiques (Ponce-Boutin 2014), ce qui peut avoir des conséquences négatives sur la reproduction ou la survie des perdrix rouges (Navet 1982 ; Bro et Ponce-Boutin 2004). Le régime alimentaire des adultes de perdrix rouge est constitué d'invertébrés, de feuilles, de graines et fruits, de fleurs et boutons de poacées de composées, de papilionacées, de crucifères, mais aussi de cistinées, plantaginées et vignes à l'automne. La part de chacun de ces aliments varie en fonction de la disponibilité locale et saisonnière, ainsi que des besoins physiologiques (Ponce 1989; Bro et Ponce-Boutin 2004).

I°1.8 Utilisation de l'eau

Aucune étude ne traite directement des conséquences du manque d'eau chez la perdrix rouge (CNERA petite faune sédentaire de plaine 1986). DEGEN *et al.* (1984) ont mis en évidence que les perdrix choukars n'ont pas besoin d'eau entre le début de l'hiver et la fin du printemps lorsque des plantes succulentes sont disponibles, mais ont certainement besoin d'avoir à disposition des sources d'eau entre l'été et l'automne. Pour démontrer cela, ils ont mis quatre lots de perdrix choukars d'élevage en volière. Le premier lot a reçu une ration alimentaire sèche et de l'eau, le second une ration sèche et de la végétation riche en eau mais pas d'eau, le troisième une ration d'alimentation sèche plus de l'eau et de la végétation riche en eau et le dernier de la végétation riche en eau uniquement. Cette expérience de diète a mis en évidence une perte de masse corporelle de 15% chez les oiseaux pour lesquels l'eau n'était pas disponible au cours des huit premiers jours. La perte de masse corporelle a été de 2,9% les six jours qui ont suivi. Cette étude a également permis de conclure que le manque d'eau chez la perdrix choukar a des conséquences physiologiques comme une perte rapide de poids. Cependant si le taux d'humidité dans la végétation consommée est suffisant, les perdrix choukars peuvent maintenir un niveau en eau dans leur corps suffisant. La conclusion de ces travaux est que les perdrix choukars ont besoin d'eau en été lorsque l'eau disponible dans la végétation qu'elles consomment n'est pas suffisante et notamment lorsqu'elles consomment essentiellement des graines. PINSHAW *et al.* (1983) ont comparé les effets du manque d'eau sur deux espèces différentes de phasianidés présentes dans le désert du Negev (Israël), la perdrix de Hey (*Ammoperdix heyi*) et la perdrix choukar. Au cours d'une expérience de diète d'eau en conditions expérimentales, ils n'ont détecté aucune différence entre les deux espèces dans la vitesse de perte de poids ou d'énergie et les vitesses de reconstitution des poids étaient sensiblement identiques au moment où il leur a été remis de l'eau à disposition. Cela signifie que les réponses physiologiques au stress hydrique chez ces deux espèces sont quasiment identiques alors même que la perdrix de Hey vit dans des déserts dont est absente la perdrix choukar. Il semble que chez les oiseaux, la capacité à limiter les pertes d'eau par la thermorégulation et à supporter des hautes températures soient un principe général pour les espèces comprises dans des gammes de poids jusqu'à 1000g (Lasiewski *et al.* 1966; Tieleman et Williams 1999), ce qui est le cas de la perdrix rouge et de l'ensemble des perdrix du genre *Alectoris*.

I°1.9 Pathologie

Il semble qu'en milieu naturel la perdrix rouge soit peu sensible aux maladies (Millàn 2009) et peu de cas de mortalités attribuées à du parasitisme ou à des maladies ont été rapportés dans la littérature sur des perdrix rouges sauvages (Potts 2012). Par contre, en élevage, les perdrix rouges sont très sensibles à certaines maladies parasitaires (coccidiose, histomonose,

ascaridiose...) ou bactériennes (salmonellose). De nombreuses questions se posent d'ailleurs quant à l'impact des lâchers sur la transmission de certains pathogènes par les oiseaux d'élevage chez les oiseaux sauvages et notamment dans les cas d'agrégations à proximité des points de nourrissage ou des points d'eau (Millàn 2009).

I°1.10 Utilisation de l'habitat

Les oiseaux, de manière générale, sélectionnent des habitats qui leur conviennent le mieux par rapport à ceux qui sont disponibles, le but étant de maximiser la capacité à survivre et à se reproduire des individus (Badyaev *et al.* 1996; Haila *et al.* 1996; Borralho *et al.* 1999). Les perdrix du genre *Alectoris* sont originaires du bassin méditerranéen. L'habitat originel de ces espèces était constitué de zones buissonnantes (maquis et garrigues) qui permettent aux perdrix de se cacher des prédateurs et des zones herbacées plus ouvertes utilisées comme site de nourrissage notamment en été. Le choix du site de nidification est déterminé par le type de milieu qui sera utilisé par la suite par les groupes familiaux, afin d'optimiser les chances de succès dans la conduite des nichées, en fonction de l'accessibilité de la ressource alimentaire en été (Lucio 1989).

La taille des domaines vitaux chez la perdrix rouge varie en fonction de la saison. Les groupes hivernaux utilisent des domaines vitaux compris entre 30 et 100 ha. Dès le mois de mars lorsque les oiseaux ont formé les couples et qu'ils ont choisi leur site de ponte, les surfaces utilisées diminuent à 15 à 20ha. C'est pendant l'incubation que les domaines vitaux sont les plus réduits, en effet de mars à juin ils n'excèdent pas 3 à 11ha (Green 1983 ; Ricci 1985a; Ricci 1985b; Ricci 1985c; Berger et Marchandea 1988a). De juillet à septembre, pendant la période d'élevage des jeunes, les superficies utilisées par les compagnies varient peu (de 17 à 21ha) (Ricci 1985b). Au cours de cette période, la zone d'activité journalière varie alors de 3 à 7,5 ha et augmente progressivement avec l'âge des jeunes et donc avec l'amélioration de leur faculté de déplacement (Ricci 1985d).

En automne, les activités cynégétiques et la modification des agro-systèmes, liée notamment aux moissons, ont un effet sur les domaines vitaux qui augmentent alors. Le dérangement par la chasse et la raréfaction de la disponibilité alimentaire et du couvert, font que les perdrix rouges utilisent des territoires plus vastes compris entre 32 et 114ha dans certains zones (Berger et Marchandea 1988a)

Nous utiliserons pour décrire l'utilisation de l'habitat les terminologies utilisées par les auteurs des articles consultés.

Considérée comme une espèce de plaine, on la trouve néanmoins jusqu'à 1200 m dans les Pyrénées, mais à 2500 m dans la Sierra Nevada (CNERA petite faune sédentaire de plaine 1986). Dans les zones montagneuses de la province de Léon en Espagne, en période de couvaion, de février à juin, la perdrix rouge utilise préférentiellement les landes à genêts d'Espagne (*Genista occidentalis*) (Lucio et Purroy 1992). Elle recherche également des pentes fortes de 30-50%. Ces choix sont plus guidés par la structure de la végétation que par sa composition. En effet, la perdrix rouge préfère les végétations clairsemées qui procurent plus d'espaces ouverts favorisant la présence d'herbes, qui est à la fois une source de nourriture des adultes et qui, en été, est riche en arthropodes dont se nourrissent préférentiellement les jeunes, par rapport aux milieux broussailleux. Ce type de milieu offre de meilleures conditions de vigilance par rapport aux prédateurs notamment dans les fortes pentes. Dans les études menées par JUNCO (2002) et LUCIO *et al.*(1992) dans les montagnes cantabriques (Espagne), l'habitat recherché pour installer leur nid, étaient des formations plus hautes à

genêt floribond (*Genista florida*) proposant une végétation plus fournie que les formations à genêt purgatif (*Cytisus oromediterraneus*) utilisées le reste de l'année. De juillet à septembre, en période d'élevage des jeunes, la perdrix rouge sélectionne des habitats hautement fragmentés, proposant une diversité importante d'habitats sur des surfaces restreintes. Dans ces secteurs montagneux, elle délaisse les zones de pâturage (Lucio et Purroy 1992).

La perdrix rouge occupe aussi des zones de transition qui se situent à des altitudes moyennes entre les zones montagneuses et les zones de plaine. Les habitats fréquemment utilisés dans ces zones en Espagne (Valdealiso, province de Léon) sont les landes à genêts scorpion (*Genista scorpius*). Ces landes ont une couverture moyenne de 52% et une hauteur moyenne de 63cm. Les zones à cistes à feuilles de laurier (*Cistus laurifolius*) offrant un couvert de 70% et une hauteur moyenne de 102cm sont clairement délaissées. Les terrains à Thym (*Thymus vulgaris*), bien que rares dans cette région, sont des espaces encore plus sélectionnés lorsqu'ils sont disponibles, alors que la structure est proche des landes à genêts scorpions, mais la présence d'herbacées y est plus importante (Lucio et Purroy 1992). En Italie, dans ces zones de transition, la perdrix rouge évite les zones boisées et utilise préférentiellement les zones de garrigue méditerranéenne ainsi que les friches agricoles, les zones viticoles et zones de verger. Au printemps, elle se tient à proximité des haies qui constituent des sites de nids privilégiés (Merrigi *et al.* 1991 ; Merrigi *et al.* 1992a). Dans les Apennins (Italie), la perdrix rouge préfère les zones buissonnantes et rocailleuses pour y installer son nid (Merrigi *et al.* 1992a). En été, les besoins des poussins guident l'utilisation de l'habitat vers des zones plus diversifiées en termes de végétation. Ainsi, les groupes familiaux se déplacent vers des zones de transition entre les garrigues et des zones agricoles abandonnées (Lucio et Purroy 1992).

Les collines méditerranéennes se caractérisent par des végétations dominées par la garrigue. Les conditions les plus favorables à la perdrix sont réunies lorsque la hauteur moyenne de la strate arbustive est inférieure à 1 m, dans l'idéal de 0 à 0,5 m de hauteur moyenne et de 50 à 75 % de couverture (Peiro *et al.* 1992; Ponce-Boutin *et al.* 2004). Le recouvrement de la strate arborescente doit être le plus réduit possible (inférieur à 25 %) (Peiro *et al.* 1992). La strate herbacée la plus appréciée est inférieure à 25 cm et son recouvrement doit être supérieur à 17 %. En été, la richesse des milieux en arthropodes est déterminante pour expliquer la présence de la perdrix rouge (Peiro *et al.* 1992; Ponce-boutin *et al.* 2004). Lorsque des cultures de céréales sont présentes au sein de ces zones de collines méditerranéennes, elles sont largement utilisées comme secteur d'alimentation, car ce sont des milieux qui offrent une nourriture plus riche que celle disponible en garrigue et notamment des graines de céréales (Peiro *et al.* 1992). La déprise agricole dans ce type de milieux, avec notamment l'abandon du pâturage, entraîne une fermeture de ceux-ci qui deviennent défavorables à l'espèce (Pepin et Blayac 1990; Ponce-Boutin *et al.* 2003; Quod et Ponce-Boutin 2007)

En zones cultivées mixtes méditerranéennes, les capacités d'accueil des milieux dépendent largement de leur structure et de leur composition. La présence de perdrix rouge est clairement associée à la présence de terres arables et de végétation méditerranéenne basse (Nadal *et al.* 1990; Lucio et Purroy 1992; Merrigi *et al.* 1992a; Diaz-Fernandez *et al.* 2013). De manière générale dans ces zones cultivées mixtes, plus le niveau de fragmentation du paysage est élevé, plus le niveau d'abondance des populations de perdrix rouge est élevé (Nadal *et al.* 1990; Merrigi *et al.* 1992a ; Lucio et Purroy 1992 ; Diaz-Fernandez *et al.* 2013). La culture de la vigne présente un intérêt fort en été en raison du couvert qu'elle propose et de la nourriture que les oiseaux y trouvent (herbacées et insectes) (Blayac 1987). En milieu viticole méditerranéen, d'avril à juin, soit en période de reproduction, la présence de perdrix rouge est très fortement associée à la présence de fétuques (*Festuca spp*) dans les parcelles et de manière moins importante par la présence de dactyle (*Dactylis glomerata*) (Ponce-Boutin *et al.* 2011). Les graminées représentent une forte proportion de l'alimentation des adultes à

cette période (Ponce-Boutin *et al.* 2011). Les plus fortes densités de perdrix rouges se retrouvent dans les zones méditerranéennes où l'agriculture est non intensive, en présence de parcelles mélangées de végétation buissonnante et de végétation basse ouverte de type méditerranéenne (garrigue et maquis ouverts) (Berger 1987 ; Lucio et Purroy 1992). De plus, pour certains auteurs, une corrélation positive existe entre la présence de chemins, de terres cultivées abandonnées et d'oliveraies et les densités de perdrix au printemps. Ce rapport aux chemins est certainement dû au fait que la perdrix rouge est une espèce qui recherche volontiers les écotones pour leur richesse spécifique en herbacées et en insectes (Borrallho *et al.* 1999). En ce qui concerne la nidification dans ce type de milieux, une étude sur 63 nids dans le sud de la France, en zone viticole a d'ailleurs montré que la perdrix rouge sélectionnait pour nicher des milieux non cultivés et essentiellement des haies. 95% des nids étaient situés à moins de 16 m des bordures de parcelles. La plante épineuse la plus recherchée dans cette étude était le chêne Kermès (Ricci 1990). En milieu agricole, la perdrix rouge sélectionne préférentiellement pour nicher des bordures de champs, des haies, des linéaires paysagers (Rands 1986b ; Ricci *et al.* 1990). L'utilisation des linéaires par la perdrix rouge comme site de nidification est une stratégie risquée puisque d'une part ce sont des milieux sur lesquels la présence des prédateurs est maximale (Angelstam 1986; Carvalho et Borrallho 1998) et d'autre part ce sont des formations végétales qui sont exposées aux activités agricoles ou aux modifications qui y sont liées (Carvalho et Borrallho 1998; Duarte et Vargas 2002). BERGER et MARCHANDEAU (2003) soulignent l'importance de la structure des haies pour la nidification de la perdrix rouge et notamment celle de la végétation en pied de haie dénommée banquette de haie. Ces résultats sont en accord avec les études menées précédemment sur le même type d'habitat (Aubineau 1980 ; Berger 1987; Brun 1991). En effet, la majorité des nids de perdrix est situé dans une végétation basse de 50 cm à 1 m de hauteur et présente une zone de dégagement avec de la végétation très basse (inférieure à 10cm) dans au moins une des directions (Berger et Marchandea 2003). En période d'élevage des jeunes, de juin à août, les perdrix utilisent des zones de dortoirs avec un couvert végétal plus haut, alors même que d'avril à mai les dortoirs sont situés dans des zones de végétation basse. La recherche d'une plus grande protection pour les jeunes semble être l'explication de ce comportement. Dans la journée, lorsque les jeunes sont âgés de moins de quatre semaines, les secteurs à couvert végétal bas (inférieur à 20 cm) sont délaissés alors qu'ils sont régulièrement utilisés en août (Ricci 1985a).

Les zones de cultures intensives sont essentiellement dominées par la culture de céréales. L'aspect le plus intéressant dans ces systèmes est de voir comment la perdrix rouge s'adapte à une abondance/rareté de la nourriture directement dépendante de l'homme. En effet, la rotation des cultures sur de grandes surfaces et la disparition saisonnière de la végétation, offre, dans ce type de milieux, des contrastes saisonniers importants de disponibilité alimentaire et de couvert. Au printemps, la sélection d'habitat est très conditionnée par le choix du site de nidification. Les perdrix rouges préfèrent alors les sites avec une fragmentation du paysage importante, où il y a une alternance des cultures, une taille du parcellaire réduite et des formations végétales naturelles entre les parcelles cultivées comme des bandes herbeuses ou des haies (Lucio 1989). En été, la perdrix rouge préfère des zones non cultivées et les bords de cultures. Elle recherche alors des secteurs accueillant de fortes abondances d'arthropodes. Les poussins de perdrix ont, en effet, besoin d'insectes dans les trois premières semaines de leur vie et les zones non cultivées sans traitements ni pesticides lui sont donc favorables car elles en sont riches (Serre et Birkan 1985 ; Rands 1986a). En été, en Espagne, les grandes cultures irriguées avec des haies épineuses sont délaissées. La perdrix rouge recherche alors des zones plus humides et visite fréquemment des secteurs à jonc (*Juncus spp*), scirpes (*Scirpus spp*) et carex (*Carex spp*) (Lucio 1989). Cela pourrait laisser supposer que les oiseaux sont à la recherche d'une alimentation à haute teneur en eau, aussi

bien qu'à la recherche de fortes abondances d'arthropodes présents dans ces zones plus humides. En automne et en hiver, les milieux utilisés changent de manière substantielle. Les groupes préfèrent les zones avec beaucoup de couvert en contraste avec la recherche de zones plus ouvertes au printemps et en été. La recherche de ces zones pourrait être due à leur quiétude notamment en lien avec une pression de chasse moins importante dans les zones fermées (Lucio 1989).

L'utilisation de l'habitat par la perdrix rouge en zone de bocage a été relativement peu étudiée. Dans l'ouest de la France, 31% des 362 nids de perdrix rouge étudiés par BRUN (1991) étaient situés dans des haies et 33% dans des prairies, alors que chez la perdrix grise 13% des 93 nids étaient situés dans des haies et 67% dans des prairies (Brun 1991). Dans ce type de milieux, BERGER et MARCHANDEAU (2003) ont confirmé l'importance des haies et des banquettes de haies pour la nidification de la perdrix rouge.

Quelque soit le type de région considéré, la perdrix rouge utilise préférentiellement des habitats diversifiés avec un taux de fragmentation important (Lucio 1989 ;Pepin et Blayac 1990; Nadal *et al.* 1990; Merrigi *et al.* 1992a.; Lucio et Purroy 1992; Ponce-Boutin *et al.* 2003; Quod et Ponce-Boutin 2007; Diaz-Fernandez *et al.* 2013). Cette préférence semble guidée à la fois par le besoin de structures végétales offrant une protection optimale en fonction de la période considéré, et par la nourriture que ces milieux peuvent apporter. L'ensemble des études réalisées sur la nidification montre clairement que les perdrix rouges recherchent des sites de pontes en lien avec une végétation piquante et épineuse pour protéger leurs couvées de la prédation (Potts 2012), et qu'elles sont extrêmement sensibles à la structure de cette végétation (Aubineau 1980; Rands 1986b; Ricci *et al.* 1990; Brun 1991; Lucio et Purroy 1992; Merrigi *et al.* 1992a; Junco 2002; Berger et Marchandea 2003)

I°1.11 La prédation

La cause principale des échecs de reproduction chez les galliformes, pendant la période de reproduction, est la destruction des œufs ainsi que la prédation des poussins comme des adultes au nid (Lucio 1989, Vickery *et al.* 1992).

La perdrix rouge est sensible à la prédation et celle-ci s'exerce essentiellement en période de reproduction, comme le confirment les travaux de MIDDLETON (1936) ; BUGALHO et LOPES (1979); GREEN (1984) ; LLANDRES et OTERO (1985) ; RANDES (1988) ; RICCI *et al.* (1990) ; BRUN (1991) ; LEONARD et REITZ (1998) ; CASAS et VIÑUELA (2010) ; MATEO-MORIONES *et al.* (2012) et POTTS (2012). Dans ces études, le pourcentage de pontes détruites varie de 8 % à 85 % essentiellement due à la prédation (>70%) (tableau II). La plupart des nids détruits dans ces études, et pour lesquels les prédateurs n'étaient pas responsables, l'ont été par des activités humaines et notamment par les travaux agricoles. CASAS et VIÑUELA (2010) ont d'ailleurs observé un nombre de destruction de nids par l'activité agricole chez la perdrix rouge pouvant être supérieur à l'impact de la prédation.

Les échecs de reproduction liés aux prédateurs peuvent donc être importants mais sont largement dépendant du site sur lequel a lieu l'étude (tableau II).

Selon POTTS (2012), les espèces de prédateurs essentiellement impliquées dans la destruction des nids de perdrix et des adultes au nid sont des prédateurs terrestres : renards, mustélidés, rats (*Rattus spp*), hérisson (*Erinaceus europaeus*)... Une partie non négligeable des destructions de nids est cependant liée aux corvidés. Certains auteurs associent à la cohorte des prédateurs de la perdrix rouge, les chats domestiques (*Felis catus*) et les chiens

(*Canis lupus familiaris*), dont on sous-estime sans doute l'impact (Ponce-Boutin 2003a). L'impact des chats domestiques sur la faune sauvage et notamment les oiseaux commence à être largement documenté (synthèse dans Loss *et al.* 2013). On estime à plusieurs milliards le nombre d'oiseaux tués annuellement par ces chats aux Etats-Unis et en Europe. On sait par ailleurs, que les chats dans les milieux insulaires, ont notamment causé, ou contribué à, la disparition de 14% des espèces disparues récemment inscrites sur la liste rouge de l'UICN (Medina *et al.* 2011). Les jeunes perdrix sont des proies faciles pour les chats. Toutefois, on ne connaît pas l'impact réel de cet animal domestique sur les populations de perdrix rouges.

Les rapaces en général (nocturnes et diurnes) consomment régulièrement des perdrix rouges que ce soit des poussins, ou des adultes et ce en toute saison (Ponce-Boutin 2003a). Toutefois on considère leur impact est généralement moins important que celui les prédateurs terrestres. Par exemple, chez la perdrix grise, ils peuvent représenter de 3 à 40% des mortalités liées à la prédation (Potts 2012). Ces chiffres relevés sur une longue période et sur les mêmes sites mettent en avant que c'est la gestion de l'habitat qui va déterminer la sensibilité des perdrix à la prédation aérienne. Chez la perdrix rouge, aucune étude ne traite directement de la question de l'impact des rapaces.

Tableau II: pourcentage de nids de perdrix rouges détruits et ceux détruits par des prédateurs selon plusieurs études.

Lieu de l'étude	Période de l'étude	Nids suivis	% pontes détruites	% pontes détruites par des prédateurs	Référence
Angleterre	1933-1935	86	8%	8%	Middleton (1936)
Angleterre, Sussex	1969	49	41%	29%	Sussex study , Potts (2012)
Ouest de la France	1977-1985	362	68%	3 à 24%	Brun (1991)
Portugal	1978	17	59%	18%	Bugalho et Lopes (1979)
Norfolk	1980-1981	78	38%-85%	38%-85%	Green (1984)
Espagne, Guedea	1982-1984	606	15%	15%	Llandres et Otero (1985)
Hampshire	1984-1987	65	62%	41%	Rands (1988)
Sud de la France	1986-1989	29-32	41%-79%	41%-79%	Ricci (1990)
Centre de la France	1995-1996	39	56%	48%	Leonard et Reitz (1998)
Espagne, La Mancha	2003-2005	97	64%	27%	Casas et Viñuela (2010)
Espagne, Navarre	2008-2009	45	67%	56%	Mateo-Moriones <i>et al.</i> (2012)

Des questions commencent à se poser quant à la relation qu'entretiennent les populations de perdrix rouges avec les populations de sanglier. Celui-ci est à la fois mis en cause comme pouvant impacter la disponibilité alimentaire des perdrix dans les milieux pauvres mais aussi en tant que prédateur de nids (Carpio *et al.* 2014; Carpio *et al.* 2015). Ces questions sont d'autant plus d'actualité que les prélèvements en France de sangliers et donc probablement le niveau de leurs populations, ont été multipliées par cinq au cours des 25 dernières années (ONCFS 2015). Les départements méditerranéens français supportent les effectifs les plus importants de sangliers. Dans un département comme le Gard, ou les deux départements corses, les tableaux de chasse dépassent quatre sangliers tués par an aux 100 ha totaux (ONCFS 2015), on peut donc s'interroger sur l'impact d'un tel niveau de population de

sangliers sur les capacités des perdrix rouges à mener à bien leur couvées, sans que leur nids ne soit détruit. A ce jour aucune étude ne répond vraiment à cette interrogation dans le contexte actuel et cette question mériterait d'être approfondie.

Si la prédation peut avoir un impact important sur le succès de la reproduction et la survie des perdrix rouges sauvages (Cf. supra), son impact sur la survie des perdrix rouges issues de lâcher peut être considérable (Carvalho *et al.* 1998; Gortázar *et al.* 2000; Pérez *et al.* 2004; Santilli *et al.* 2005 ; Gaudioso *et al.* 2011 ; Duarte *et al.* 2011 ;Santilli *et al.* 2012 ; Pérez *et al.* 2015) (et analyse infra). La prédation peut ainsi occasionner jusqu'à 100% de mortalité chez les perdrix rouges lâchées (Gortázar *et al.* 2000; Duarte *et al.* 2011). Elle est selon certains auteurs, le premier facteur d'échec des tentatives de renforcement de populations (Dowell 1992).

I°1.12 Statut

La perdrix rouge a souffert d'un déclin important de ses populations sur 95% de son aire de répartition originelle en Europe (Aebischer et Potts 1994) et plus particulièrement au cours des années 1980 et 1990 (Aebischer et Lucio 1997). Globalement, en Europe, la perdrix rouge a un statut de conservation défavorable (Tucker et Heath 1994). Toutefois, malgré un déclin marqué au cours des dix dernières années, le statut de conservation de la perdrix rouge est classé en « préoccupation mineure » par l'UICN, en raison de sa large aire de répartition, du niveau des populations relativement élevé dont elle bénéficie encore par endroits et d'un déclin estimé à 10% au cours des 10 dernières années bien en deçà du niveau d'alerte de 30% (BirdLife International 2016). Elle était classée comme vulnérable en 1994 en raison du déclin important qu'elle avait subi au cours des années 80 et 90 (Tucker et Heath 1994). En Espagne, où se concentrent les populations les plus importantes (Aebischer et Potts 1994 ; Aebischer et Lucio 1997), le statut de conservation réel est mal connu en raison du manque de données précises (Blanco-Aguiar *et al.* 2003). En France, la population était estimée à 300 000 couples nicheurs au printemps en 1998 (Reitz 2003). Cette même population était estimée à 322 000 [min: 198 000- max: 452 000] couples reproducteurs en 2008, mais cette apparente stabilité cache certainement des phénomènes de baisse importante dans certains secteurs historiques, notamment dans le sud et une expansion vers le nord induite par des lâchers de tir massifs qui finissent par s'installer en tant que populations autochtones (Ponce-Boutin *et al.* 2012).

La perdrix rouge est inscrite à l'annexe III de la convention de Berne relative à la conservation de la vie sauvage et du milieu naturel de l'Europe (les espèces de la faune sauvage, dont la liste est énumérée à l'annexe III, doivent faire l'objet d'une réglementation, afin de maintenir l'existence de ces populations hors de danger (interdiction temporaire ou locale d'exploitation, réglementation du transport ou de la vente...)) et à l'annexe II (espèces dont la chasse est autorisée) et à l'annexe III (espèces dont le commerce est autorisé) de la directive 79/409/CEE relative à la conservation des oiseaux sauvages. En France, elle est donc chassable (Arrêté Ministériel du 26 Juin 1987 fixant la liste des espèces de gibier dont la chasse est autorisée) et commercialisable (Arrêté Ministériel du 20 décembre 1983 relatif à la commercialisation de certaines espèces d'oiseaux).

I°1.13 Chasse

Les populations de perdrix rouges sont chassées dans tous les pays dans lesquels elles sont présentes et l'espèce fait partie dans ces pays des gibiers les plus prisés (Nadal 2008). Le risque de surexploitation n'est pas négligeable (Keane *et al.* 2005). L'essentiel des prélèvements se fait sur des oiseaux issus de lâcher tant en Espagne où près de 4 millions d'oiseaux sont lâchés annuellement pour la chasse (Diaz-Sanchez *et al.* 2011) qu'en France où, par exemple au cours de la saison cynégétique 2013/2014, il s'est prélevé entre 1 117 568 et 1 429 751 individus (Aubry *et al.* 2016), bien au-delà des populations estimées de 322 000 couples (Ponce-Boutin *et al.* 2012) et de leur capacité reproductrice. Ces prélèvements et ces pratiques massives de lâchers posent des questions sur la préservation des populations naturelles si une gestion raisonnée des populations prenant en compte des populations sauvages n'est pas mise en place (ONCFS 2000; Ponce-Boutin *et al.* 2006).

I°2 Les pratiques agricoles et leur impact sur les perdrix

Il existe une relation étroite entre la perdrix rouge et les milieux agricoles. La modification de ces milieux en lien avec l'évolution des pratiques agricoles est considérée par de nombreux auteurs comme la cause principale du déclin des populations (Potts 1980; Lartiges et Mallet 1983; Pepin et Blayac 1990; Nadal *et al.* 1996; Borralho *et al.* 2000, Stoate et Araujo 2000; Gortázar *et al.* 2002). En effet, la qualité d'un couvert végétal pour les galliformes de plaine (perdrix grises (*Perdix perdix*), perdrix rouges et faisan commun (*Phasianus colchicus*) dépend tout autant de la nature du couvert que de la conduite agricole et de l'environnement dans lequel il se trouve.

L'utilisation dans les parcelles agricoles de produits phytosanitaires réduit considérablement la présence des invertébrés (Rands 1985; Moreby et Potts 1984). D'une manière générale, une corrélation forte a été mise en évidence entre l'utilisation massive de produits phytosanitaires, la réduction des populations d'invertébrés dans les cultures et le déclin des populations d'oiseaux (Benton *et al.* 2002). Il a été démontré en Angleterre que la survie des jeunes perdrix rouges et perdrix grises en plaine céréalière était directement liée à la disponibilité en invertébrés (Rands 1985 ; Moreby et Potts 1984). Le manque de nourriture disponible pour les poussins de perdrix, notamment celle riche en protéines, pourrait expliquer une plus forte mortalité et/ou impacter le succès reproducteur des perdrix. Ces observations sont confirmées par d'autres auteurs qui indiquent que les effets négatifs de ces produits phytosanitaires sur les populations d'invertébrés peuvent être directs en provoquant des mortalités par intoxication ou indirects en réduisant la disponibilité alimentaire de ceux-ci (Serre et Birkan 1985 ; Moreby 1996). La disponibilité alimentaire nécessaire aux poussins de galliformes est donc moins importante dans les parcelles traitées avec ces produits phytosanitaires de type herbicide ou insecticide (Navet 1982 ; Bro et Ponce-Boutin 2004) (tableau III). L'application des produits phytosanitaires et leurs effets négatifs concernent les cultures à proprement parler mais aussi les zones proches notamment lorsque l'application se fait par pulvérisation. Ces bords de champs constituent des habitats privilégiés des perdrix rouges (Ricci 1990; Berger et Marchandau 2003; Berger 2005) et l'utilisation de traitements agricoles sur ces zones, impacte directement leur habitat. Une étude à grande échelle menée par le Game Conservancy Trust en Angleterre a mis en évidence que dans les zones céréalières, la préservation de bandes de bords de champs de 6 à 10m, non traitées par des phytosanitaires et des herbicides, permettait d'augmenter la taille moyenne des compagnies de 2,5 individus chez la perdrix grise, de 1,1 individu chez la perdrix rouge et de 3,7 individus par compagnie chez le faisan (Rands 1985).

Les populations d'invertébrés sont également impactées par la nature du travail du sol et notamment le travail en profondeur (labour), qui est susceptible de détruire les formes dormantes d'invertébrés (larves, adultes)(Moreby 1996) (tableau III). La nature des travaux agricoles peut donc aussi avoir des effets négatifs sur la disponibilité alimentaire des perdrix. Des études ont aussi mis en évidence les effets néfastes des produits d'enrobage des céréales, sur la survie et la reproduction de la perdrix rouge lorsqu'ils sont ingérés (Lopez-Antia *et al.* 2013).

La structure du paysage peut également être impactée par les activités agricoles, notamment dans le cadre du remembrement qui a pour effet de faire disparaître les haies qui sont des sites de nids privilégiés pour la perdrix rouge (Navet 1982) ou de la simplification de l'assolement (tableau III). La simplification de l'assolement est le changement de destination des parcelles agricoles vers de la monoculture généralisée sur de larges zones. Ainsi, la variété des sources de nourriture et de couvert disponibles peut être fortement réduite comme dans le cas de mise en place de cultures de céréales à grande échelle qui limitent le couvert disponible pendant les périodes d'inter-culture ou de mise en place (Navet 1982). La disparition des haies et talus impacte aussi tout le cortège de flore et de faune associée à ces écotones (Wilson *et al.* 1999) qui constituent des lieux d'alimentation privilégiés des perdrix rouges notamment en période d'élevage des jeunes.

Les activités agricoles, telles que les travaux de récoltes, peuvent également avoir un impact sur les perdrix rouges, notamment en provoquant des destructions de nids de nichées ou des abandons de nids par dérangement (Navet 1982; Duarte et Vargas 1998), mais aussi en détruisant des adultes, qui sont écrasés par les machines ou happés par celles-ci (Bro *et al.* 2007) (tableau III). Enfin, en milieu méditerranéen, l'abandon des terres agricoles, entraîne la fermeture de ces milieux qui deviennent successivement des friches puis des garrigues fermées pour finir en bois, ce qui peut entraîner une perte de la qualité des milieux et donc une diminution de la capacité d'accueil de ces milieux pour les perdrix (Pepin et Blayac 1990 ; Blayac 1987 ; Ponce-Boutin *et al.* 2003b ; Ponce-Boutin 2006).

Tableau III: exemples d'impacts de changements d'habitats liés à l'activité agricole sur les populations de perdrix rouges

changement d'habitat	mécanisme causal	Source
Remembrement arrachage des haies	Destruction des sites de nids	Ricci (1990); Berger et Marchandeu (2003); Berger (2005)
Limitation de l'enherbement dans les vergers et dans les cultures	Augmentation de la prédation par une plus forte détectabilité des nids, limitation de l'apport alimentaire et réduction des populations d'orthoptères	Castro-Caro <i>et al.</i> (2014) ; Serre et Birkan (1985) ; Moreby (1996) ; Wilson <i>et al.</i> (1999)
Utilisation de pesticide	Réduction de l'abondance de la nourriture (arthropodes), impact sur la survie des jeunes et donc sur le succès de reproduction	Rands (1985) ; Navet (1982) ; Bro et Ponce-Boutin (2004)
Abandon des terres agricoles	Baisse de la capacité d'accueil par la fermeture des milieux	Pepin et Blayac (1990) ; Blayac (1987) ; Ponce-Boutin <i>et al.</i> (2003b) ; Ponce-Boutin (2006)
Machinisme agricole	Augmentation de la mortalité des adultes et des poussins ainsi que la destruction des nids	Navet (1982); Duarte et Vargas (1998); Bro <i>et al.</i> (2007)

I°3 Prescriptions de gestion de l'environnement en faveur de la perdrix rouge

I.3.1 l'aménagement des milieux naturels et agricoles

La gestion agricole

De manière générale, on peut préconiser la limitation de l'utilisation d'intrants d'origine chimique et des produits phytosanitaires qui peuvent avoir de conséquences néfastes sur les populations de perdrix rouge et leur environnement. Il est à noter que la réglementation impose le maintien de bandes enherbées en bordure de cours d'eau et de fossés d'une largeur de 5 à 10 mètres (directive européenne 91/676/CEE dite Nitrates), bandes qui peuvent alors être favorables aux perdrix. De plus, d'autres types de mesures, dites « de conditionnalité », imposent le maintien de 4% de surfaces non cultivées dans le cadre de la P.A.C. (Politique Agricole Commune). Dans ces mesures de conditionnalité, les bandes tampons déclarées en jachères doivent être entretenues par broyage et fauchage. Ces pratiques sont interdites sur une période de 40 jours consécutifs chaque année. L'utilisation de produits phytosanitaires est règlementairement limitée à la lutte contre la montée en graines des espèces indésirables et autres organismes nuisibles, définis par arrêtés préfectoraux. Sur ces espaces, aucun apport minéral ou organique n'est possible hormis le pâturage. Les dispositions règlementaires ou contractuelles en matière de conduite des travaux agricoles et d'utilisation de produits phytosanitaire ne sont pas toujours respectées et la réglementation en la matière évolue régulièrement. Par exemple, l'arrachage des haies, le traitement des bords de champ avec des produits insecticides ou herbicides, les travaux agricoles comme le broyage des jachères hors des périodes autorisées sont des pratiques courantes, parfois illégales et qui impactent fortement l'habitat de la perdrix rouge et des autres espèces qui utilisent ces espaces. Pour améliorer ces pratiques, la mise en place de partenariats entre les agriculteurs et les gestionnaires cynégétiques est à développer (Bertrand 2001). Ces partenariats peuvent porter sur des mesures concernant les parcelles agricoles ou sur les friches, les bords de chemins ou les haies (Lartiges et Mallet 1983; Bertrand 2001, Bro et Ponce-Boutin 2004; Berger 2005) . La mise en place de partenariats de gestion sur les friches, les bords de chemin ou les haies devrait être plus faciles à mettre en œuvre car ce sont des espaces agricoles non productifs et au regard de l'intérêt qu'ils présentent pour la perdrix rouge cela devrait lui être très profitable. Par exemple, la mise en place de traitements de bords de champs différenciés quant à la gestion de traitements phytosanitaires et insecticides ou de zones tampons dans les cultures de céréales d'une taille de 5-10 m augmentant sensiblement le succès reproducteur des galliformes et notamment de la perdrix rouge (Potts 2012), la mise en place de partenariats sur ce type de milieu devrait lui être profitable (Bertrand 2001).

Chaque grand type de milieu agricole a ses intérêts pour la perdrix rouge, mais aussi ses inconvénients. Il faut donc adapter sa stratégie de gestion ou d'aménagement du milieu en fonction du type d'habitat dans lequel on souhaite favoriser la présence de la perdrix rouge.

Les milieux pseudo-steppiques sont des milieux herbacés très ouverts comme dans la plaine de la Crau ou sur les causses méridionaux. On retrouve également ce type de milieux en Espagne et au Portugal. Le maintien des bordures et des haies, la limitation des travaux agricoles pendant les périodes de reproduction et la limitation du travail du sol pour limiter l'impact sur les populations d'invertébrés semblent être la meilleure stratégie pour améliorer la productivité de la perdrix rouge et la protection des espèces d'oiseaux liées aux mêmes types de milieux (Stoate *et al.* 2004; Parish et Sotherton 2004).

En zone de montagne la restauration des prairies naturelles est favorable à la perdrix rouge (Lucio et Purroy 1992). La fauche de ces espaces limite la fermeture des milieux et dynamise la production d'invertébrés et notamment des orthoptères (Pradervand *et al.* 2013).

En zone de collines méditerranéennes, en garrigue, il faut essayer de conserver la diversité des habitats (Blondel 1965). La superficie sur laquelle la gestion de l'espace en faveur de la perdrix rouge est envisagée, doit être de l'ordre d'une trentaine d'hectares minimum (Blondel 1965). Au sein de ces espaces on peut favoriser l'enherbement dans les secteurs agricoles et notamment les vergers et les parcelles de vigne, ce qui permet également de favoriser l'entomofaune (Blondel 1965). L'utilisation du brûlage dirigé est également préconisée en association avec le pâturage pour l'ouverture et l'entretien des milieux ouverts (Ponce-Boutin *et al.* 2003b). Le débroussaillage semble présenter un coût important pour un entretien de zones ouvertes, toutefois, il est quelquefois intéressant pour la remise en cultures de parcelles abandonnées depuis peu (Pepin et Blayac 1990; Ponce-Boutin *et al.* 2004). De plus, les aménagements de réouverture du milieu en faveur d'une espèce gibier profitent souvent à de nombreuses autres espèces comme par exemple le rossignol philomène (*Luscinia megarhynchos*), la fauvette mélanocéphale (*Sylvia melanocephala*), la fauvette passerinette (*Sylvia cantillans*) ou la fauvette pitchou (*Sylvia undata*) (Blondel 1965; Ponce-Boutin *et al.* 2004).

Pour favoriser la perdrix rouge, en milieu agricole méditerranéen, le maintien des milieux ouverts des zones en déprise agricole est à privilégier. Cet entretien peut se faire par débroussaillage, par broyage, par brûlage dirigé, ou par pâturage. Il faut privilégier les périodes d'intervention évitant les périodes sensibles de la reproduction entre fin mars (début des pontes) et fin juillet (fin des éclosions). En formation à chêne kermès (*Quercus coccifera*), tout aménagement rend le milieu plus favorable. Le feu et le sous-solage associé au pâturage sont à privilégier. En effet, le débroussaillage ou le broyage sont inefficaces dans ce type de milieux en raison de la quantité importante de litière qu'ils laissent et de l'impossibilité pour les autres végétaux de s'installer malgré une intervention (Ponce-Boutin *et al.* 2003b). Dans les formations à chêne vert l'utilisation du feu et du pâturage favorise la richesse patrimoniale et donc la présence de la perdrix rouge (Ponce-Boutin *et al.* 2004). Dans les formations de garrigue méditerranéennes entrecoupées de zones agricoles DIAZ-FERNANDEZ *et al.* (2013) incitent à travailler sur la qualité de l'habitat en maintenant des haies et des zones de végétation basse buissonnante favorable. Le maintien de l'enherbement dans les vergers peut permettre de limiter sensiblement (environ -20 %) l'impact de la prédation sur les nids (Castro-Caro *et al.* 2014).

En zones de bocage, il faut préserver les landes et les haies utilisées par la perdrix rouge comme site de ponte et de nourrissage (Brun 1991 ; Berger 2005; Berger et Marchandau 2003).

Dans les milieux agricoles simplifiés, le facteur limitant principal étant l'assolement, il est important de maintenir des bords de champs non cultivés (Lucio et Purroy 1992). En plaine de grandes cultures, BRO *et al.* (2008) et REITZ et MAYOT (1999) ont mis en évidence que la prédation aérienne sur la perdrix grise était plus élevée dans les milieux plus homogènes. Aussi, faut-il veiller à la diversité de l'habitat dans ces milieux et notamment à la diversité des cultures qui peuvent offrir des stades végétatifs différents à une même époque alors que dans un même secteur une monoculture n'offrira en début d'implantation et après récolte qu'une moindre protection. Il faut préserver des zones de pontes en préservant les haies et en assurant l'entretien des banquettes herbeuses en dehors des périodes sensibles de couvaison.

Il faut maintenir les cultures de céréales dans les milieux peu cultivés. L'adoption de pratiques culturales favorisant les ressources alimentaires et notamment les plantes adventices et les invertébrés sont à privilégier (Launay 1975 ; Vickerman et O'Bryan 1978). Au niveau des pratiques agricoles il faut veiller à limiter la mortalité liée au machinisme notamment en réalisant des récoltes à vitesse réduite et de l'intérieur vers l'extérieur des parcelles, en retardant au maximum les travaux de récoltes en bordure de parcelle et en évitant de travailler de nuit (Bro *et al.* 2007).

Les cultures à gibier

Les cultures à gibier sont des cultures non productives réalisées par les gestionnaires cynégétiques en vue de favoriser la présence du gibier. Ainsi BRO et PONCE-BOUTIN (2004) préconisent la mise en place de couverts riches en insectes afin de limiter les déplacements des perdrix et de fournir à tous les oiseaux dans un rayon proche d'une zone de couvert, une quantité suffisante de nourriture pour subvenir à leurs besoins. ERRINGTON et HAMERSTROM (1936 dans Potts 2012) ont ainsi énoncé que pour qu'un couvert destiné au petit gibier soit efficace, il devait procurer une protection contre les rapaces ainsi que fournir des lieux d'alimentation. Le couvert de protection doit être efficace tant pour limiter la prédation en période de reproduction ou tout au long de l'année que pour assurer un minimum de tranquillité par rapport aux activités humaines (promenades, travaux agricoles, déplacement en véhicule à moteur...). Couvert de protection et alimentation sont actuellement les deux fonctions principales données par les gestionnaires de territoires aux couverts cynégétiques (Bro, 2007). Il est difficile, voire impossible, de proposer des solutions universelles en matière de cultures favorables au gibier et ceci vaut pour la perdrix rouge comme pour les autres espèces (Casas 2008). Les préconisations de gestion de l'habitat en faveur de la perdrix rouge doivent s'envisager en fonction de l'habitat ou du type de milieu considéré (Casas 2008). En effet, les facteurs environnementaux, notamment la nature du sol et les contraintes climatiques annuelles influencent à la fois la pousse des cultures ainsi que l'abondance en insectes (Holland *et al.* 2002). Le pH, la nature, ou l'humidité du sol, comme le couvert, les pratiques agricoles ou encore le microclimat ont une incidence sur la pousse des cultures. La mise en place de cultures à destination du gibier répond donc, comme pour les cultures traditionnelles à des contraintes agronomiques précises. L'Association Française pour la Production Fourragère (AFPF) donne des indications concernant la mise en culture d'espèces intéressantes pour la perdrix rouge : Fétuque élevée (*Festuca arundinacea*), Fétuque des prés (*Festuca pratensis*), Dactyle (*Dactylis glomerata*), Fétuque rouge (*Festuca rubra*), Luzerne (*Medicago sativa*), Sainfoin (*Onobrychis* spp.), Ray-grass (*Lolium perenne*) (Ponce-Boutin *et al.* 2003b ; Ponce-Boutin *et al.* 2004; Ponce-Boutin *et al.* 2011; AFPF 2014). Même si ce type de document est rédigé à l'attention des agriculteurs pour la production de fourrage et de pâturages, il n'en demeure pas moins que les exigences techniques pour la pousse des plantes à intérêt agronomique restent les mêmes quelle que soit la destination des parcelles. Il est donc important pour le gestionnaire cynégétique souhaitant mettre en place des cultures à gibier de respecter les itinéraires techniques de mise en place des cultures qu'il souhaite utiliser. Il doit aussi veiller à la pertinence de la culture qu'il souhaite mettre en place en fonction du lieu choisi.

En zone de plaine, il est intéressant de mettre en place des couverts faunistiques composés de choux fourragers (*Brassica oleracea*) en hiver, d'avoine (*Avena sativa*) et de vesce (*Viscia* spp.) pour l'élevage des jeunes, de trèfle incarnat (*Trifolium incarnatum*) , de ray-grass ou seigle (*Secale cereale*) pour la nidification (Berger et Marchandeaude 2003 ; Berger 2005).

La remise en culture de céréales des parcelles délaissées, en zone viticole peut avoir un effet très positif sur le nombre de jeune par adulte (+30 %). Il a été observé un succès de la reproduction des perdrix rouges supérieur sur une zone aménagée avec des cultures à gibier et de céréales, par rapport à une autre qui ne l'a pas été (Ponce-Boutin *et al.* 2006). Ces parcelles doivent représenter au minimum 1% de la surface considérée et être de taille suffisante (2 000 m² semble être un minimum) (Ponce-Boutin *et al.* 2006). Par exemple sur un territoire de 500 ha, le gestionnaire cynégétique devra envisager au minimum 5 ha de cultures à gibier réparties en quinze à vingt parcelles. Il apparaît qu'un aménagement judicieux d'un habitat peut favoriser la perdrix rouge: cultures à gibier au sein de friches, cultures (céréales) dans des milieux peu cultivés. La diversification du paysage et la remise en culture des parcelles abandonnées offrent à la fois couvert et nourriture, surtout afin d'éviter aux jeunes perdreaux non volants (deux premières semaines de vie) de s'exposer aux prédateurs en devant sortir à découvert. Suite à des essais de culture réalisés à Pailhès (Hérault), PONCE-BOUTIN *et al.* (2006) proposent de semer un mélange de céréale (blé, avoine), de fétuque élevée et de légumineuse (luzerne, vesce) fournissant couvert, richesse en insectes et graines. L'importance des graminées dans le régime alimentaire de la perdrix rouge plaide en faveur de l'enherbement des vignes et vergers. (Ponce-Boutin *et al.* 2003b ; Ponce-Boutin *et al.* 2004)

I.3.2 la prédation et les modalités de sa limitation

De nombreux auteurs parlent de la complexité de la relation prédateur/proie (synthèse in Gibbons 2007; Bro *et al.* 2008). Par exemple, les mouvements de dispersion des animaux qui varient en fonction de leur propre densité peuvent accroître la vulnérabilité aux prédateurs. La structure du couvert végétal, l'abondance de la nourriture, la rigueur du climat, la présence de maladies, l'état physiologique ou le comportement peuvent rendre les perdrix rouges plus ou moins sensibles à la prédation. Ces facteurs peuvent agir seuls ou ensembles pour moduler le niveau de mortalité par prédation. Par exemple, le déclin des populations d'invertébrés peut avoir un effet sur la nutrition des poussins et des poussins affamés peuvent avoir des comportements qui augmentent le risque de détection par les prédateurs (Evans *et al.* 1997). On ne peut pas déterminer si la prédation est un facteur qui s'ajoute aux autres causes de mortalité ou qui vient compenser celles-ci. Pour illustrer cette complexité, NADAL *et al.* (1996) ont étudié des populations en déclin de perdrix rouge à Huesca (Espagne). A la différence des populations stables, celles-ci se caractérisent par un échec reproducteur récurrent (nombre moyen de jeune par adulte < 1) et par une mortalité importante des adultes due à la mauvaise qualité de l'habitat (absence d'écotone, faible diversité, impact de l'agriculture), ainsi qu'à la surabondance de prédateurs anthropophiles et à une pression cynégétique excessive, qui font que la survie des poussins et des femelles est faible. Selon les années, les conditions climatiques défavorables accroissent la mortalité des femelles juvéniles et adultes, et en conséquence diminuent encore la productivité et la densité de la population.

L'impact, sur les populations de galliformes, des prédateurs terrestres et de la limitation par l'homme des populations de prédateurs a été largement étudié (synthèse dans Stahl et Migot 1993). Les effets sur la dynamique des populations de la régulation des prédateurs dépendent des superficies d'interventions, de la cohorte de prédateurs présents et de l'incidence de l'enlèvement de l'un d'entre eux sur la dynamique des autres. Les espèces de petit gibier ne sont généralement que des espèces secondaires dans le régime alimentaire des prédateurs et la dynamique des populations de ces derniers dépend plus des autres proies comme les micromammifères que de la dynamique des populations de gibier (Stahl *et Migot* 1993). Toutefois, l'effet de ces prédateurs sur les populations de gibier peut être fort (Stahl *et Migot* 1993). Les effets de la régulation des prédateurs terrestres, et notamment du renard, sur la

survie des adultes, le succès de nidification, la survie des jeunes, les densités au printemps et à l'automne peuvent être très importants chez la perdrix grise (Tapper *et al.* 1996). Dans cette étude les auteurs identifient la prédation comme le facteur limitant principal de la dynamique de population.

De nombreux prédateurs terrestres consomment des poussins et des adultes de perdrix rouges, ainsi que les œufs. Si de nombreuses études s'intéressent à l'impact des prédateurs sur la destruction des nids, peu d'études s'intéressent spécifiquement à l'impact des prédateurs terrestres sur les individus sauvages de perdrix rouge (Casas 2008; Mateo–Moriones *et al.* 2012). Concernant la régulation des prédateurs (renard, pies, fouines) MATEO–MORIONES *et al.* (2012) nous indiquent que les effets de la régulation des prédateurs sont peu importants sur la survie des adultes et sur le taux de destruction de nids. Les effets sont peu marqués sur la survie des poussins âgés de moins de un mois, en raison certainement de l'effet prépondérant des conditions météorologiques et trophiques sur cette survie. Toutefois les effets sont importants sur la survie des poussins âgés de plus de un mois, ce qui signifie que sur cette classe d'âge la prédation occasionne une surmortalité.

Lorsque les interactions entre les changements de milieux et la prédation contribuent au déclin des populations, l'impact des prédateurs peut être limité en les prélevant (piégeage, chasse) et/ou en aménageant le territoire. En pratique, le choix de la solution la plus adaptée pour limiter l'impact des prédateurs sur les populations de perdrix rouges sera difficile car il faudra avoir une connaissance fine des mécanismes d'interactions entre l'espèce proie, le prédateur et le milieu (Evans 2004). De plus, le fonctionnement des relations prédateurs/proies sont complexes et la limitation des populations d'une espèce de prédateur peut avoir des conséquences, ou ne pas en avoir, sur la dynamique des populations de gibier et ces conséquences peuvent s'observer à court ou à long terme (e.g. in Evans 2004; Stahl et Migot 1993). Même si les relations entre les populations de prédateurs et les dynamiques de populations des espèces proies sont difficiles à établir, dans son ouvrage « Partridges », POTTS (2012) indique que chez les perdrix du genre *Alectoris* pour lesquelles des études ont été menées sur le sujet (74), le taux de destruction de nids est de 34% lorsqu'un piégeur intervient sur le territoire pour réguler les prédateurs, contre 63% sans piégeur. Les réponses à l'enlèvement des prédateurs sont variables, mais il est à noter que dans 70% des cas les effets ont été positifs (Nadal 2008). Toutefois, certaines expériences montrent que les effets de la limitation des prédateurs sur les populations proies ne sont pas automatiques (Niot *et al.* 1995). De plus, les études montrent que seul un effort important de régulation des prédateurs a un effet sur le niveau des populations des espèces gibier et que ces effets disparaissent dès l'arrêt de la pression de régulation (Stahl et Migot 1993) en raison des phénomènes de colonisation et de compensation des prédateurs (Lieury *et al.* 2016). Ainsi de nouveaux prédateurs viennent s'installer sur le territoire. Même si le mécanisme prédateur/environnement est compris il faudra que le gestionnaire ait la capacité d'intervenir soit sur la population de prédateurs, soit sur le milieu pour améliorer les choses. Les espèces classées « nuisibles » au plan règlementaire, ayant un effet sur les perdrix rouges, pouvant être régulées en France ainsi que les modalités dans lesquelles peuvent s'exercer cette régulation sont régies par le Code de l'Environnement (Décret n° 2012-402 du 23 mars 2012 relatif aux espèces d'animaux classés nuisibles ; Arrêté du 3 avril 2012 pris pour l'application de l'article R. 427-6 du code de l'environnement et fixant la liste, les périodes et les modalités de destruction des animaux d'espèces classées nuisibles sur l'ensemble du territoire métropolitain du 1er juillet 2012 au 30 juin 2013). La liste des espèces classées nuisibles est fixée par département. Selon les départements certaines espèces comme la fouine ou le renard peuvent ne pas en faire partie.

La détermination du type de réponse approprié en matière d'aménagement du territoire ou de régulation des prédateurs, est difficile à réaliser à partir de seules données statistiques sur les populations concernées (Trexler *et al.* 1988). STAHL et MIGOT (1993) donnent tout de même plusieurs recommandations concernant la régulation des prédateurs :

- Travailler sur de grandes superficies (plus de 4 000 ha)
- Viser plusieurs prédateurs
- Travailler sur la durée
- Maintenir un effort important

Les rapaces consomment aussi des perdrix rouges jeunes et adultes. La structure du milieu a une importance forte sur l'efficacité des rapaces dans la capture des perdrix (Reitz et Mayot 1999 ; Bro *et al.* 2008). En France, l'ensemble des rapaces est protégé, (A.M. Du 29 Octobre 2009) donc le seul moyen pour le gestionnaire de limiter l'impact de leur prédation sur les populations de perdrix est de travailler sur l'aménagement du territoire en proposant aux perdrix rouge des zones dans lesquelles la protection sera maximisée par le couvert qu'elles proposent (Errington et Hamerstrom 1936 dans Potts 2012).

Il est à noter que la question de régulation des prédateurs protégés et non protégés divise profondément la société mais aussi les scientifiques entre les pro-régulations et les anti-régulations. Les pro-régulations prônent le fait que la prédation étant un facteur limitant au développement des populations, il faut donc limiter le nombre des prédateurs sur le territoire pour dynamiser les populations de gibier ; les anti-régulations déclarent que le plus important est la qualité du milieu qui est plus ou moins protecteur en fonction de sa structure, il conviendrait donc de l'aménager correctement pour limiter l'impact de la prédation (Potts 2012; Delibes-Mateos *et al.* 2013 ; Bro, Arroyo et Migot 2006). Le conflit tient donc au fait de savoir s'il vaut mieux agir sur les populations de prédateurs ou sur la gestion du milieu uniquement et donc préserver ou non les prédateurs. ROLLINS et CARROLL (2001) proposent une approche originale de la lutte contre la prédation désignée « Integrated Pest Management » (trad : gestion intégrée des nuisibles). Cette approche est inspirée des principes agronomiques sur la lutte intégrée. Il s'agit d'un concept qui reprends dans un premier temps l'idée de la lutte contre la prédation en travaillant principalement sur l'aménagement du territoire, puis qui prône ensuite une intervention « chirurgicale », c'est-à-dire ciblée dans le temps et dans l'espace, par exemple en période de reproduction sur les sites exposés. Cette approche intégrée de la limitation de l'impact des prédateurs sur les populations gibier a finalement été peu étudiée.

I.3.3 la ressource alimentaire et l'agraine

La rareté ou la mauvaise répartition spatiale de la disponibilité alimentaire en hiver chez les galliformes de plaine entraîne :

- un coût énergétique du fait des distances parcourues à la recherche de nourriture.
- de la compétition (partage d'une ressource limitée)
- un risque indirect de prédation (exposition accrue aux prédateurs, réduction de la vigilance anti-prédateur).

Les galliformes de plaine sont caractérisés, d'un point de vue démographique, par des stratégies dites « r », correspondant à de fortes potentialités reproductrices et un faible taux de survie. La dynamique des populations est donc fortement déterminée par la productivité, la survie des poules pendant la période de reproduction, les capacités reproductrices et la survie juvénile (Trouvilliez *et al.* 1988). La ponte de 10 à 15 œufs chez les perdrix rouges représente

de 40 à 50% de leur poids (Bro et Ponce-Boutin 2004 ; Bro *et al.* 2007). Chez le faisán issu de lâchers, DRAYCOTT *et al.* (1998) ont mis en évidence que l'apport de nourriture au printemps avait un effet significatif sur la masse corporelle des oiseaux, la taille des muscles et des ceaca et sur le petit intestin, alors que les réserves de graisse chez les oiseaux non supplémentés étaient de 50% inférieures au mois d'avril par rapport au mois de février (Draycott *et al.*, 1998). Cet effet sur les conditions physiologiques en début de période de reproduction a eu un effet important sur le succès reproducteur, mais pas sur la taille des pontes ni sur le nombre de femelles accompagnées de jeunes (Draycott *et al.* 2005). Les effets de la qualité de l'alimentation sur le développement physiologique des poussins de perdrix rouge peuvent être importants. Celle-ci va influencer le développement du gésier des bourses de Fabricius et du petit intestin. Les oiseaux assimilant moins de fibres ont aussi des muscles pectoraux plus petits, une rate plus petite et des niveaux en protéines moins élevées notamment en glucose, cholestérol et triglycérides, ce qui impacte certainement leurs capacité de survie (Millán *et al.* 2003).

Afin de satisfaire aux besoins alimentaires des galliformes de plaine, les gestionnaires cynégétiques distribuent des aliments notamment à l'aide d'agrains ou à la volée. Ils mettent également en place des cultures qui répondent à ce besoin par le choix des espèces cultivées. Chez la perdrix grise, selon certains auteurs, l'agrains tendrait à améliorer le succès reproducteur (Reitz 2001; 2003). Selon d'autres auteurs ces résultats semblent plus mitigés (Mayot *et al.* 2009). Chez le faisán, l'utilisation de l'agrains ne semble pas avoir d'impact significatif sur la dynamique des populations (Hoodless *et al.* 1999). Chez le tétras lyre (*Tetrao tetrix*) en Finlande, la mise en place de systèmes d'agrains a eu un effet positif sur le succès reproducteur, mais cet effet a été compensé par une augmentation de la prédation pendant les années ayant eu un meilleur succès reproducteur (Valkeajarvi et Ijas 1994 in Reitz 2001). Chez la perdrix rouge, l'apport de nourriture est l'aménagement cynégétique qui a, selon certains auteurs, le plus d'effet sur le succès reproducteur parmi l'apport d'eau, le contrôle des prédateurs et les lâchers d'oiseaux (Diaz-Fernandez *et al.* 2013). Ceci suggère que dans le cas où la mise en place d'agrains a un effet positif, l'alimentation est un facteur limitant (Diaz-Fernandez *et al.* 2013).

Chez la perdrix rouge, peu d'études évaluent l'effet des agrains et de leur utilisation sur la dynamique des populations. Une étude récente (juillet 2015) réalisée sur l'utilisation des agrains à destination des espèces gibier et notamment de la perdrix rouge, a été menée dans le sud de l'Angleterre. Cette étude a porté sur 259 agrains (Sánchez-García *et al.* 2015). Elle a mis en évidence que la position des agrains était déterminante pour leur utilisation par les perdrix rouges, les perdrix grises et les faisans. Ils sont beaucoup plus utilisés lorsqu'ils se situent à proximité d'une haie plutôt que dans un champ (Sánchez-García *et al.* 2015). Les agrains bien situés sont assidûment fréquentés par les perdrix durant les deux mois suivant leur lâcher lorsque celui-ci est effectué en été, et contribuent efficacement à assurer la fixation et la survie des oiseaux (Farthouat 1983). Leur fréquentation par les perdrix rouges diminue ensuite rapidement. On peut alors considérer qu'après cette période de deux mois, l'agrains n'intervient plus dans la survie de l'oiseau (Farthouat 1983). Avec le cantonnement des couples et la nidification, la fréquentation des agrains reprend pour atteindre son maximum en mai-juin. On peut alors estimer que l'agrains présente un intérêt sans affirmer qu'il soit indispensable ou utile (Farthouat 1983).

Certains auteurs préconisent pour la perdrix grise, la mise en place sur le territoire de tas de fumiers de cheval ou de vache fermentés en sacs et humidifiés riches en insectes (Birkan et Jacob 1988). Ces tas de fumiers sont alors fréquentés par les jeunes compagnies à la recherche

de nourriture. Cette mesure n'est cependant pas très employée pour la gestion de la perdrix rouge.

L'effet sur les populations d'oiseaux sauvages des suppléments d'alimentation soulève des critiques et notamment dans les risques de transmissions de maladies liées à la fréquentation par de nombreux individus des mêmes sites, les risques liés à la modification de la distribution des espèces, les risques de prédation sur les points de nourrissage qui deviennent prévisibles pour les prédateurs (Robb *et al.* 2008). Chez la mésange bleue (*Cyanistes caeruleus*), certains auteurs évoquent le risque de baisse de la qualité du recrutement des futurs reproducteurs dans le cas de la mise en place de nourriture trop accessible en ne laissant pas opérer la sélection naturelle qui élimine les oiseaux moins performants dans la recherche de nourriture (Open *et al.* 2013).

Les agrainoirs à destination de la perdrix rouge sont régulièrement utilisés à certaines périodes de l'année notamment après les lâchers pour les perdrix issues de lâcher, en hiver ou en période de reproduction pour les perdrix rouges sauvages. Toutefois il reste difficile de dire s'ils sont indispensables pour améliorer la dynamique des populations faute d'études expérimentales sur le sujet.

I.3.4 la ressource en eau et les abreuvoirs

Dans les années 1940-1950, les autorités américaines ont initié d'importants programmes de développement de mise en place de ressource en eau pour les espèces chassables (Wildlife Society 1990). En 1942, le premier impluvium rendant de l'eau disponible pendant la saison sèche pour la faune sauvage a été installé en Californie (Glading 1947). Le développement de tels points d'eau à destination de la faune sauvage pose des questions sur leur utilité et leur efficacité et est parfois sujet à controverse. De nombreuses critiques s'élèvent contre ces pratiques. Chez les oiseaux gibier, cette nécessité de mettre en place des abreuvoirs a tout d'abord été remise en cause par VORHIES 1928, GORSUCH 1934, CAMPBELL 1960 puis NISH 1964, qui se sont interrogés sur l'importance des points d'eau pour les colins aux Etats Unis, en citant l'évidence que certaines populations de colins existent alors même qu'ils ne disposent pas d'abreuvoirs artificiels et que le fait qu'ils les utilisent ne signifie pas nécessairement qu'ils aient besoin de cette eau. A la fin des années 1990, plusieurs scientifiques ont affirmé que la mise en place de points d'eau à destination de la faune sauvage n'a pas donné les résultats escomptés et que cela a même pu impacter négativement certaines populations de faune en augmentant la prédation (Cade 1965), la compétition entre individus ou la transmission de maladies (Stevens *et al.* 1999). Un colloque aux Etats Unis en 1997 a même été dédié à la question de l'utilité des apports en eau pour la faune sauvage (Brown 1997; Scott 1997; Broyles 1997). Les critiques portent également sur le coût qui n'est pas à la hauteur du bénéfice attendu (Wildlife Society 1990, Broyles 1995). Les enjeux financiers sont très importants puisque le coût pour 11 états américains en 1997 dépassait le million de dollars pour la création et l'entretien de points d'eau à destination de la faune sauvage (Stevens *et al.* 1999).

Le développement de la mise en place de points d'eau à destination de la faune sauvage impacte la distribution de nombreuses espèces (e.g. in Bailey *et al.* 1996; Boroski *et al.* 1996; De Leeuw 2001). La relation entre les perdrix choukar et disponibilité en eau a été très étudiée. Ces études ont montré que chez cette espèce les individus se concentrent aux environs des points d'eau à certaines périodes et notamment en été (Christensen 1958 ; Alcorn et Richardson 1951). Selon CHRISTENSEN (1970) l'eau apparait comme étant le facteur déterminant de la distribution et des déplacements des perdrix choukars au cours du

printemps, de l'été et au début de l'automne. Dès les premières pluies, lorsque l'herbe repousse, les perdrix se distribuent alors sur la totalité de leur territoire. Il affirme également que la disparition d'un point d'eau utilisé par les perdrix choukar entraîne la disparition de la population qui utilise ce point d'eau qui se déplace vers un autre secteur où l'eau est disponible. A l'inverse, sur la question de la mise en place de points d'eau à destination de la perdrix choukar, SHAW (1971) conclut que dans les conditions dans lesquelles il a suivi la population, la mise en place d'abreuvoirs n'a influencé ni la distribution, ni la survie, ni la productivité des perdrix. L'effet du manque d'eau sur la distribution de la perdrix choukar semble donc dépendre du site sur lequel elle est étudiée, sans doute lié à la disponibilité en eau par ailleurs qui doit différer entre les sites. Au Portugal, il semble que la présence de points d'eau influence la distribution en été de la perdrix rouge mais que ce n'est pas le seul facteur et la présence de vigne pour le couvert et l'alimentation ainsi que de cultures était prépondérante pour expliquer cette distribution (Borrvalho *et al.* 2000). Au centre de l'Espagne, la mise à disposition de points d'eau a eu un effet bénéfique notamment sur le succès reproducteur de la perdrix rouge (Díaz-Fernandez *et al.* 2013). Il ressort donc de l'ensemble de ces travaux que, chez les galliformes, le besoin en points d'eau dépend des populations et des habitats dans lequel elles évoluent.

En France, malgré ces critiques et le manque de résultats fiables, la mise en place de points d'eau à destination du petit gibier est une action largement recommandée puisque toutes les fédérations départementales des chasseurs (FDC) du bassin méditerranéen préconisent ce genre d'aménagement et les subventionnent (Source FDC Languedoc-Roussillon). La mise en place et l'entretien d'abreuvoirs occasionne des coûts aux gestionnaires qui les réalisent, mais aucune étude n'évalue réellement leur efficacité ni leur nécessité.

Suivi de l'utilisation des abreuvoirs destinés à la perdrix rouge à l'aide d'appareils photographiques automatiques

Chapitre II : la problématique

II° 1 Utilisation des abreuvoirs par la perdrix rouge

L'intervention des gestionnaires de territoires pour augmenter la capacité d'accueil des milieux pour leur espèce « fétiche » est une pratique courante. Ces pratiques sont autant le fait d'organismes officiels de gestion de la faune sauvage, que de chasseurs ou d'organismes de conservation de la nature. Plusieurs auteurs ont mis en évidence l'impact de la présence des points d'eau sur les déplacements et la distribution de certaines espèces (Simpson *et al.* 2011). Ces effets ont notamment été démontrés chez des espèces comme le pronghorn de Sonora (*Antilocapra americana sonoriensis*) (Rosenstock 1999), le cerf hémione (*Odocoileus hemionus*) (Cain *et al.* 2006); l'éléphant d'Afrique (*Loxodonta africana*) (Chamaillé-Jammes *et al.* 2007), la perdrix choukar (Larsen *et al.* 2010) ou la perdrix rouge (Borrvalho *et al.* 1998). Bien que la perdrix rouge soit originaire du bassin méditerranéen (Birkan 1983 ; Berger 2005) et à ce titre adaptée aux conditions climatiques qui y règnent, la mise en place d'abreuvoirs fait partie des mesures de gestion souvent préconisées tant par des organismes techniques et scientifiques dans leurs diverses publications (Comité national d'information chasse nature *et al.* 1988; Diaz-Fernandez *et al.* 2013; Borrvalho *et al.* 2000; catalogue amélioration de la chasse FDC34), qu'au travers de la presse cynégétique spécialisée (Lepeudry 1994; Durantel 1995). De nombreux gestionnaires suivent donc ces prescriptions en disposant, sur leur territoire, des abreuvoirs de différente taille et dont la gestion de la mise en eau peut varier d'un territoire à l'autre. Certains tiennent en eau leurs abreuvoirs toute l'année alors que d'autres ne les remplissent qu'en été, aux périodes les plus chaudes et les plus sèches.

II° 1.1 le patron temporel

Alors que les abreuvoirs sont des aménagements régulièrement préconisés pour améliorer les conditions d'accueil des milieux pour la perdrix rouge, peu d'études évaluent l'utilisation réelle de ces aménagements. Seuls GAUDIOSO LACASA *et al.* (2009) et SÁNCHEZ-GARCÍA *et al.* (2012) l'ont fait mais aucune de ces deux études n'évalue cette utilisation tout au long de l'année. Ils ont suivi l'utilisation des abreuvoirs du mois de mai au mois d'octobre. Ces études ont été réalisées dans la province de Valladolid dans le nord ouest de l'Espagne, donc dans un contexte différent de ce que l'on retrouve dans le sud de la France, lieu de notre étude, tant en terme de conditions météorologique que d'habitat. En effet le climat de la région de Valladolid est qualifié de climat « méditerranéen sec continental », avec des étés très chauds où les températures moyennes mensuelles peuvent atteindre régulièrement les 35°C et les précipitations annuelles sont en moyenne de 455 mm (Gaudioso Lacasa *et al.* 2009). A Nîmes (30 000) qui est considérée comme une des villes les plus chaudes et ensoleillées de France, et qui correspond à la station météorologique de référence par rapport à notre site d'étude, les précipitations moyennes annuelles sont de l'ordre de 762,9 mm et les températures maximales moyennes en été au cours du mois le plus chaud sont de 31°C (source Météo France). Il est évident que les conditions météorologiques ont un impact sur la disponibilité en eau. Cette eau est mobilisable par les oiseaux à la fois à travers les points d'eau, cours d'eau et flaques créées après les précipitations, mais aussi à travers l'eau contenue dans la végétation consommée (Leopold 1933 ; Bartholomew 1963 ; Pinshow *et al.* 1983 ; Carmi-Winkler *et al.* 1987). Les habitats sont également très différents, puisque les

milieux naturels présents sur les sites d'étude en Espagne, sont de la pseudo steppe et de la végétation buissonnante basse (Gaudioso Lacasa *et al.* 2009; Sánchez-García *et al.* 2012). Pour ce qui concerne notre d'étude les milieux naturels sont constitués de « pelouses et pâturages naturels », « forêt et végétation arbustive », et de « maquis et garrigues » (voir § description de l'habitat). Plusieurs auteurs ont émis les hypothèses que l'utilisation des abreuvoirs par les espèces auxquels ils étaient destinés, était d'autant plus importante que l'eau disponible dans la végétation ne permettait pas de compenser les pertes (Leopold 1933 ; Bartholomew 1963 ; Pinshow *et al.* 1983 ; Carmi-Winkler *et al.* 1987). Ces hypothèses ont été testées et validées chez la perdrix choukar (Degen 1984). La conclusion principale de cette étude était que la perdrix choukar n'avait pas besoin d'eau de boisson, lorsque une végétation riche en eau était consommée. Toutefois cela n'a jamais été réellement testé chez la perdrix rouge.

Au cours des années 2012, 2013 et 2014 nous avons donc étudié le patron temporel d'utilisation des abreuvoirs par les perdrix rouges sauvages et lâchées au cours du cycle annuel pour déterminer quand ils étaient le plus utilisés. Nous avons ensuite testé si les conditions météorologiques influençaient cette utilisation. Pour cela, nous avons testé l'impact des précipitations, de la température, du vent, mais aussi l'impact de la disponibilité en eau contenue dans la végétation au travers d'un indice de sécheresse de la végétation. Nous avons utilisé cet indice de sécheresse de la végétation afin de vérifier si la perdrix rouge pouvait compenser l'utilisation de l'eau de boisson par la consommation de végétation riche en eau.

II° 1.2 patron spatial

Chez les espèces proies, la vigilance permanente par rapport au risque de prédation est déterminante pour la survie. Ce comportement de vigilance permanente à proximité des points d'eau et des sites de nourrissage a été décrit chez de nombreuses espèces dont les herbivores africains (Owen-Smith 1996; Redfern *et al.* 2005; Ryan et Getz 2005; Chamaille-Jammes *et al.* 2007), les mammifères nord américains (Brown 1994; McCarty et Bailey 1994) et le petit gibier (Schmidt et De Stefano 1996; Borralho *et al.* 1998). Chez la perdrix choukar, ce type de comportement a été décrit par Belnokin (1988 dans Wildlife Society 1990, Larsen *et al.* 2007; Larsen *et al.* 2010). Le fait de manger ou de boire entraîne une perte de vigilance qui peut être fatale si un prédateur profite de ce moment d'inattention pour attaquer. Aussi les espèces proies sont sensibles aux lieux et à l'environnement dans lequel elles vont pouvoir s'alimenter et s'abreuver en toute sécurité. BELNOKIN (1988) associe l'utilisation des abreuvoirs par la perdrix choukar à la proximité de falaises de pente supérieure à 45°. Il déclare qu'idéalement les abreuvoirs doivent être placés entre 3 et 9 mètres des falaises pour permettre aux perdrix choukars de s'échapper rapidement et donc de se sentir en sécurité. Selon lui les abreuvoirs placés trop loin de ces falaises ne sont pas utilisés. De même LARSEN *et al.* (2007) et LARSEN *et al.* (2010) ont mis en évidence que les perdrix choukars n'utilisaient pas ou peu les abreuvoirs pour lesquels le couvert buissonnant présent à proximité n'était pas suffisant. Ils ont également associé ce besoin de couvert végétal à proximité des abreuvoirs, à un besoin de sécurité des perdrix choukar par rapport aux prédateurs. Par contre GAUDIOSO LACASA *et al.* (2010) n'ont pas mis en évidence le même type de relation entre l'utilisation des abreuvoirs et la présence de couvert chez la perdrix rouge. Toutefois dans cette étude seuls cinq abreuvoirs ont été utilisés pour décrire le comportement de la perdrix rouge. Ce sentiment de sécurité ou d'exposition à un risque de prédation est en relation avec la structure de la végétation présente à proximité de l'aménagement utilisé. Afin de tester l'impact de la végétation sur l'utilisation des abreuvoirs par la perdrix rouge, nous avons donc décrit la structure de la végétation présente dans un rayon de 30 mètres autour du point d'eau, afin

d'évaluer la façon dont elle pouvait impacter la visibilité des perdrix et donc leur sentiment d'être caché au regard de prédateurs terrestres et aériens. Ce type de description a déjà été réalisé par d'autres auteurs chez la perdrix chouckar (Bunnell *et al.* 2004; Larsen *et al.* 2007), mais jamais chez la perdrix rouge.

Nous avons également étudié l'importance de l'habitat dans lequel se trouvait l'abreuvoir afin de définir si cela avait un impact sur l'utilisation faite par les perdrix rouge des abreuvoirs. L'hypothèse de l'influence de cette variable sur l'utilisation des abreuvoirs est une combinaison des effets de la structure et de la composition de la végétation et donc mêle à la fois la question de la teneur en eau de la végétation disponible et celle du sentiment de sécurité, mais également la question de l'utilisation de l'habitat au sens large.

II° 2 Estimation de la survie de perdrix rouges issues de lâcher

Afin de compenser la baisse des populations de gibier et de satisfaire les chasseurs, de nombreux gestionnaires lâchent du gibier issu d'élevages (Reitz 2003 ; Pérez *et al.* 2004),. Cela concerne essentiellement en Europe trois espèces de phasianidés : le faisan commun, la perdrix grise et la perdrix rouge. On estime le nombre de perdrix rouges lâchées en Europe à 14 000 000 par an (Sánchez-García *et al.* In Prep). Les taux de survie des oiseaux gibiers issus de lâcher ont été beaucoup étudiés et de nombreuses études ont mis en évidence que ces taux de survie étaient largement inférieurs à ceux des oiseaux sauvages. Ces résultats sont connues depuis le début du XXème siècle (Leopold *et al.* 1938). Chez la perdrix grise, par exemple, ces taux de survie jusqu'au printemps suivant le lâcher (effectué en automne), sont estimés à 10% par PARISH et SOTHERTON (2007). DOWELL (1990) a observé un taux de survie de l'ordre de 39 à 47% dans les 25 jours suivant le lâcher. Chez le faisan, ROBERTSON(1988) nous indique des taux de mortalité de 48% au cours des 10 jours suivant le lâcher. Les mortalités des oiseaux d'élevage peuvent être extrêmement rapides avec des mortalités record de 65% enregistrées dans les sept jours suivant le lâcher chez le faisan (BURGER 1964), soit un pourcentage de perte quotidienne de 14% sur cette période, dont la moitié imputable à la chasse. MAYOT et GAVARD-GONGALUD (2006) font ressortir, à partir de nombreuses expériences menées en France, que les taux de survie de jeunes faisans lâchés en été, jusqu'au printemps suivant le lâcher, étaient de l'ordre de 6% à 35%, en fonction des territoires. Chez le faisan, LEIF (1994) a mis en évidence que les taux de survie des oiseaux issus de lâcher pendant les 181 jours consacrés à la reproduction étaient de 7 % alors que chez les oiseaux sauvages ce taux était de 54% .

Chez la perdrix rouge, quelque soit le mode d'élevage et de lâcher, la mortalité durant le premier mois suivant le lâcher est très importante (tableau IV; figure 5). Les études portant sur les perdrix lâchées indiquent qu'en moyenne la survie est de 36% [\pm 23,60] un mois après le lâcher (figure 5). Cette mortalité au bout d'un mois est comprise entre 32% et 100% selon les études (Novoa 1982; Farthouat 1983; Berger 1989; Reitz et Berger 1989 ; Niot *et al.* 1989 ; Carvalho *et al.* 1998; Gortázar 2000 ; Millán *et al.* 2003; Pérez *et al.* 2004 ; Buenestado *et al.* 2009; Gaudioso *et al.* 2011; Duarte *et al.* 2011; Pérez *et al.* 2015). Le taux de survie est de 86% [\pm 4,38] un mois après leur capture et leur marquage chez les oiseaux sauvages (Buenestado *et al.* 2009). Quatre mois après les lâchers, la survie est en moyenne estimée à 11 % [\pm 12,15] chez les perdrix rouges d'élevage (figure 5) (Novoa 1982; Pérour 1984; Carvalho *et al.* 1998; Gortázar, *et al.* 2000; Pérez *et al.* 2004 ; Buenestado *et al.* 2009; Gaudioso *et al.* 2011; Duarte *et al.* 2011), elle est de 55% [\pm 9,35] chez les oiseaux sauvages (Buenestado *et al.* 2009). Ces résultats sur les survies des oiseaux sauvages sont en accord avec une étude en cours portant sur 197 oiseaux qui estime sur trois sites du sud de la France les survies à 94% [\pm 1,57] en moyenne un mois après la capture et à 77% [\pm 6,29] quatre mois

après la capture (Souchay *et al.* In prep). La survie des oiseaux d'élevage est rarement supérieure à neuf mois, seulement une étude a permis de suivre des oiseaux au-delà de cette période (Catusse *et al.* 1988). La prédation est selon les auteurs généralement la première cause de mortalité (Novoa 1982; Carvalho *et al.* 1998; Gortázar 2000 Pérez *et al.* 2004; Gaudioso *et al.* 2011; Gaudioso *et al.* 2011b; Duarte 2011; Pérez *et al.* 2015).

Les phénomènes qui expliquent ces pertes importantes liées à la prédation sont bien connus. En effet, si il est difficile de connaître l'état physiologique des perdrix sauvages consommées par les prédateurs avant leur mort (Millot *et al.* 2013), il est clair que les oiseaux lâchés et notamment les perdrix rouges issues d'élevage ne sont pas dans les meilleures conditions pour affronter la vie sauvage (Biadi 1984; Dowell 1992). Ces oiseaux issus d'élevage subissent des stress importants liés à la capture, au transport, à l'introduction dans un milieu qu'ils ne connaissent pas, voire liés à la déstructuration sociale (Letty *et al.* 2007). D'autres causes sont également évoquées, comme des moindres capacités anatomiques et physiologiques entraînant des capacités d'envol moins bonnes (Millán *et al.* 2001; Bro et Mayot 2006). Sur ce point, MILLÁN *et al.* (2001) ont mis en évidence des différences importantes entre les oiseaux sauvages et les oiseaux d'élevages. Le poids du cœur est supérieur de 12.5% chez les oiseaux sauvages, le poids de la rate est supérieur de 78%, le poids du foie et du pancréas supérieur de 22.8%. La longueur du petit intestin est en moyenne de 14.8 cm plus longue chez les oiseaux sauvages et celle du cæcum est de 19.7cm plus longue chez les oiseaux sauvages. Ces différences sont aussi documentées chez la perdrix grise (Putala et Hissa 1995) et chez le grand tétras (Liukkonen-Antilla *et al.* 2000). Certains auteurs parlent des difficultés à s'alimenter en période de stress et à récupérer de cette diète (Rodriguez *et al.* 2005) et des difficultés à s'habituer au changement d'alimentation (Millán *et al.* 2003). Cette inadaptation à la vie sauvage serait aussi due à une moindre immunité des oiseaux d'élevage et une sensibilité au parasitisme élevée (Bro et Mayot 2006), un comportement naïf face aux prédateurs (Dowell 1992; Gaudioso *et al.* 2011), parfois des problèmes de qualité génétique impactant la survie et les capacités de reproduction liés à une hybridation avec la perdrix choukar (Vallance *et al.* 2006; Casas *et al.* 2011).

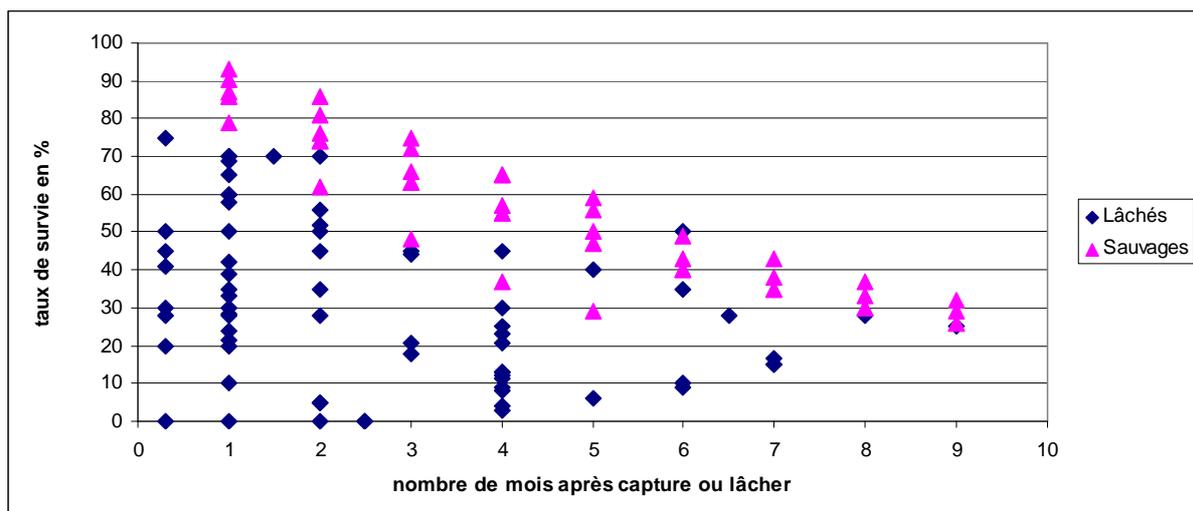


Figure 5 : pourcentage de survie en fonction du temps, en mois après le lâcher, de perdrix rouges issues d'élevages (16 études). (Novoa 1982; Farthouat 1983; Péroux 1984; Catusse *et al.* 1988; Berger 1989; Reitz et Berger 1989; Niot *et al.* 1989; Carvalho *et al.* 1998; Gortázar *et al.* 2000; Millán *et al.* 2003; Pérez *et al.* 2004; Alonso *et al.* 2005 ; Buenestado *et al.* 2009; Gaudioso *et al.* 2011; Gaudioso *et al.* 2011 b; Duarte *et al.* 2011; Santilli *et al.* 2012 ; Pérez *et al.* 2015) et pourcentage de survie en fonction du temps en mois après la capture de perdrix rouges sauvages (Buenestado *et al.* 2009).

Tableau IV: données de suivis de la survie de perdrix rouges issues de lâcher et sauvages. Méthode d'élevage ou origine : La méthode d' « élevage classique » correspond à des perdrix issues d'élevages commerciaux conventionnels; la méthode d'élevage « améliorée », « entraînement anti prédateur » ou « couvaion et élevage par adulte d'élevage/ sauvages », correspond à des élevages ayant utilisé des techniques d'élevage susceptible d'améliorer la survie des perdrix rouges après le lâcher ; « sauvage » correspond à des perdrix rouge sauvages capturées, équipées d'un dispositif de suivi puis relâchées. Méthodes de lâcher : avec « cages de pré lâcher » signifie que les perdrix rouge ont séjournée pendant quelques jours dans une cage placée sur le site de lâcher avant leur libération ; lâcher « direct » signifie que les perdrix rouge ont été libérées directement sur le terrain. Méthode de suivi : les « ponchos » sont des marques visuelles individuelles placées au tour du cou ; « observation » correspond à un suivi visuel des perdrix rouges sans dispositif de marquage ; « radiotracking » correspond à des perdrix rouges équipées de radio émetteurs.

Méthode d'élevage ou origine	Méthode de lâcher	Période de lâcher	Age des oiseaux lâchés	Nombre d'oiseaux lâchés suivis	Lieux	Méthode de suivi	Causes de mortalité	Dispersion en mètres	Références
Classique/ sauvetage des nids	Cages de pré lâcher	Printemps	9-10 mois	310	France Sud	Ponchos	Prédation 24% Chasse 46% Indéterminée 30%	1140 à 1770 m	Novoa (1982)
Classique	Cages de pré lâcher	Été	8-14 semaines	?	France	?	?	Plusieurs milliers	Farthouat (1983)
Classique	Cages de pré lâcher	Printemps/ été	8-14 semaines et 9-10 mois	12806	France, Massif Central Dordogne	Observation	?	?	Péroux (1984)
Classique	Cages de pré lâcher	Été/ octobre	8-16 semaines	4610	France, Sud-ouest	Marquage ponchos	?	180 à 775 m	Catusse <i>et al.</i> (1988)
Classique	Cages de pré lâcher	Printemps/ été	8-14 semaines et 9-10 mois	7190	France, Centre, Bassin Parisien	Observation, ponchos	?	100 à 3500 m	Berger (1989) ; Reitz et Berger (1989)
Classique	Cages de pré lâcher	Août	Jeunes	500	France (Cher)	Ponchos	?	?	Niot <i>et al.</i> (1989)
Classique	Cages de pré lâcher	Août/ décembre	8-10 semaines et 18 semaines	698	Portugal, Centre et Sud	Radiotracking	Prédateurs de 83 à 91%	236 à 537 m	Carvalho <i>et al.</i> (1998)
Classique	Cages de pré lâcher	Octobre	4 à 5 mois	150	Espagne, Aragon	Radiotracking	Prédateurs 100%	500 m	Gortázar <i>et al.</i> (2000)
Classique et amoindrie	Direct	Été	?	28	Espagne, Cadiz	Radiotracking	?	?	Millán <i>et al.</i> (2003)
Classique	Cages de pré lâcher et direct	Été	2 mois	54	Espagne, Castille et Léon	Radiotracking	Chasse de 49% à 63%, prédation de 11% à 31%, inconnues de 9% à 28%	400 m	Pérez <i>et al.</i> (2004)
Classique	Direct	Été	5-6 mois	36	Espagne, Valladolid	Radiotracking	Chasse 47%, inconnues 31% prédation 22%,	282 à 664 m	Alonso <i>et al.</i> (2005)
Sauvages	Sans objet	Printemps / été	Jeunes ; adultes	151	Espagne ; Centre et Sud	Radiotracking	Chasse 26%, prédation 35%, maladies 17 % inconnues 22%	?	Buenestado <i>et al.</i> (2009)
Classique / entraînement anti prédateur	Direct	Automne / printemps	3-4 mois ; 9-10 mois	36/32	Espagne, Léon	Radiotracking	Prédateurs 54,8% à 67.5% chasse 11,3% à 12.5% indéterminée 20% à 34,1%	?	Gaudioso <i>et al.</i> (2011 a et b)
Classique	Cages de pré lâcher	Janvier	9-10 mois	20	Espagne, Sud	Radiotracking	Prédateurs 100%	832 m	Duarte <i>et al.</i> (2011)
Améliorée/ classique	Direct	Octobre	Adultes et leurs jeunes	22	Italie, Toscane	Radiotracking, ponchos	Prédation 56.9% à 66.6% Chasse 0 à 14.3% Indéterminée 28.6% à 33.3%	508 à 921 m	Santilli <i>et al.</i> (2012)
Couvaion et élevage par adulte d'élevage/ Sauvages	Cages de pré lâcher	Printemps	9-10 mois	31/35	Espagne, Valladolid	Radiotracking	Prédation 82% et 69%; inconnues 31% et 18%	?	Pérez <i>et al.</i> (2015)

Certains auteurs se sont intéressés aux différentes causes à l'origine de ces mortalités importantes, constatées chez les perdrix rouges d'élevage après le lâcher, et ont essayé de proposer des améliorations dans les procédés d'élevage (Novoa 1982; Gaudioso *et al.* 2011; Gaudioso *et al.* 2011; Santilli *et al.* 2012; Pérez *et al.* 2015) (tableau IV). La plupart des études ont utilisé des cages de pré-lâcher, installées sur le site de lâcher, afin de permettre aux perdrix rouges de s'adapter à leur nouvel environnement pendant quelques jours, en étant protégé des prédateurs (Novoa 1982; Farthouat 1983; Péroux 1984; Catusse *et al.* 1988; Berger 1989; Reitz et Berger 1989; Niot *et al.* 1989; Carvalho *et al.* 1998; Gortázar *et al.* 2000; Pérez *et al.* 2004; Duarte *et al.* 2011; Pérez *et al.* 2015). Les meilleurs résultats en termes de survie ont été obtenus dans une étude récente (Pérez *et al.* 2015), avec un taux de survie estimé entre 25% et 28%, neuf mois après le lâcher. Le mode d'élevage utilisé dans cette étude n'est pas la traditionnelle incubation en couvoir des œufs tel que développé dans l'élevage moderne mais ce sont les parents de perdrix rouges qui incubaient leurs œufs en captivité dans des cages de 12 m² placées dans la végétation naturelle. Ces cages étaient doublées d'une clôture supplémentaire à l'extérieur pour limiter les introductions de prédateurs. Les oiseaux ainsi produits étaient ensuite mis en volières de 160 m² directement sur le site de lâcher. Ces perdrix issues d'élevage ont ensuite réussi à se reproduire en nature. Le but de ce mode d'élevage était de produire des oiseaux ayant développé un comportement anti-prédateur grâce à l'éducation de leurs parents (Gaudioso *et al.* 2011 a; Gaudioso *et al.* 2011 b), mais aussi de permettre aux oiseaux de s'adapter à un nouvel environnement dans un cadre sécurisé. Ce mode d'élevage plus naturel est celui préconisé par la World Pheasant Association (WPA) et l'UICN Union International pour la Conservation de la Nature pour restaurer une population sauvage de galliformes (2009). Nous avons donc, dans notre étude, cherché à savoir si l'augmentation de la protection des oiseaux au moment du lâcher et dans les semaines qui suivent leur lâcher sur le territoire, pouvait impacter leur survie.

La plupart des études récentes ayant trait à la survie de la perdrix rouge ont utilisé des radio-émetteurs pour suivre les perdrix (tableau IV) (Carvalho *et al.* 1998; Gortázar *et al.* 2000; Millán *et al.* 2003; Pérez *et al.* 2004; Alonso *et al.* 2005; Buenestado *et al.* 2009; Gaudioso *et al.* 2011; Gaudioso, Sánchez-García *et al.* 2011; Duarte *et al.* 2011; Santilli *et al.* 2012; Pérez *et al.* 2015). Auparavant, certaines études ont utilisé des collerettes en polyester numérotées pour marquer les oiseaux (Novoa 1982; Catusse *et al.* 1988; Berger 1989; Reitz et Berger 1989; Niot *et al.* 1989) dénommées « ponchos » (Mayot et Gavard-Gongalud 2006), d'autres réalisaient leur suivi par observation directe des individus sur le terrain (Péroux 1984; Berger 1989; Reitz et Berger 1989). Cependant, il a été démontré que le port de radio-émetteurs peut avoir des effets négatifs sur la survie des oiseaux, leur succès reproducteur ou leur poids (Bro *et al.* 1999). De plus, ce sont des suivis qui coûtent relativement cher, à la fois par le coût de l'équipement et du temps nécessaire à la réalisation du suivi de terrain. L'utilisation d'appareils photos automatiques pour le suivi de la faune sauvage se démocratise de part le coût des appareils qui se réduit et des possibilités de suivi qu'ils offrent. Ces appareils sont très utilisés pour le suivi des mammifères en association aux modèles d'analyses de capture-marquage-recapture ou de capture-recapture (Pollock *et al.* 1990; Nichols 1992) et notamment chez les félins (Jackson *et al.* 2006; Karanth 1995; Karanth et Nichols 1998, Sarmiento *et al.* 2009). Ces techniques sont parallèlement peu utilisées chez les oiseaux (Trolliet *et al.* 2014). Il semble pourtant que ce type de matériel soit adapté au suivi des oiseaux nichant au sol comme les phasianidés (O'Brien et Kinnaird 2008). L'utilisation des appareils photos automatiques présente de nombreux avantages et notamment le fait de limiter les dérangements et donc d'être considéré comme non invasif (ONCFS 2012), mais aussi le fait de pouvoir assurer un suivi permanent, ce qui est difficile avec des observateurs humains de terrain (Trolliet *et al.* 2014). Nous avons donc voulu tester s'il était possible d'estimer la survie de perdrix issues de lâcher, marquées individuellement par des bagues colorées, à

l'aide d'appareils photos automatiques. Nous avons utilisé la méthode de capture-marquage-recapture (CMR) pour analyser les données et nous avons voulu savoir si cette méthode était applicable à la perdrix rouge.

II° 3 Utilisation des abreuvoirs par les autres espèces

Les aménagements cynégétiques sont destinés à une ou plusieurs espèces de gibier, que l'on dénomme les « espèces cibles ». Toutefois tous les auteurs qui ont étudié l'utilisation de ces aménagements ont signalé qu'un grand nombre d'autres espèces utilisaient ces aménagements (e.g. in Ponce-Boutin *et al.* 2003b; Ponce-Boutin *et al.* 2003 c; Ponce-Boutin *et al.* 2004 ; Gaudioso Lacasa *et al.* 2009 ; Sánchez-García *et al.* 2015). Certains auteurs mettent en évidence que les aménagements destinés au gibier sont principalement utilisés par les espèces non-cibles (54% des cas d'utilisation) (Sánchez-García *et al.* 2015). D'autres études, aux Etats-Unis, ont mis en évidence que l'essentiel du grain dans les agrainoirs à destination du petit gibier était consommé par des espèces non-cibles (Rollins *et al.* 2009; Morris *et al.* 2010; Kelly *et al.* 2012). L'utilisation par d'autres espèces que les espèces auxquelles elles sont destinées pose des questions et notamment des possibilités d'interaction négatives entre les espèces (transmission de maladies (Lawson *et al.* 2012), de parasites (Giraudeau *et al.* 2014), risque de prédation accrue par la concentration d'animaux d'espèces proies et de prédateurs (Owen-Smith 1996; Redfern *et al.* 2005; Ryan et Getz 2005)). L'intérêt des aménagements cynégétique pour la biodiversité et notamment pour les espèces à haute valeur patrimoniale en milieu méditerranéen (Ponce Boutin *et al.* 2003) est également un aspect de cette problématique d'utilisation des abreuvoirs par les autres espèces que les espèces auxquelles ils sont destinés. Les premiers tests que nous avons réalisés ont confirmé que de nombreuses autres espèces utilisaient les abreuvoirs. Nous avons donc cherché dans cette étude à déterminer les espèces qui utilisaient les abreuvoirs en plus des espèces de petit gibier. Nous avons donc décrit qu'elles étaient les espèces qui utilisaient les abreuvoirs ainsi que le nombre d'utilisation pour chacune de ces espèces. Un autre enjeu de cette description est de permettre de faire le lien entre les actions initiées par les chasseurs et pouvant bénéficier à la biodiversité en général. Par exemple, dans le cadre des mesures mises en place sur le site Natura 2000 FR9110105 - Gorges du Tarn et de la Jonte (SIVOM Grand site et FDC48 2010), des mares permanentes ont été réhabilitées par les chasseurs (lavognes), qui ont pu bénéficier de financements dans le cadre de contrats Natura 2000, en raison de l'intérêt pour la biodiversité que présentait la remise en eau de ces mares.

Chapitre III : matériel et méthode

Pour étudier les trois problématiques (utilisation des abreuvoirs par la perdrix rouge) ; (survie des perdrix rouges issues de lâcher) ; (utilisation des abreuvoirs destinés à la perdrix rouge) nous avons utilisé le même dispositif sur le même site et sur la même période.

III° 1 le site d'étude

Cette étude a été menée dans le sud de la France dans le département du Gard(30), commune de Conqueyrac sur le Domaine de CEYRAC qui est une propriété privée d'une superficie de 815 ha (Latitude 43°55'15.07''N ; Longitude 3°54'15.77''E) (figure 6).

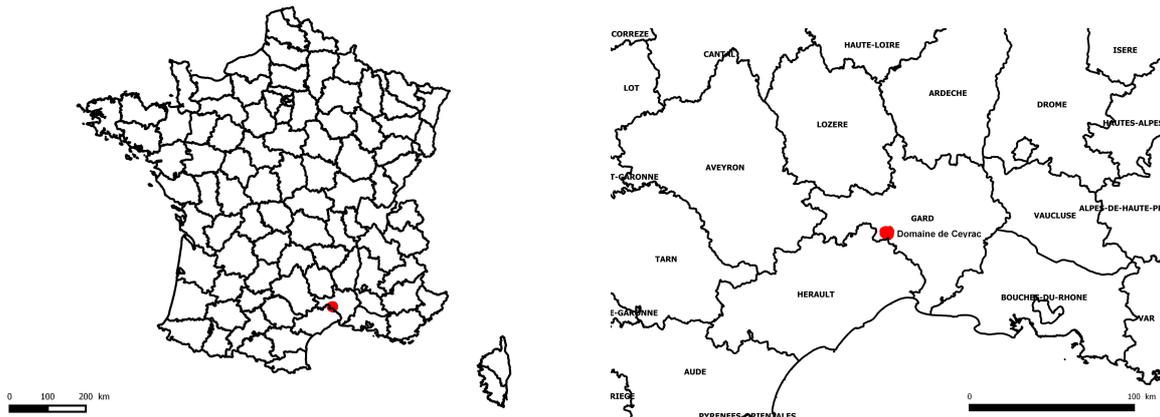


Figure 6 : localisation du domaine de Ceyrac sur lequel a été réalisée l'étude de l'utilisation des abreuvoirs destinés à la perdrix rouge du 28 juin 2012 au 14 novembre 2014

Description du milieu

Le territoire est un domaine agricole sur lequel sont notamment produites des céréales, de la vigne et de la luzerne, mais aussi sur lequel on retrouve des habitats naturels de type forêt de feuillus, de conifères ou des pelouses et des pâturages naturels (figure 7 et 8). 28 % de la superficie du domaine est couverte par des habitats de type « maquis et garrigues », 23% de la superficie du domaine est couverte par des habitats de type « pelouses et pâturages naturels », 17 % de la superficie du domaine est couverte par des habitats de type « Forêt et végétation arbustive en mutation », 13 % de la superficie du domaine est couverte par des habitats de type agricole. Il est à noter que 83% de la superficie du domaine est couverte par de la végétation naturelle (tableau V).

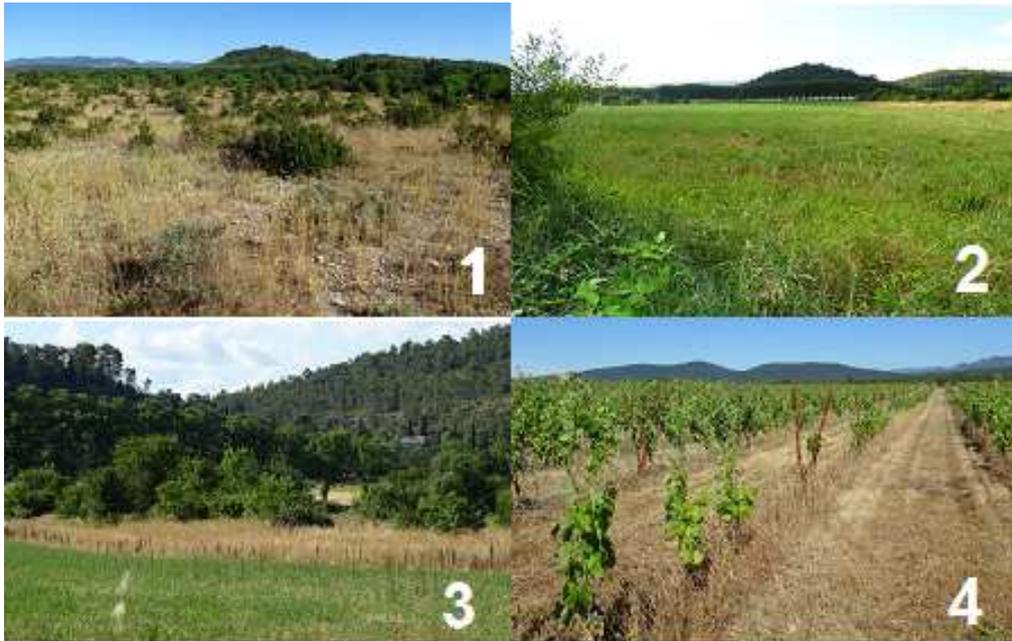
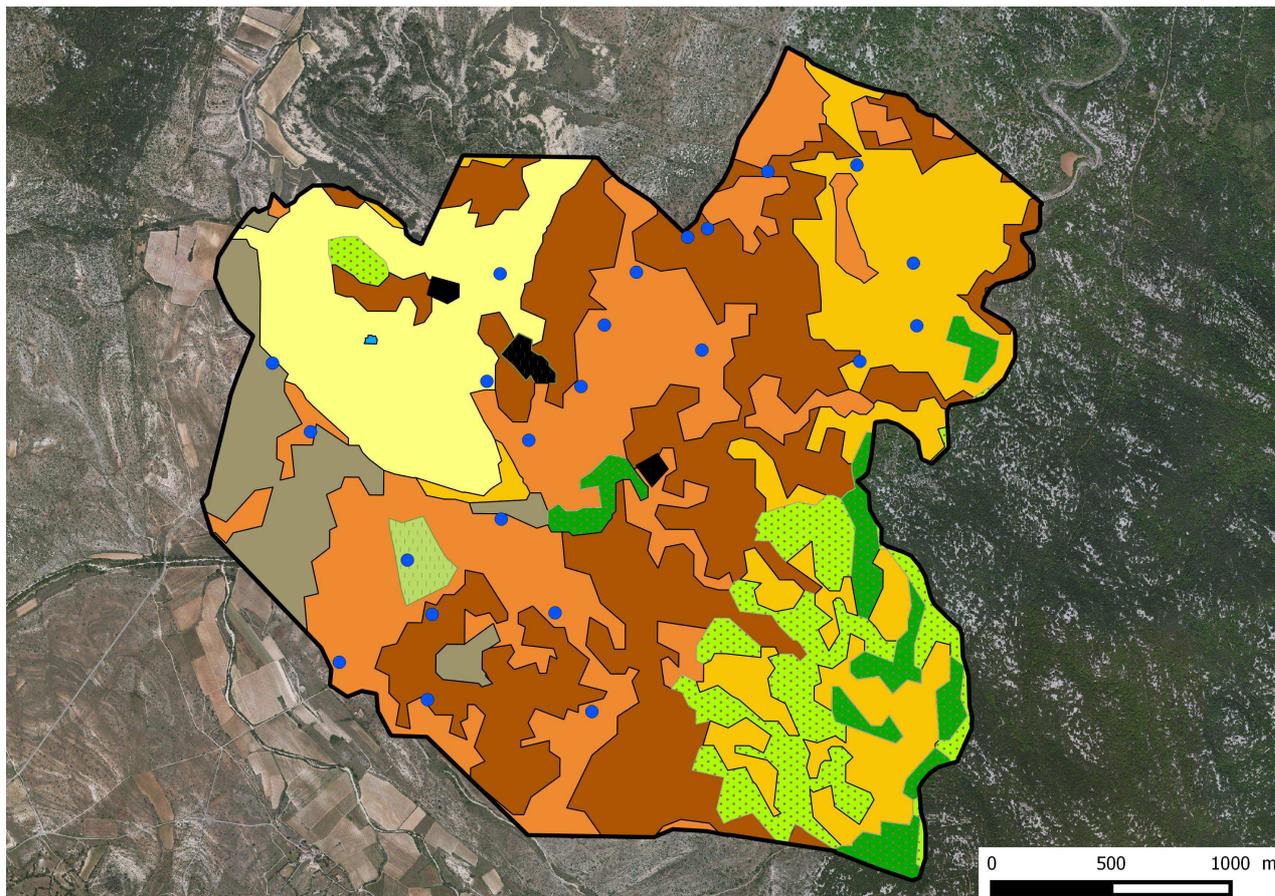


Figure 7 : grands types d’habitats présents sur le domaine de Ceyrac, sur lequel a été menée l’étude d’utilisation des abreuvoirs destinés à la perdrix rouge, selon la typologie CORINE LAND-COVER: 1-Pelouses et pâturages naturels et maquis et garrigues en fond 2- territoires principalement occupés par l’agriculture avec présence de végétation naturelle 3-Forêt de conifères et de feuillus 4- Vignoble (Photos Luc FRUITET)

Sur le domaine de Ceyrac, il n’existe pas de réseau hydrographique permanent essentiellement en raison du caractère karstique du substrat (Source BRGM). Une seule retenue d’eau artificielle de 3600 m² a été créée sur le domaine, située en bordure des parcelles agricoles et de garrigue (ANNEXE I vue aérienne du site).

Le site d’étude est inclus dans le site Natura 2000 n° FR 9112012 dénommé ZPS « Gorges du Rieutord, Fage, Cagnasse ». Le document d’objectif de ce site précise que 73 espèces d’intérêt patrimonial (inscrites à l’Annexe I de la Directive Oiseaux et/ou Listes Rouges France et Languedoc-Roussillon) ont été contactées sur la ZPS, dont 39 inscrites en Annexe I de la Directive Oiseaux. 173 espèces d’oiseaux sont signalées dans la ZPS (COGARD 2014).



Légende

- Point abreuvoir
- Limite domaine de ceyrac

- 112 Tissu urbain discontinu
- 113 Bâti diffus
- 221 Vignobles
- 243 Territoires principalement occupés par l'agriculture avec présence de végétation naturelle
- 311 Forêts de feuillus
- 312 Forêts de conifères
- 321 Pelouses et pâturages naturels
- 323 Maquis et garrigues
- 324 Forêt et végétation arbustive en mutation
- 333 Végétation clairsemée
- 22 Lac

Figure 8: catégories d'habitats présents sur le domaine de Ceyrac selon la typologie CORINE Land-Cover, avec les données OCSOL 1999-2006^{cc} SIG L-R. Etude de l'utilisation des abreuvoirs destinés à la perdrix rouge sur le domaine de Ceyrac 2012-2014 (réalisation Luc FRUITET et Guillaume AMOUROUX)

Tableau V: répartition des habitats présents sur le domaine de Ceyrac 2012-2014, site d'étude de l'utilisation des abreuvoirs destinés à la perdrix rouge

Code CORINE	Type d'habitat	Surface en ha	% de surface
112	Tissu urbain discontinu	2,56	< 1 %
113	Bâti diffus	2,02	< 1 %
221	Vignobles	6,47	< 1 %
243	Territoires principalement occupés par l'agriculture avec présence de végétation naturelle	110,03	13 %
311	Forêts de feuillus	33,02	4 %
312	Forêts de conifères	60,9	7 %
321	Pelouses et pâturages naturels	196,66	23 %
323	Maquis et garrigues	236,51	28 %
324	Forêt et végétation arbustive en mutation	143,56	17 %
333	Végétation clairsemée	51,46	6 %
22	lac	0,15	< 1 %
	TOTAL	843,34	100

La population de perdrix rouges

Les effectifs de perdrix rouges ont été estimés au cours des années 2011 à 2014 au printemps grâce à la méthode de rappel au magnétophone (PONCE-BOUTIN *et al.* 2014). Le succès reproducteur a été estimé grâce à l'échantillonnage des compagnies en voiture (protocole ONCFS (<http://www.oncfs.gouv.fr>)). Les effectifs en été ont été estimés grâce au logiciel mis en ligne par l'ONCFS (calcul du plan de chasse (<http://www.oncfs.gouv.fr>)). La surface de biotope favorable à la présence de la perdrix rouge, suivie est de 549 ha. Nous avons défini cette superficie en nous basant sur la cartographie Ocsol LR (occupation du sol Languedoc Roussillon) (figure 8) Nous avons retiré les surfaces des habitats selon la typologie CORINE Land Cover réputés non favorables à la présence des perdrix rouges (Pepin et Blayac 1990; Ponce-Boutin *et al.* 2003a; Quod et Ponce-Boutin 2007): bâti diffus, tissu urbain discontinu, forêt de feuillus, forêt de conifères, forêt et végétation arbustive en mutation (tableau V).

Tableau VI: estimation des effectifs de perdrix rouges sur le domaine de Ceyrac, pendant la durée de l'étude sur l'utilisation des abreuvoirs destinés à la perdrix rouge. Le succès reproducteur n'a pas été estimé au cours des années 2011 et 2012, car la perdrix rouge n'était pas chassée sur le domaine au cours de cette période. En effet le recueil des données de reproduction sert également au gestionnaire d'un territoire à établir le prélèvement recommandé (calcul du plan de chasse (<http://www.oncfs.gouv.fr>)). Par la suite nous avons recueilli ces données afin d'alimenter les données du réseau perdrix rouge notamment en lien avec les mauvais succès reproducteurs constatés sur certains secteurs et l'importance que cela peut avoir sur les populations (Ponce-Boutin 2014).

Année	Effectifs avant reproduction	Intervalle de Confiance à 95%	Nombre d'adultes estimé en été (survie printemps 0.7)	Age ratio estimé en été, en jeunes par adulte	Nombre de jeunes estimés en été	Effectifs estimés en été en nombre d'individus
2011	78 couples	[54-111]	109 [76-155]	Non estimé	????	Non estimée
2012	49 couples	[32-72]	68 [45-100]	Non estimé	????	Non estimée
2013	115 couples	[84-154]	161 [118-215]	0,3	69	209
2014	60 couples	[40-87]	84 [56-121]	0,7	58	142

Sur ce domaine, aucun prélèvement de perdrix par la chasse n'a été réalisé au cours de l'étude. L'évolution des effectifs de 2011 à 2012 et de 2013 à 2014 est donc essentiellement due à la dynamique naturelle des populations. Cependant, au cours de l'hiver 2012-2013, un lâcher massif de 622 perdrix a eu lieu et un nombre important d'oiseaux était encore présent

au moment des comptages de printemps (Cf. chapitre survie des lâchers). Cela explique certainement en partie l'augmentation importante du nombre de couples estimée au cours du printemps 2013. Aucun lâcher n'ayant eu lieu entre le printemps 2013 et le printemps 2014, le nombre de couples présents en 2014 correspond à une dynamique naturelle (tableau VI).

III° 2 le dispositif d'appareils photographiques et d'abreuvoirs couplés

Les abreuvoirs utilisés sont des auges rectangulaires en plastique noir d'une contenance de 10 litres. Ces abreuvoirs étaient ceux utilisés sur le domaine avant le lancement de l'étude. Le choix d'utiliser des contenants en plastique se justifie par la volonté de faciliter le nettoyage régulier et la désinfection. Afin de limiter les retournements par les sangliers, il leur a été ajouté un socle en béton. Une grille métallique constituée de 3 barreaux de fers tors a été mise en place sur le dessus afin de limiter l'accès des sangliers à l'eau. Des pierres ont été mises en place dans le fond des abreuvoirs afin de limiter le risque de noyade des espèces utilisant les abreuvoirs. Pour le remplissage, deux tournées par semaine étaient en moyenne organisées en été et une tournée tous les quinze jours le reste de l'année. Les personnes présentes sur le site ainsi que moi-même veillions à ce que les abreuvoirs soient toujours en eau. Avant la mise en place de l'étude, le domaine disposait d'un réseau de 50 agrainoirs associés aux abreuvoirs. Nous avons tiré au sort les 22 abreuvoirs dont nous avons besoin pour réaliser notre étude parmi ces 50. Pour cela, nous avons utilisé le logiciel Microsoft® Office Excel 2003. Nous avons ensuite retiré les abreuvoirs non suivis afin que seuls restent disponibles les abreuvoirs munis d'un appareil photographique (figure 9). Afin de s'assurer que le site était utilisé pour la présence de l'abreuvoir, nous avons aussi neutralisé pendant la durée de l'étude les agrainoirs qui étaient associés aux abreuvoirs.

Nous avons disposé des appareils photographiques à proximité de chacun des abreuvoirs (figure 9). Deux types d'appareils photographiques ont été utilisés :

- 7 appareils de marque Bushnell® modèle Trophy® cam
- 15 appareils de marque Moultrie® modèle Game Spy M-80 Game Camera

Au début de l'étude, dans la semaine du 9 au 16 septembre 2012, un appareil photographique a été volé et l'abreuvoir a alors été neutralisé. L'essentiel de l'étude a donc été menée avec 21 sites.

Les appareils photographiques ont été placés à une distance de 1,5 à 2 mètres des abreuvoirs, à une hauteur de un mètre sur un support et dirigés vers les abreuvoirs afin de limiter au maximum le champ de vision et de pouvoir considérer que tout animal photographié était un utilisateur de l'abreuvoir (figure 9). Les appareils photos ont été paramétrés pour une prise de vue séquentielle de trois images avec des temps de pause entre les séquences de 15 secondes. La sensibilité moyenne du capteur a été sélectionnée afin de limiter le nombre de prises de vues inutiles liées à la végétation mise en mouvement par le vent et de s'assurer que les espèces de type passereaux n'échappaient pas aux prises de vues. Une phase de test du paramétrage et du positionnement de trois semaines a été réalisée avant le début de l'étude afin de maîtriser l'utilisation et d'être sûr d'optimiser les prises de vue en fonction des champs de détection de chaque appareil (Burton *et al.* 2015). L'enregistrement des données dans les appareils s'effectuait sur cartes mémoires SD de 2 GB au début de l'étude puis de 8 GB de capacité de stockage par la suite et de 15 à 95MB/s de vitesse d'écriture. Une récupération régulière des données a été réalisée, une à deux fois par mois pendant la période de l'étude. A cette occasion les batteries étaient vérifiées et elles étaient changées si nécessaire. Le stockage des données a été réalisé sur des disques durs externes avec un double archivage.



Figure 9 : dispositif de suivi des abreuvoirs destinés à la perdrix rouge sur le domaine de Ceyrac ; à droite appareil photo sur sa fixation dans son boîtier sécurisé. (Photo Luc FRUITET)

III° 3 les données climatiques

Avec les autres régions Méditerranéennes françaises, le département du Gard est l'une des régions les plus ensoleillées. Des étés très secs, des pluies irrégulières et parfois torrentielles au printemps et en automne, une luminosité de l'air exceptionnelle les jours de mistral et de tramontane. La région connaît aussi des températures extrêmes (gelées hivernales, fortes chaleurs estivales) (source Météo France.fr). Généralement, le mois le plus chaud est le mois de juillet, le mois le plus froid est le mois de janvier (figure 10), le mois le plus sec est le mois de juillet et le mois le plus humide est le mois d'octobre (figure 11).

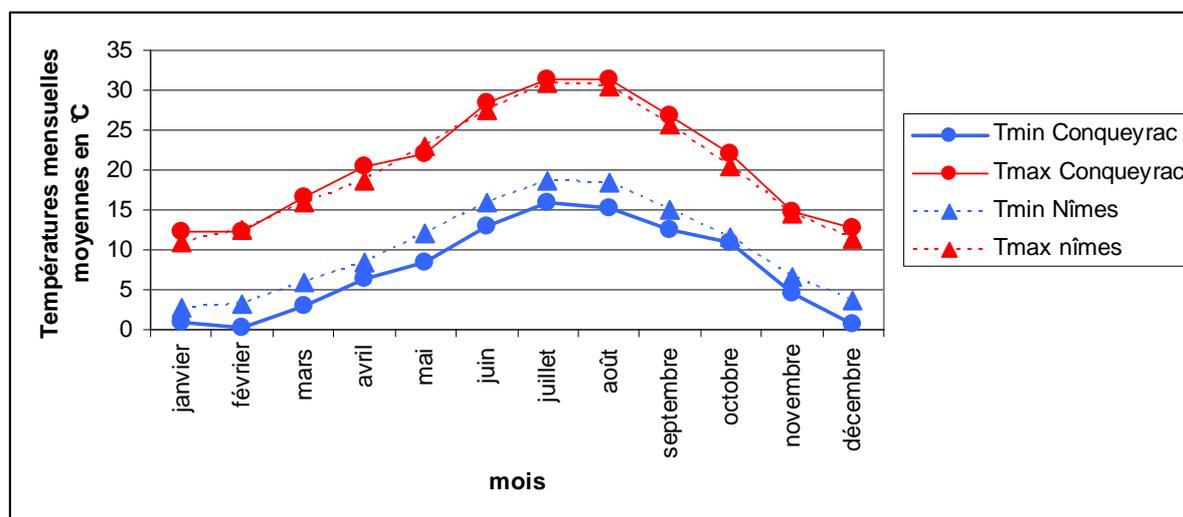


Figure 10: comparaison des données de températures moyennes mensuelles en °C sur la commune de Conqueyrac relevées pendant la durée de l'étude, par rapport aux données moyennes de la station de Nîmes. (Source Météo France)

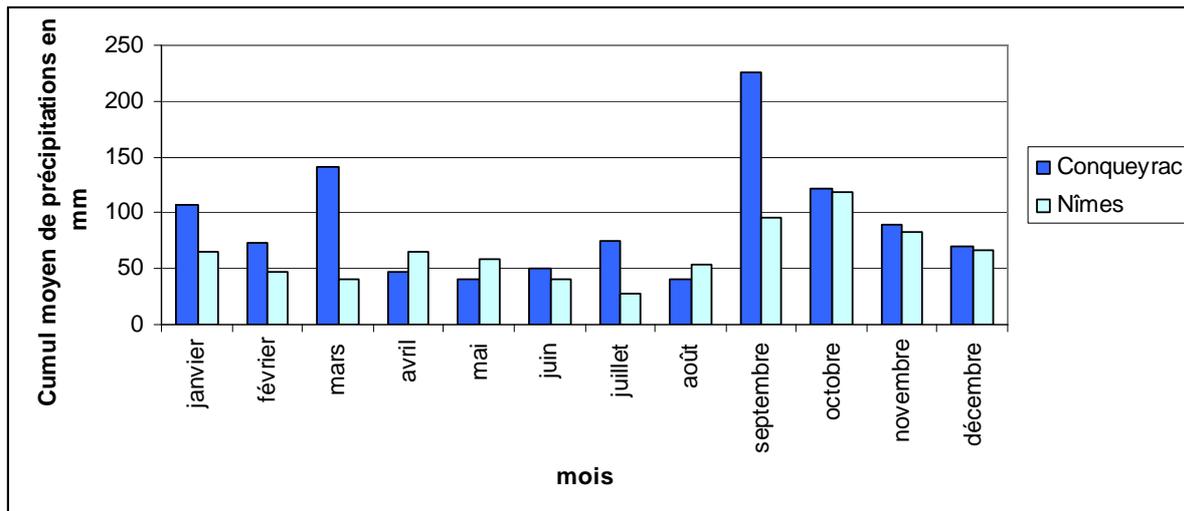


Figure 11 : comparaison des données de précipitation moyennes mensuelles en mm sur la commune de Conqueyrac relevées pendant la durée de l'étude, par rapport aux données moyennes de la station de Nîmes. (Source Météo France)

Nous avons choisi d'analyser les relations entre les données climatiques disponibles auprès de Météo France de manière quotidienne pouvant traduire un niveau de sécheresse et de stress hydrique et l'utilisation des abreuvoirs par les perdrix rouges. Pour cela, nous avons utilisé la température quotidienne minimale (Tmin) ; la température quotidienne maximale (Tmax) ; La moyenne des vitesses du vent à 10m quotidienne (vent) ; le cumul des pluies quotidien (pluie) ; et une donnée synthétique traduisant la sécheresse : l'évapotranspiration potentielle (ETP) en points de grille régulière sur la France métropolitaine avec une maille de 0,125° soit 12 km (Météo France Direction de la climatologie 2005). Les paramètres de base servant au calcul de l'ETP sont: température minimale et maximale, vitesse moyenne du vent à 10 m (ou 2 m), tension de vapeur moyenne, durée d'insolation, rayonnement global.

Ces paramètres de base sont le résultat d'une interpolation (méthode de type « inverse de la distance au carré », au niveau du point de grille, à l'aide des valeurs des cinq stations les plus proches, sans prise en compte de l'altitude. A chaque point de grille est ensuite calculée l'ETP par la méthode de Penman-Monteith (Source Météo France). Ce type de recherche de corrélation entre les conditions météorologiques et l'utilisation des abreuvoirs par les perdrix rouges a déjà été réalisée par d'autres auteurs (Sánchez-Garcia *et al.* 2012).

III° 4 Les oiseaux marqués

622 perdrix rouges issues d'un élevage situé sur le domaine ont été lâchées en 2012. Le premier lâcher est intervenu le 25 septembre 2012, le dernier lâcher a eu lieu le 22 décembre 2012. Les oiseaux étaient alors âgés de 23 à 36 semaines. Ils ont été lâchés à partir de cages de pré-lâcher de 2 m sur 2 m et de 60 cm de hauteur (figure 12), placées à proximité des points d'eau. Les oiseaux étaient lâchés par lots de dix oiseaux, répartis dans 25 volières. Le temps de séjour des perdrix dans les volières était de trois à quatre jours. Le lâcher avait lieu en soirée en général en conservant un ou deux oiseaux quelques jours de plus à l'intérieur de la cage pour assurer le rappel selon les techniques décrites par BRO et MAYOT (2006). C'est-à-dire que ces oiseaux restés dans les cages avaient pour rôle, en les rappelant, d'inciter les autres perdrix rouges à rester à proximité des cages afin de limiter la dispersion. 60 perdrix ont été lâchées à l'intérieur d'une parcelle de vigne de 6,47 ha entourée d'une clôture fixe en grillage de 2 m de hauteur destinée à l'origine à limiter l'intrusion de sangliers provoquant des dégâts aux vignobles.



Figure 12 : type de cage de pré lâcher utilisée au cours de l'étude sur l'utilisation des abreuvoirs destinés à la perdrix rouge sur le domaine de Ceyrac au cours des mois de septembre à décembre 2012. (Photo Luc FRUITET)

Chaque oiseau a été marqué de manière individuelle avec une bague métallique numérotée et un code couleur (figure 14) de trois bagues colorées plastique de 8mm de diamètre. Dix couleurs différentes ont été utilisées représentant chacune un chiffre différent (figure 13). Une bague était posée sur la patte droite avec la bague métallique et représentait les centaines, deux bagues étaient mises sur la patte gauche. La bague du haut représentait les dizaines et la bague du bas représentait les unités (figure 14).

Afin d'éviter que les données de l'origine des oiseaux ne soient contestables, nous avons proposé aux territoires voisins de baguer la totalité des oiseaux qu'ils lâchaient. Cela a été fait à l'aide de bagues métalliques du même modèle que celles posées sur les oiseaux de l'étude. Ainsi, il était possible de définir l'origine d'un oiseau y compris pour ceux issus d'un territoire voisin.

unité dizaine centaine	code Excel	nom de la couleur
1		noir
2		blanc
3		rouge
4		jaune
5		vert pomme
6		bleu ciel
7		violet
8		rose
9		orange
0		bleu roi

Figure 13 : code couleur utilisé pour les bagues destinées au marquage des perdrix rouges lâchées en 2012, afin d'estimer la survie par la méthode de capture marquage recapture sur le domaine de Ceyrac



Figure 14: exemple d'image d'un individu de perdrix rouge marqué en vue de l'analyse de la survie en capture marquage recapture sur le domaine de Ceyrac : ici vert pomme à droite, bleu ciel en haut à gauche et noir en bas à gauche = individu n°561 (Photo Luc FRUITET 1/05/2013)

III° 5 Les données photographiques

- Dates du recueil de données

Les données ont été recueillies du 1er juin 2012 au 10 novembre 2014 soit 892 jours de suivi. Elles ont donc concerné trois périodes estivales complètes (2012-2013-2014) ainsi que deux périodes intermédiaires : octobre 2012 à mai 2013 et octobre 2013 à mai 2014.

- Nombre de photos

Après avoir supprimé les photos inutiles (celles sans aucune espèce), 720 449 images ont été traitées sur un total estimé d'images prises supérieur à 2 millions sur l'ensemble de la durée de l'étude. Le temps de saisie des données est estimé à 500 heures auxquelles il faut ajouter trois semaines de travail pour la réalisation du logiciel et environ 200 heures de tri d'images inutiles.

- Outil de saisie

Afin de saisir les données nous avons adapté, avec l'aide de Nicolas GASCO (personnel associé à l'UMR BOREA dans l'équipe « Dispersion Larvaire et Organisation en Milieu Austral et Insulaire Tropical »), un logiciel de saisie permettant de récupérer les métadonnées issues des photos et de les insérer directement dans une base de donnée Excel® qu'il avait développé pour traiter des images de cétacés. Il ne restait alors à la charge de l'opérateur qu'à saisir le nom de l'espèce (à choisir dans un menu déroulant), présente sur l'image ainsi que le code couleur des perdrix identifiées le cas échéant. Ce logiciel nous a permis de réduire le temps de traitement d'une photo à deux secondes par photo. Les données récoltées automatiquement étaient : la date, l'heure, le numéro d'abreuvoir, le nom de l'opérateur. Les données saisies suite à l'analyse par l'opérateur étaient : le groupe auquel appartient l'espèce, l'espèce, le nombre d'individus. Pour les perdrix rouges : le statut de baguage, si il s'agissait d'un jeune ou d'un adulte. Pour les individus bagués et identifiables, le code couleur correspondant au numéro d'individu. Deux bases de données distinctes se renseignaient alors

automatiquement : la base de données « utilisateur de l'abreuvoir » et la base de données « capture-marquage- recapture» des perdrix baguées (figure 15).

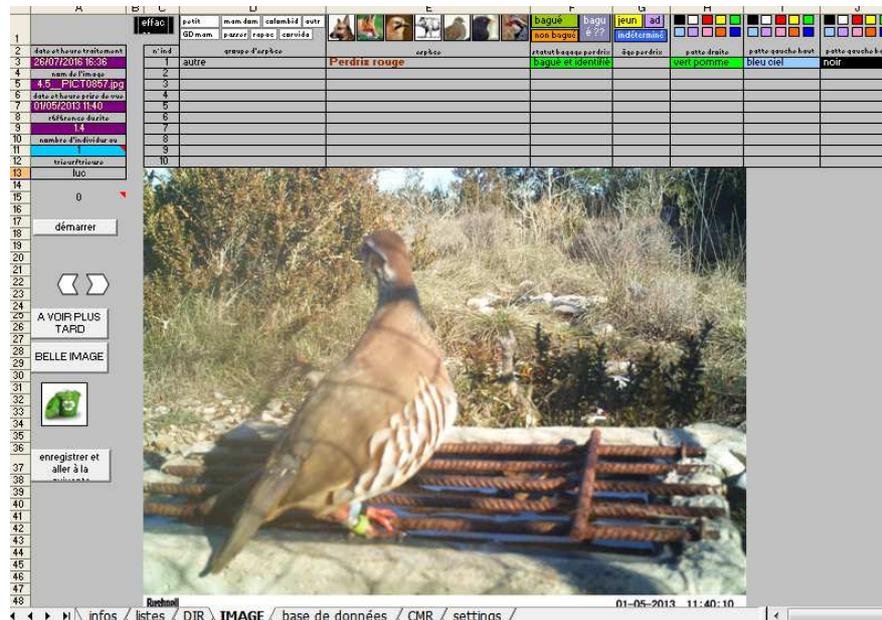


Figure 15 : capture d'écran du logiciel de saisie développé afin de traiter les images récoltées grâce aux appareils photographiques automatiques, pour l'étude de l'utilisation des abreuvoirs destinés à la perdrix et l'estimation de la survie des perdrix rouge issues de lâcher sur le domaine de Ceyrac de 2012 à 2014. (D'autres extraits sont présentés en Annexe 3)

III° 6 Evaluation du couvert végétal à proximité des abreuvoirs

La description de l'habitat autour des abreuvoirs s'appuie sur les études précédentes et notamment une qui concerne l'utilisation des points d'eau par les perdrix choukar (Larsen *et al.* 2007) et de l'habitat par le Tétras des armoises (*Centrocercus urophasianus*) (Bunnell *et al.* 2004) Celle-ci s'appuie aussi sur une étude de description des structures végétaives (Müeller-Dombois 1974).

- Proportion de surface occultée par la végétation

Nous avons défini le niveau d'obscurité horizontale (OH) et verticale (OVH= Obscurité Verticale Haute et OVB= Obscurité Verticale Basse) à des distances de 2,5m (1); 5m (2); 10m (3); 15m (4); 20m (5) et 30m (6). Nous avons utilisé ces six classes de distance afin de définir si un gradient existait dans la distance à laquelle se situait la végétation par rapport à l'abreuvoir pour expliquer son utilisation. Nous avons utilisé deux variables d'obscurité verticale car en fonction de la présence seulement d'un seul type de couvert (bas ou haut), une perdrix peut n'être que partiellement caché à la vue d'un prédateur aérien, alors que si les deux couverts sont présents cela augmente fortement l'opacité du tissu végétal. De plus certains types de couverts ne sont présents qu'à une époque de l'année comme sur les arbres à feuilles caduques ou les graminées au sol. L'obscurité horizontale est la mesure de la proportion de surface visible d'une mire placée sur le point d'abreuvoir par un observateur à une distance déterminée. La lecture de la mire s'est faite accroupie afin de compenser la différence liée à la hauteur de visée de l'observateur et de celle de la végétation. En effet, un observateur dans une végétation basse n'aura pas la même lecture du nombre de carreaux visibles s'il est debout ou accroupi. La perdrix rouge et ses prédateurs terrestres évoluant au

niveau du sol il nous a donc semblé pertinent de travailler à ce niveau. Le panneau de mire utilisé pour l'obscurité horizontale mesurait 1 m sur 1 m et était divisé en 36 carrés (figure 16).



Figure 16 : lecture de la mire d'obscurité horizontale positionnée sur le point d'eau, pour décrire la structure de la végétation présente autour de l'abreuvoir. Etude de l'utilisation des abreuvoirs destinés à la perdrix rouge sur le domaine de Ceyrac 2012-2014. (Photo Luc FRUITET)

Le panneau utilisé pour estimer l'obscurité verticale mesurait 18 cm x 18 cm. Il était lui aussi divisé en 36 carrés. L'obscurité verticale basse était mesurée à une hauteur de 18 à 25 cm du sol et l'obscurité verticale haute était mesurée au dessus de la tête. Le résultat est lu en comptant le nombre de carrés entiers dans lequel le ciel apparait pour le haut et en comptant le nombre de carrés entiers observés par l'observateur debout pour le bas. Cette double lecture permettait de simuler la capacité à se dissimuler pour une perdrix (lecture basse) et le champ de vision que pouvait avoir un prédateur aérien placé à l'aplomb du point (lecture haute) (figure 17).



Figure 17 : mesure de l'obscurité verticale pour décrire la structure de la végétation présente autour de l'abreuvoir. Etude de l'utilisation des abreuvoirs destinés à la perdrix rouge sur le domaine de Ceyrac 2012-2014 (Photos Luc FRUITET)

Ces mesures ont été réalisées sur huit transects orientés vers les huit points cardinaux avec pour origine le point d'eau (Nord, Nord Est, Est, Sud Est, Sud, Sud Ouest, Ouest, Nord Ouest) (figure 18).

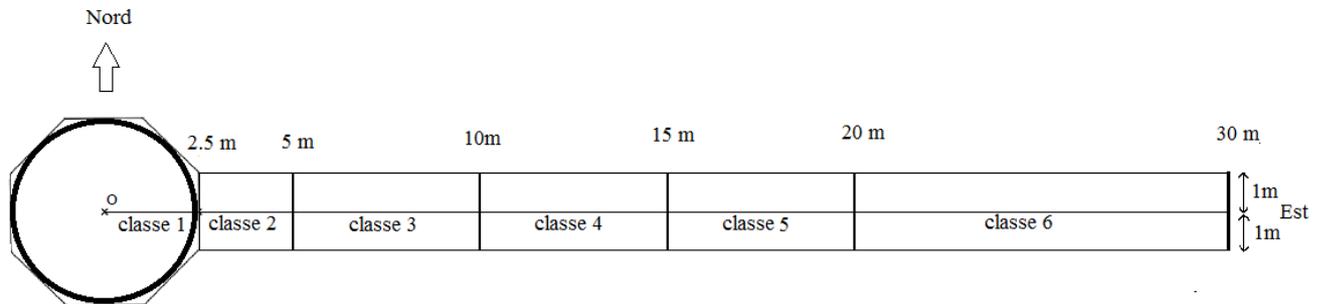


Figure 18: exemple de transect de mesure vers un des points cardinaux (l'est), utilisé pour décrire la structure de la végétation présente autour de l'abreuvoir. Etude de l'utilisation des abreuvoirs destinés à la perdrix rouge sur le domaine de Ceyrac 2012-2014.

Pour chaque abreuvoir, nous avons donc calculé la moyenne des données relevées sur les 8 transects pour chaque classe de distance (x : 1 à 6) et pour chacune de ces 3 variables : l'obscurité horizontale OHx, l'obscurité verticale basse OVBx et l'obscurité verticale haute OVHx. (Fiche de relevé de terrain Annexe 2)

- Recouvrement arbustif

Nous avons également mesuré la densité du couvert végétal en pourcentage. Pour cela, nous avons utilisé pour chaque données les même huit transects vers les points cardinaux avec pour origine l'abreuvoir. Sur 1 m de chaque côté du transect nous avons mesuré la projection horizontale de couvert de chaque buisson et arbre de plus de 1m de haut à l'intérieur de la zone, dont une partie du houppier était situé à l'intérieur de la zone des 1 m du transect. Ainsi nous avons défini un pourcentage de couvert de la strate supérieure à 1 m pour les 240m² échantillonnés au tour de chaque point d'eau (figure 18). La surface du houppier projetée est assimilée à un disque tronqué auquel on retire la surface du segment en mesurant la flèche au-delà des 1 m du transect (figure 19). Nous avons réalisé ces mesures dans chacune des classes de distance. Cette méthode de description de la densité du couvert est inspirée de MÜELLER-DOMBOIS (1974).

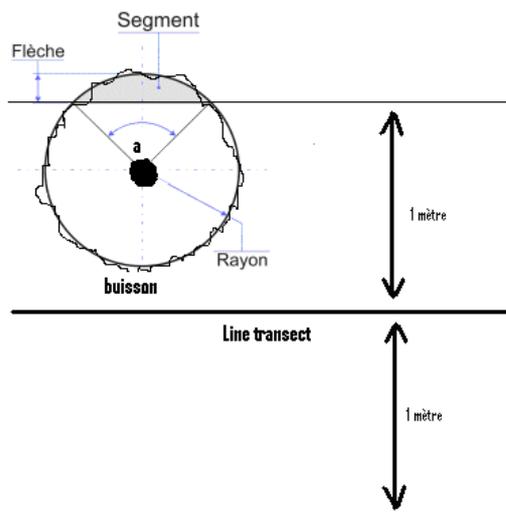


Figure 19 : principe de mesure de la densité du couvert, pour décrire la structure de la végétation présente autour de l'abreuvoir. Etude de l'utilisation des abreuvoirs destinés à la perdrix rouge sur le domaine de Ceyrac 2012-2014 (Photo Luc FRUITET)

Pour ce qui est du calcul de la surface incluse dans le transect projetée du buisson, nous avons utilisé les formules suivantes :

Soit r le rayon de l'arbre, D le diamètre, F la flèche, « a » l'angle

L la longueur de la corde : $L = 2 \cdot \sqrt{F \cdot (2 \cdot r - F)}$

Angle a : $a = \cos^{-1}((r - F)/r)$

Soit A la surface de la section de cercle exclue du transect : $A = 0.5 \cdot r^2 \cdot (a - \sin a)$

Donc la surface incluse dans le transect = $\pi \cdot r^2 - A$

Pour chaque abreuvoir, nous avons calculé le recouvrement arbustif moyen mesuré à plus de 1 m de hauteur sur les 8 transects pour chaque classe de distance : C1 (0-2,5m), C2 (2,5-5m), C3 (5-10m), C4 (10-15m), C5 (15-20m) et C6 (20-30m).

- Type de milieu

Chaque abreuvoir étant géo localisé et du fait que nous disposons d'une cartographie précise des types de milieux, nous avons également effectué une analyse en fonction du type de milieu dans lequel se trouve l'abreuvoir. Pour cela nous avons utilisé le logiciel Quantum GIS® avec la base de données OCcupation du SOL Languedoc Roussillon (OCSOL 1999-2006^{cc} SIG L-R) fournie par SIG LR qui utilise les mêmes typologies d'habitats que la base de données CORINE Land Cover, mais dont la précision est beaucoup plus fine. En effet la surface d'analyse et de traitement des données est portée à 2,5 ha alors qu'elle est de 5 ha pour la base de données CORINE Land-Cover (SIG L-R 2010) (figure). Cette base de données datant de 2006, certains polygones notamment au niveau des superficies agricoles avaient changé d'utilisation. Nous avons donc corrigé, après vérification sur le terrain, la dénomination des entités concernées que nous avons dénommées Occsol2.

Types de milieux dans lesquels étaient placés les abreuvoirs : pelouses et pâturages naturels N=13 ; forêt et végétation arbustive N=4 ; maquis et garrigues N=3 ; vignoble N=1.

Au final, nous disposons donc pour chaque abreuvoir de 25 variables environnementales (OH1 à 6, OVB1 à 6, OVH1 à 6, C1 à 6 et le type de milieu CLC). L'obscurité horizontale à 2,5m ; 5m ; 10m ; 15m ; 20m ; 30m pour laquelle nous avons fait la moyenne des données relevée à chacune des distance pour chaque appareil notée OHx ; L'obscurité verticale basse à

2,5m ; 5m ; 10m ; 15m ; 20m ; 30m pour laquelle nous avons fait la moyenne des données relevées à chacune des distances pour chaque appareil notée OVBx ; L'obscurité verticale haute à 2,5m ; 5m ; 10m ; 15m ; 20m ; 30m pour laquelle nous avons fait la moyenne des données relevées à chacune des distances pour chaque appareil notée OVHx ; Le pourcentage de la projection horizontale du couvert arbustif supérieur à 1 m de hauteur sur le transect considéré, pour chacune des classes de distance noté Cx ; le type de milieu dans lequel se situe l'abreuvoir. Nous avons utilisé la moyenne de chacune des variables aux classes de distances définies afin de limiter le nombre de variables. De plus il nous a semblé que la distance à laquelle la variable se situait par rapport à l'abreuvoir était plus importante que la direction dans la quelle elle se situait.

Chapitre IV° : Utilisation des abreuvoirs par la perdrix rouge

IV° 1 Analyses statistiques

L'ensemble des analyses des patrons d'utilisation, des variables météorologiques et environnementales a été réalisé avec les logiciels Microsoft Excel® et R 3.1.0 (R Development Core Team 2014). Le logiciel R utilise différentes bibliothèques (nommées « library ») pour réaliser les analyses.

Patron temporel :

La variable ayant servi de base à l'ensemble des analyses concernant le patron temporel est le nombre d'individus considéré comme différents de perdrix rouges sauvages apparaissant sur les photographies. Cette variable a été saisie en heure exacte, et a été traitée par jour ou par heure en fonction de l'analyse réalisée. Pour les perdrix rouges sauvages, le mode de paramétrage des appareils photographiques étant un mode séquentiel avec un temps de pose de 15 secondes, lorsque le temps entre deux séries d'images était supérieur à 15 secondes nous avons considéré qu'il s'agissait d'un individu différent, en assumant le fait qu'il pouvait s'agir du même individu qui revenait. Toutefois, dans la plupart des cas, lorsqu'il s'agissait d'individus non bagués, le temps de présence à proximité des abreuvoirs était court et souvent il ne permettait pas de faire deux séries d'images. Pour les perdrix rouges issues de lâcher, lorsque l'individu n'était pas identifiable la donnée a été saisie de la même manière que pour les perdrix rouges sauvages, lorsque le temps de pose entre deux séries d'images était supérieur à 15 secondes nous avons considéré qu'il s'agissait d'un individu différent. Lorsque l'individu était identifiable l'opérateur choisissait de saisir une ou deux utilisations par le même individu en fonction du temps entre deux séries d'images. Si le temps entre deux séries présentant le même individu était inférieur à cinq minutes l'opérateur considérait qu'il s'agissait de la même utilisation, si ce temps était supérieur à cinq minutes, il considérait qu'il s'agissait de deux observations différentes de la même perdrix rouge.

Nous avons choisi de comparer l'utilisation des abreuvoirs entre les perdrix sauvages et les perdrix issues de lâcher en fonction des périodes de l'année car le comportement des perdrix issues de lâcher par rapport à l'utilisation des abreuvoirs semble évoluer en fonction de la date de lâcher de manière différente des perdrix sauvages. Il se décompose en deux phases, une première phase d'utilisation depuis la date de lâcher jusqu'à 3 mois après le lâcher qui correspond à une phase de survie importante et d'adaptation, qui a eu lieu au cours de l'hiver 2012-2013 et du printemps 2013 (figure 25) et une seconde phase en été plus éloignée du lâcher au cours de l'été 2013 (figure 25).

Afin de comparer les distributions du nombre d'individus observées avec une distribution théorique en fonction des périodes et des abreuvoirs, nous avons utilisé le test du X^2 de conformité (Py 1996). Lorsque nous avons voulu comparer les distributions entre les groupes de perdrix rouges issus de lâcher et les groupes de perdrix rouges sauvages en fonction des périodes, nous avons utilisé le test de X^2 d'indépendance (Py 1996). Lorsque plus de 20% des effectifs théoriques étaient inférieurs à 5 (règle de Conrad), nous avons utilisé pour comparer les distributions un test exact de Fisher (Py 1996). Nous avons testé la corrélation deux à deux entre les variables météorologiques et notamment avec les variables Tmin, Tmax, vent, pluie et l'ETP à l'aide d'un test de corrélation de Spearman. Celui-ci étant hautement significatif pour la relation entre ETP et Tmax ($p < 0.01$; $\rho 0.83$), nous avons donc ensuite décidé de ne pas associer ETP et Tmax simultanément dans nos analyses. Nous avons ensuite utilisé la

bibliothèque « MASS » (Venables et Ripley 2002) afin d'ajuster des modèles linéaires généralisés dits « GLM » sur les données d'utilisation (Crawley 1993) et les variables météo comme covariables. Les GLM utilisés reposaient sur une distribution « négative binomial » des données de la variable à expliquer afin de prendre en compte la sur-dispersion des données de comptage d'individus que nous avons constatée lors d'analyses préliminaires. Nous avons conservé le modèle disposant de l'AIC (Akaike Information Criterion)(Akaike 1973) le plus faible. Nous avons pour cela testé toutes les combinaisons de variables, ainsi que les variables seules et les termes au carré associés aux variables. Lorsque la différence d'AIC entre deux modèles était inférieure à deux nous avons alors calculé le poids des AIC (Burnham et Anderson 1998) afin de confirmer le choix des modèles (Symonds et Moussalli 2011).

Le patron spatial :

La variable ayant servi de base à l'ensemble des analyses concernant le patron spatial est le nombre total d'individus considéré comme différents de perdrix rouges sauvages apparaissant sur les photographies sur la totalité de la période de suivi (toutes périodes) ou sur les données recueillies du 1^{er} juin au 30 septembre pour la période dénommée « été ». Nous n'avons pas réalisé ce même types d'analyses pour les perdrix issues de lâcher en raison de la prépondérance du lieu de lâcher sur l'utilisation des abreuvoirs (figure 26). Les corrélations entre variables environnementales (de couvert végétal notamment) ont été explorées à l'aide d'Analyses en Composantes Principales (Lebart *et al.* 2000) en utilisant la bibliothèque « ade4 » avec le logiciel R (Dray et Dufour 2007). Les résultats des ACP indiquant que certaines variables environnementales, que nous avons relevées sur le terrain étaient fortement corrélées (figure 20) nous avons alors créé de nouvelles variables à partir des variables initiales afin de limiter le nombre de variables à analyser. Les variables fortement corrélées sont :

C2, C3, C4, C5, C6 entre elles ainsi que OH1, OH2, OH3, OH4, OH5, OH6 entre elles, mais aussi les OVHx et OVbx entre elles.

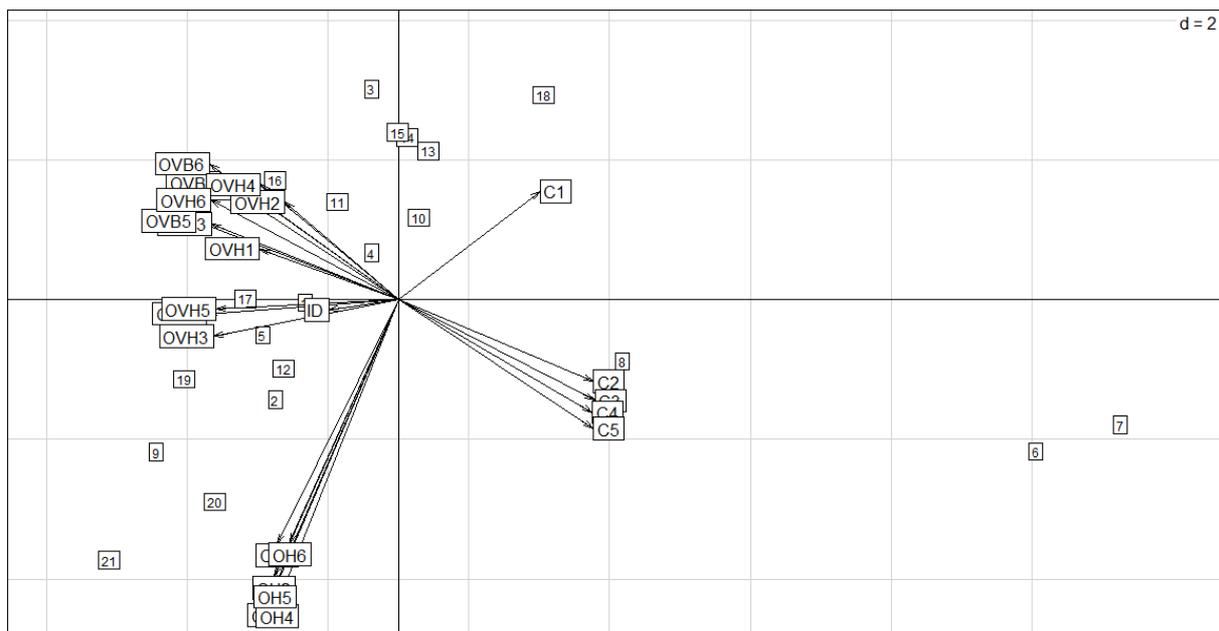


Figure 20 : ACP sur l'axe 1 et 2 des données d'habitat utilisées pour décrire la position des abreuvoirs dans le cadre de l'étude sur l'utilisation des abreuvoirs destinés à la perdrix rouge sur le domaine de Ceyrac

Afin de limiter le nombre de variables à tester dans les modèles que nous avons utilisés par la suite, nous avons donc choisi de conserver les variables suivantes:

- C1 car elle reste une variable isolée dans les représentations des ACP ;
- une nouvelle variable dénommée cumul C2-C6 qui est une moyenne pondérée par les surfaces que représente chaque tronçon sur le transect, en raison de la corrélation forte existant entre les variables C2, C3, C4, C5, et C6. Cette nouvelle variable est une représentation plus conforme à la réalité du terrain que la moyenne car elle respecte la surface que représente chacune des variables ;
- la moyenne des OH car l'ensemble des variables OHx est fortement corrélé ;
- OVH1 ; nous avons choisi de conserver uniquement cette variable décrivant l'obscurité verticale en raison de sa corrélation forte avec les autres variables OVHx et OVBx. De plus elle permet de faire une description locale de l'habitat des abreuvoirs.
- les données OCCSOL (Occsol2)

Nous avons ensuite utilisé la bibliothèque « MASS » (Venables et Ripley 2002) afin d'ajuster modèles linéaires généralisés dit GLM (Crawley 1993) pour modéliser le nombre d'utilisation sur la totalité de la période ou uniquement en été, en fonction des covariables détaillées ci-dessus. Nous avons utilisé là aussi une distribution « negative binomial » des données afin de prendre en compte la sur-dispersion des données d'utilisation que nous avons constatée.

Nous avons testé les modèles avec les variables seules et les modèles avec les variables associées. Nous avons conservé le modèle disposant de l'AIC (Akaike Information Criterion)(Akaike 1973) le plus faible. Lorsque la différence d'AIC entre deux modèles était inférieure à deux nous avons alors calculé le poids des AIC (Burnham et Anderson 1998)) afin de confirmer le choix des modèles (Symonds et Moussalli 2011).

IV° 2 le patron temporel

IV° 2.1 résultats

Nous avons au cours de l'étude observé 4240 individus de perdrix rouges sur les photographies.

1371 (32%) individus de perdrix rouge apparaissant sur les photographies étaient non bagués, donc considérés comme sauvages, dont 1049 considérés comme adultes (68%), c'est-à-dire dont les caractéristiques physiologiques ou le plumage ne permettaient plus de déterminer si il s'agissait d'individus nés dans l'année et 321 jeunes (32%). 1 individu non bagué n'a pu être classé parmi une des deux catégories par l'observateur.

1372 (32%) individus de perdrix rouge apparaissant sur les photographies étaient bagués donc considérés comme lâchés et pour 1497 (35%) individus de perdrix rouge apparaissant sur les photographies, l'opérateur n'a pu déterminer le statut de baguage.

Patron d'utilisation mensuel

Tableau VII: individus de perdrix rouges lâchées et sauvages apparaissant sur les photographies par mois, sur le domaine de Ceyrac dans le cadre de l'étude sur de l'utilisation des abreuvoirs destinés à la perdrix rouge du 1^{er} juin 2012 au 31 octobre 2014.

Origine perdrix rouge		janv.	fév.	mars	avril	mai	juin	juillet	août	sept.	oct.	nov.	déc.
2012	Sauvages	-	-	-	-	-	4	117	396	17	51	16	40
	Lâchées	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	288
2013	Sauvages	41	66	30	9	5	75	99	115	69	25	5	16
	Lâchées	450	220	119	16	10	51	35	30	47	19	5	7
2014	Sauvages	9	4	7	9	10	36	6	64	21	12	-	-
	Lâchées	4	5	1	4	8	8	1	9	1	1	-	-

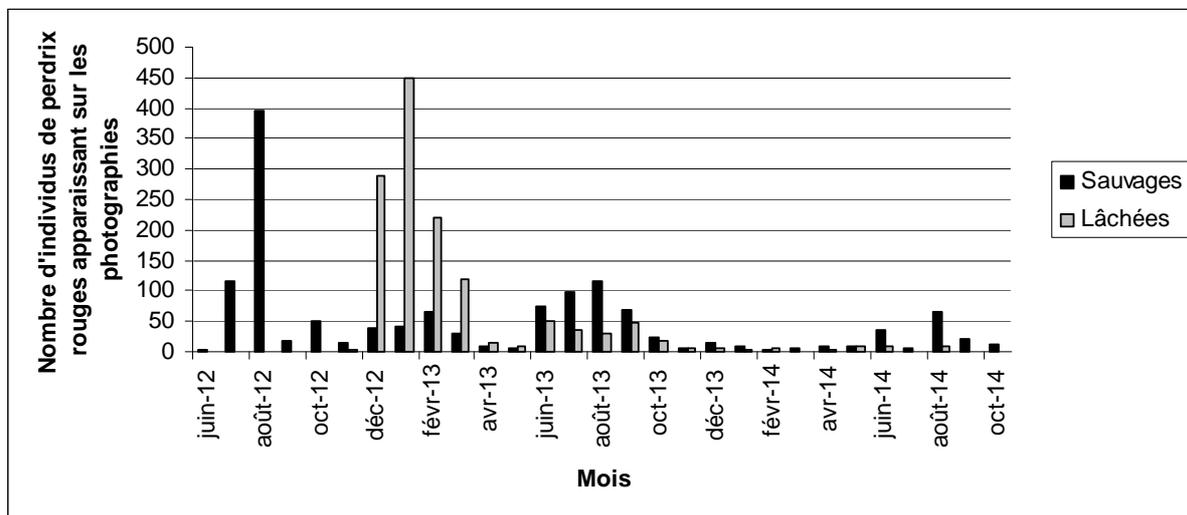


Figure 21: individus de perdrix rouges lâchés (n=1341) et sauvages (n=1374) apparaissant sur les photographies par mois, sur le domaine de Ceyrac dans le cadre de l'étude sur de l'utilisation des abreuvoirs destinés à la perdrix rouge. La distribution des individus de perdrix rouges sauvages apparaissant sur les photographies est significativement différente en fonction des mois (test X^2 perdrix sauvages $X^2 = 3332,02$, $df = 28$, $p < 0.001$; test X^2 perdrix lâchées $X^2 = 5030,45$, $df = 23$, $p < 0.001$). La distribution du nombre d'individus de perdrix sauvages et de perdrix lâchées apparaissant sur les photographies par mois est significativement différente (Test exact de Fischer $p < 0.001$). La distribution du nombre d'individus de perdrix sauvages apparaissant sur les photographies par mois, en fonction des années est également différente (Test exact de Fischer $p < 0.001$). Pour cela nous avons comparé sur les périodes des mois de juillet 2012 à juin 2013 et du mois de juillet 2013 au mois de juin 2014.

Pour les perdrix sauvages, c'est au cours du mois d'août 2012 que le nombre d'individus apparaissant sur les photographies est le plus grand (n=396) (tableau VII et figure 21), ensuite le nombre d'individus apparaissant sur les photographies est souvent inférieur à 50 individus par mois à l'exception du mois de février 2013 et des périodes estivales 2013 et 2014. La moyenne est à 20.17 (± 18.49) individus ayant utilisé les abreuvoirs par mois pour les 23 appareils photographiques au total.

Pour les perdrix rouges issues de lâcher, le pic du nombre d'individus apparaissant sur les photographies se situe dans les semaines qui suivent les lâchers, c'est-à-dire au cours des mois de décembre 2012, janvier, février et mars 2013 (tableau VII et figure 21). Ensuite, le nombre

d'individus apparaissant sur les photographies diminue pour connaître une nouvelle augmentation au cours de l'été 2013, qui traduit un regain d'utilisation des abreuvoirs par les perdrix rouges issues de lâcher ayant survécu (voir chapitre dédié à la survie).

Le modèle présentant le meilleur AIC pour toutes les périodes est celui prenant en compte la température maximale quotidienne (tableau VIII). Lorsque l'on se concentre uniquement sur les données recueillies en été (du 1er juin au 30 septembre 2012, 2013 et 2014), on constate également que les meilleurs modèles expliquant le nombre d'individus de perdrix rouges sauvages apparaissant sur les photographies par jour par rapport aux variables météorologiques sont ceux incluant la température maximale quotidienne (tableau VIII). Le vent et la pluie sont aussi des covariables retenues dans les meilleurs modèles en additif avec Tmax en été (tableau VIII).

La modélisation de la relation entre la température maximale quotidienne et le nombre d'individus de perdrix rouges sauvages apparaissant sur les photographies par jour met clairement en évidence que plus la température s'élève, plus les perdrix rouges sauvages utilisent les abreuvoirs (figure 22). Lorsque la température maximale quotidienne dépasse les 30°C, le nombre de perdrix sauvages utilisant les abreuvoirs augmente de manière importante avec l'élévation de la température. Lorsque la vitesse du vent augmente, le nombre d'utilisation des abreuvoirs par les perdrix rouges sauvages augmente. Pour ce qui est de la relation avec la pluie, le nombre d'utilisation des abreuvoirs par les perdrix rouges sauvages diminue lorsque les précipitations augmentent.

Tableau VIII : extrait du tableau de sélection de modèles des GLM expliquant le nombre d'individus de perdrix rouges sauvages apparaissant sur les photographies par jour en fonction des données météorologiques. Sont seuls présentés ici les meilleurs résultats. Le reste des modèles est présenté en annexe (Annexe 4). Les analyses ont été réalisées pour toute la période de suivi (toutes périodes) et pour les périodes allant du 1^{er} juin au 30 septembre 2012, 2013, et 2014 (Eté) : (Tmax) la température quotidienne maximale; (vent) la moyenne quotidienne des vitesses du vent à 10 m; (pluie) le cumul des précipitations quotidien en mm; (ETP) l'évapotranspiration potentielle en points de grille régulière sur la France métropolitaine pour la station de Cognac (30)

Modèle ajusté	AIC	Nombre de paramètres	ΔAIC	Vraisemblance relative	Poids d'AIC
Toutes périodes					
Tmax+Tmax ²	2807,7	4	0	1,00	1,00
ETP*Tmin	2818,9	3	11,2	0,00	0,00
ETP	2823,7	2	16,00	0,00	0,00
Eté					
Tmax+vent	1585,3	3	0	1,00	0,27
Tmax	1585,6	2	0,3	0,86	0,23
Tmax+Tmax ²	1586,4	4	1,1	0,58	0,16
Tmax+pluie	1586,6	3	1,3	0,52	0,14
Tmax*vent	1587,2	3	1,9	0,39	0,11
Tmax+Tmin	1587,60	3	2,30	0,32	0,09

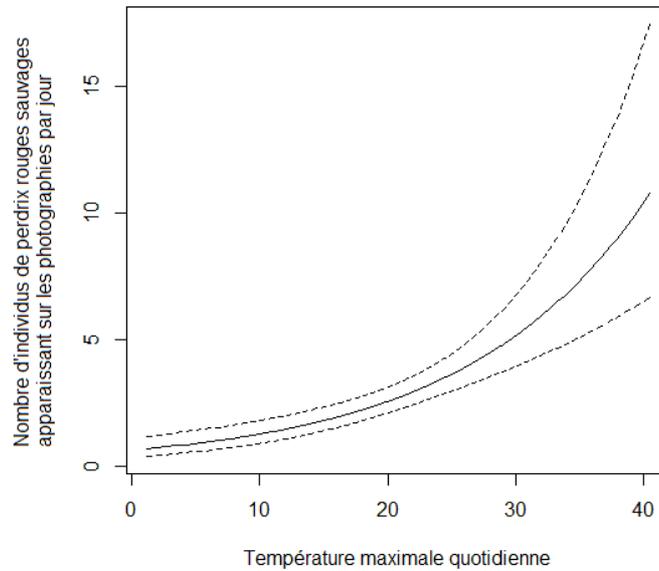


Figure 22 : modélisation de la relation entre la température maximale quotidienne et le nombre d'individus de perdrix rouges sauvages apparaissant sur les photographies par jour, prédite pour toutes les périodes (Ic à 95%).

Patron d'utilisation quotidien

Les perdrix sauvages :

Sur les 1371 individus de perdrix rouges sauvages présents sur les photographies, nous avons pu déterminer l'heure exacte de présence pour 1340 observations et pour 31 d'entre elles, nous n'avons pu déterminer cet horaire en raison de quelques erreurs d'appareils se réinitialisant parfois de manière intempestive.

Tableau IX : nombre d'individus de perdrix rouges sauvages apparaissant sur les photographies par tranche horaire utilisant les abreuvoirs sur le domaine de Ceyrac dans le cadre de l'étude sur l'utilisation des abreuvoirs destinés à la perdrix rouge

plage horaire	été du 1er juin au 30 septembre	% d'utilisati on par rapport à la journée, en été	% cumulé depuis le début de la journée, en été	hors été, du 1er octobre au 31 mai	% d'utilisati on par rapport à la journée, hors été	% cumulé depuis le début de la journée, hors été	toute l'année	% d'utilisati on par rapport à la journée, toute l'année	% cumulé depuis le début de la journée, toute l'année
5h00-5h59	14	1	1	3	1	1	17	1	1
6h00-6h59	59	6	7	4	1	2	63	5	6
7h00-7h59	196	20	27	13	4	6	209	16	22
8h00-8h59	250	25	53	10	3	8	260	19	41
9h00-9h59	137	14	66	17	5	13	154	11	52
10h00-10h59	69	7	73	57	16	29	126	9	62
11h00-11h59	28	3	76	22	6	36	50	4	66
12h00-12h59	19	2	78	17	5	41	36	3	68
13h00-13h59	6	1	79	41	12	52	47	4	72
14h00-14h59	23	2	81	43	12	64	66	5	77
15h00-15h59	7	1	82	37	10	75	44	3	80
16h00-16h59	26	3	84	38	11	86	64	5	85
17h00-17h59	11	1	86	29	8	94	40	3	88
18h00-18h59	37	4	89	16	5	98	53	4	92
19h00-19h59	77	8	97	1	0	99	78	6	98
20h00-20h59	16	2	99	3	1	99	19	1	99
21h00-21h59	11	1	100	0	0	99	11	1	100
22h00-22h59	1	0	100	2	1	100	3	0	100
total	987	100		353	100		1340	100	

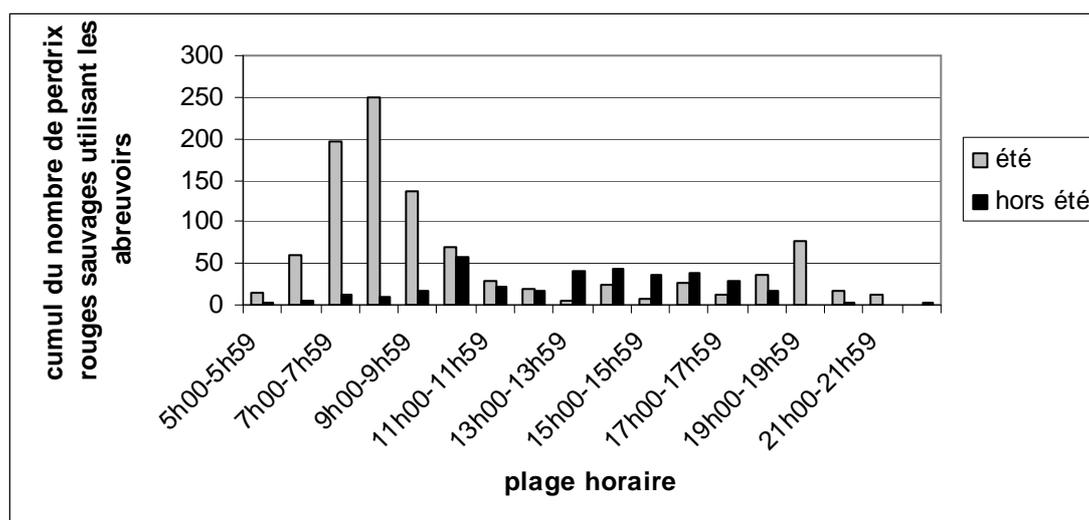


Figure 23 : distribution du cumul du nombre d'individus de perdrix rouges sauvages apparaissant sur les photographies en fonction de la période, utilisant les abreuvoirs en fonction de l'heure de la journée, (été : du 1^{er} juin au 30 septembre, hors été : le reste de l'année) (n=1340 individus de perdrix rouge sauvages apparaissant sur les photographies sur le domaine de Ceyrac du 1er juin 2012 au 10 novembre 2014).

La distribution de l'utilisation des abreuvoirs par les perdrix rouges sauvages varie en fonction de l'heure (test de χ^2 $\chi^2 = 261,90$, $df = 17$, $p < 0.001$ en été et hors été test de χ^2 $\chi^2 = 1536,19$, $df = 17$, $p < 0.001$). L'utilisation des abreuvoirs est significativement différente entre l'été et le reste de l'année (test de χ^2 $\chi^2 = 512,72$, $df = 17$, $p < 0.001$). Les perdrix rouges sauvages utilisent les abreuvoirs essentiellement le matin (tableau IX et figure 23). En effet, tout au long de l'année 52% (n=1340) des individus de perdrix rouge sauvage utilisant les abreuvoirs ont été observés sur les photographies, entre 6h00 et 10h00 du matin. En été, du mois de juin au mois de septembre, 66% (n=987) des individus de perdrix rouge sauvage utilisant les abreuvoirs ont été observés sur les photographies entre 6h00 et 10h00 (tableau IX).

Les perdrix rouges sauvages et lâchées :

Utilisation quotidienne des abreuvoirs hors des mois de juin à septembre par les perdrix rouges lâchées par rapport aux perdrix rouges sauvages sur la même période:

Les lâchers de perdrix rouges ont eu lieu des mois de septembre 2012 à décembre 2012, les données concernant la période qui couvre les mois d'octobre 2012 à mai 2013 représentent 1105 individus de perdrix rouge lâchées apparaissant sur les photographies sur les 1145 données recueillies sur ces périodes. Soit 96% des données enregistrées pour les perdrix issues de lâcher hors des mois de juin à septembre sur toute la période (figure 25). Cela s'explique en grande partie en raison de la présence massive de perdrix rouges lâchées sur le territoire qui vont disparaître assez rapidement (voir chapitre dédié à la survie des perdrix issues de lâcher). Toutefois, on peut noter une différence de comportement dans l'utilisation des abreuvoirs par les perdrix rouges lâchées par rapport aux perdrix rouges sauvages sur les mêmes périodes (figure 24). Les perdrix rouges issues de lâcher ont une utilisation des abreuvoirs plutôt axées vers la fin de la journée, alors que les perdrix rouges sauvages semblent avoir une utilisation plus répartie tout au long de la journée (figure 24)

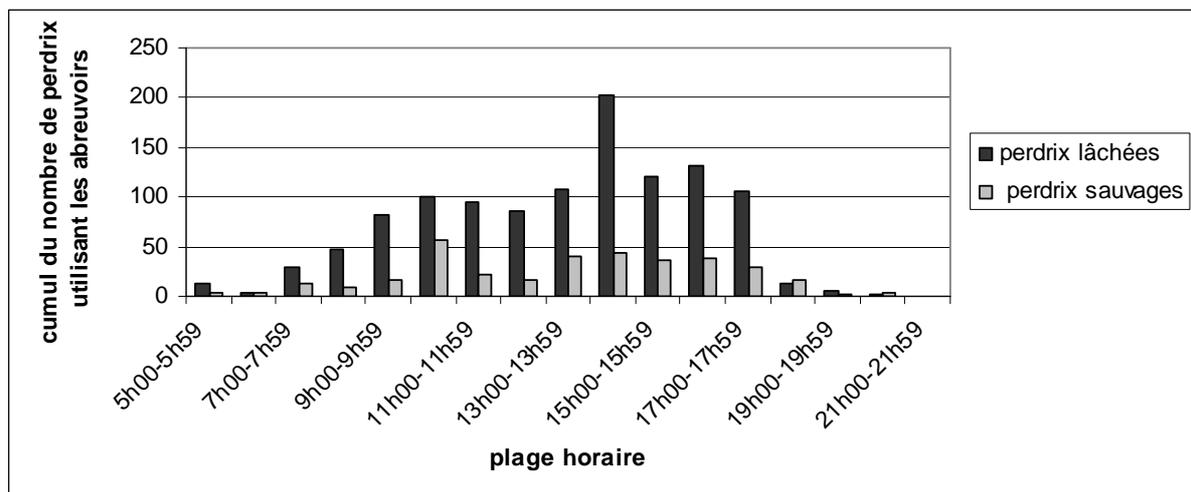


Figure 24: distribution du cumul du nombre d'individus de perdrix rouges lâchées apparaissant sur les photographies (n=1145) et du nombre d'individus de perdrix rouge sauvages (n=351) sur le domaine de Ceyrac du 1er juin 2012 au 10 novembre 2014 hors des mois de juin, juillet, août et septembre, en fonction de l'heure de la journée. La distribution du cumul des individus de perdrix rouges lâchées utilisant les abreuvoirs, varie en fonction de l'heure (test de χ^2 $\chi^2 = 821,72$, $df = 16$, $p < 0.001$). La distribution du cumul des individus de perdrix rouges lâchées utilisant les abreuvoirs par heure est significativement différente du cumul des individus de perdrix rouges sauvages utilisant les abreuvoirs par heure (test de χ^2 $\chi^2 = 58,03$, $df = 16$, $p < 0.001$).

Fréquence d'utilisation horaire des abreuvoirs en fonction de la période par les perdrix rouges sauvages et lâchées :

Comme chez la perdrix rouge sauvage, chez les perdrix rouges issues de lâcher l'utilisation des abreuvoirs par tranche horaire est différente en fonction de la période sur laquelle on observe les résultats, du mois de juin au mois de septembre ou du mois d'octobre au mois de mai (figure 25). Toutefois du mois de juin au mois de septembre en 2013 et 2014, la différence entre les perdrix sauvages et les perdrix issues de lâcher n'est pas significative (figure 25). Nous avons comparé l'utilisation des abreuvoirs entre les perdrix rouges issues de lâcher en été avec les données des perdrix rouges sauvages au cours de l'été 2013 et 2014 en raison de l'effet de l'année sur l'utilisation des abreuvoirs (figure 21). Comme aucune perdrix rouge lâchée n'était présente au cours de l'été 2012, nous avons donc retiré les données concernant les perdrix rouges sauvages de l'été 2012. Les perdrix rouge ayant été lâchées au cours des mois de septembre à décembre, il semble que celles ayant survécu jusqu'au mois de juin aient adopté un patron d'utilisation horaire des abreuvoirs similaire à celui des perdrix sauvages (figure 25). Le patron d'utilisation horaire était cependant différent entre les perdrix sauvages et les perdrix rouges issues de lâcher dans les semaines qui ont suivi le lâcher (figure 24).

Tableau X: Individus de perdrix rouges lâchées et sauvages apparaissant sur les photographies par tranche horaire, sur le domaine de Ceyrac dans le cadre de l'étude sur l'utilisation des abreuvoirs destinés à la perdrix rouge, en fonction de la période.

plage horaire	Perdrix rouges lâchées en été du 1er juin au 30 septembre	% par rapport à la journée, en été, perdrix rouges lâchées	Perdrix rouges lâchées hors été, du 1er octobre au 31 mai	% d'utilisation par rapport à la journée, hors été, perdrix rouges lâchées	Perdrix rouges sauvages en été, du 1er juin au 30 septembre 2013 et 2014	% par rapport à la journée, en été, perdrix rouges sauvages 2013 et 2014
5h00-5h59	3	2	13	1	11	2
6h00-6h59	12	7	4	0	20	4
7h00-7h59	34	19	29	3	73	16
8h00-8h59	42	24	47	4	108	24
9h00-9h59	23	13	83	7	61	14
10h00-10h59	3	2	100	9	26	6
11h00-11h59	7	4	94	8	18	4
12h00-12h59	4	2	86	8	7	2
13h00-13h59	1	1	108	9	1	0
14h00-14h59	1	1	203	18	23	5
15h00-15h59	4	2	121	11	7	2
16h00-16h59	6	3	131	11	24	5
17h00-17h59	8	5	106	9	9	2
18h00-18h59	11	6	13	1	25	6
19h00-19h59	11	6	5	0	24	5
20h00-20h59	1	1	2	0	8	2
21h00-21h59	5	3	0	0	6	1
total	176	100	1145	100	326	100

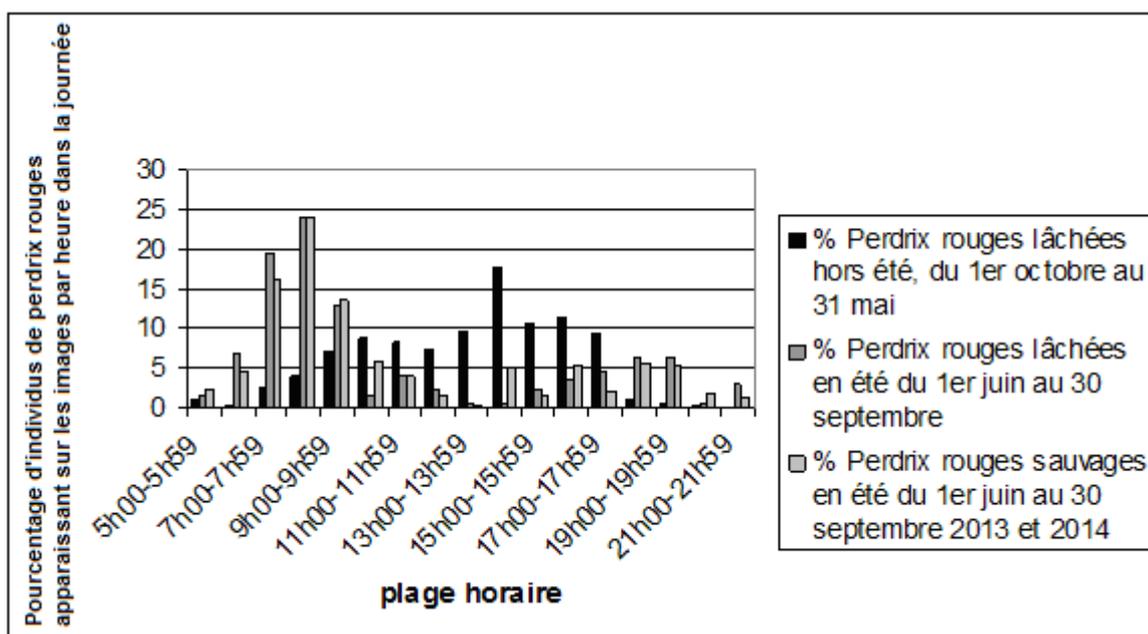


Figure 25: pourcentage d’individus de perdrix rouge apparaissant sur les photographies par tranche horaire dans la journée en fonction de leur origine et de la période. Le nombre d’individus de perdrix rouges issus de lâchés apparaissant par tranche horaire sur les photographies de juin à septembre (n= 176) est très significativement différent du nombre d’individus de perdrix rouges issus de lâchés apparaissant par tranche horaire sur les photographies de octobre à mai (n=1145) (test de X^2 $X^2 = 91,55$, $df = 16$, $p < 0.001$). Par contre il n’existe pas de différence significative entre le nombre d’individus de perdrix rouges issus de lâchés apparaissant par tranche horaire sur les photographies de juin à septembre et le nombre d’individus de perdrix rouges sauvages apparaissant par tranche horaire sur les photographies de juin à septembre en 2013 et 2014 (n=326) (test de Fisher $p=0,07$).

IV° 2.2 discussion

En été, chez les perdrix rouges sauvages l’essentiel de l’utilisation des abreuvoirs se fait le matin. 66% des utilisations ont lieu entre 6h00 et 10h00. Le reste de l’année cette utilisation est beaucoup mieux répartie tout au long de la journée. Ces résultats sont en accord avec les rythmes d’activité circadiens de la perdrix rouge signalés dans la littérature (CNERA petite faune sédentaire de plaine 1986; Berger 2005). Ces résultats confirment également les travaux de Sánchez-García *et al.* (2012) en Espagne qui mettent en évidence une utilisation des abreuvoirs en été par les perdrix rouges sauvages, préférentiellement le matin. Toutefois dans ces travaux l’utilisation des abreuvoirs par les perdrix rouges sauvages était centrée sur la plage horaire 8h00-11h00 en été (54%) et quasiment aucune utilisation dans la tranche horaire 6h00-8h00. Cette différence s’explique en partie par le décalage de l’heure du lever du soleil. Le soleil se lève environ 45 minutes plus tard en été à Valladolid (Espagne) par rapport à Nîmes (Source Institut des Mécaniques Célestes et de Calcul des Ephémérides <http://www.imcce.fr/fr/ephemerides/>). Si on compare nos résultats avec ceux de Sánchez-García *et al.* (2012) en relativisant l’horaire par rapport au lever du soleil, on obtient 68% d’utilisation des abreuvoirs en été qui sont réalisées entre 7h00 et 12h00 (tableau IX), contre 54% des utilisations réalisées entre 8h00 et 11h00 en Espagne.

Les perdrix rouges sauvages, utilisent cependant les abreuvoirs de manière différente au cours de la journée, en été par rapport au reste de l’année puisque 50% des utilisations sont réalisées sur la tranche horaire de 7h00 à 14h00 (figure 23), entre les mois d’octobre et de mai ce qui traduit une activité beaucoup plus répartie tout au long de la journée. Ces résultats sont en accord avec ce qui était généralement connu sur le rythme d’activité de la perdrix rouge où il est admis que le rythme d’activité de la perdrix rouge présente en été un pic d’activité le matin et le soir avec des phases de repos pendant les heures les plus chaudes,

et un pic d'activité signalé en milieu de journée du début de l'automne à la fin du printemps. (CNERA petite faune sédentaire de plaine 1986) . Ce comportement différent en fonction de la période est induit par le fait que les perdrix rouge se mettent à l'abri pendant les périodes les plus chaudes et limitent leur activité aux moments de la journée les plus frais. Durant les journées caniculaires l'activité est extrêmement limitée notamment en fin de journée (Blayac 1987)

Nos résultats montrent assez clairement que le paramètre influençant principalement l'utilisation des abreuvoirs tout au long de l'année par les perdrix rouges sauvages est la température maximale quotidienne (tableau VIII). La relation entre la température maximale et l'utilisation des abreuvoirs avait déjà été démontrée par GAUDIOSO-LACASA *et al.* (2010). BORRALHO *et al.* (1998) avaient mis en évidence au Portugal, qu'en été avec des températures supérieures à 29,8°C en moyenne sur les mois d'été et pouvant atteindre 40°C la distribution des perdrix rouges était liée à la disponibilité en eau. La relation entre l'utilisation des abreuvoirs et la température maximale quotidienne a été mise en évidence chez la perdrix choukar et dans les mêmes gammes de température que celles mesurées dans notre étude (Larsen *et al.* 2007). Ces auteurs ont mis en évidence un pic d'utilisation des abreuvoirs par la perdrix choukar lorsque la température maximale quotidienne dépasse les 30°C. Il est aussi à noter, dans notre étude, que le mois d'août 2012 concentre à lui seul 29% (n=396) des 1362 utilisations d'abreuvoirs faite par des perdrix sauvages. La température maximale quotidienne moyenne enregistrée sur la commune de Conqueyrac où a eu lieu l'étude, au cours du mois d'août 2012 était de 34,5°C ($\pm 3,6$) alors qu'au cours du mois d'août 2013 elle était de 30,5°C ($\pm 2,6$) et au mois d'août 2014 elle était de 29,2°C ($\pm 2,3$) (source Météo France). La modélisation de la relation entre le nombre d'individus apparaissant sur les photographies par jour et la température (figure 22) illustre bien le lien entre l'augmentation de la température maximale et l'utilisation des abreuvoirs par les perdrix rouges sauvages. Le fait que les perdrix rouges boivent essentiellement le matin y compris en période de canicule semble confirmer le fait que la consommation d'eau n'est pas lié à un phénomène de thermorégulation par la consommation d'eau. La thermorégulation se compense par une capacité à supporter l'hyperthermie chez les oiseaux adaptés aux conditions les plus chaudes comme la perdrix rouge. Cette hyperthermie de 2 à 4°C, contribue à limiter les phénomènes d'évapotranspiration chez les oiseaux dont le poids est inférieur à 1000g, ce qui est le cas de la perdrix rouge (Tieleman et Williams 1999). Contrairement à l'hypothèse que nous avons formulée de l'importance de la teneur en eau de la végétation sur l'utilisation des abreuvoirs, nos résultats ne mettent pas évidence ce type de relation tout au long de l'année (tableau VIII et Annexe 4). Cette hypothèse a pourtant été discutée par de nombreux auteurs chez les perdrix du genre *Alectoris* (Leopold 1933 ; Bartholomew 1963 ; Pinshow *et al.* 1983 ; Carmi-Winkler *et al.* 1987). Il est possible que la variable ETP seule, que nous avons choisi, ne traduise pas suffisamment bien la teneur en eau disponible pour les perdrix dans la végétation. DEGEN *et al.* (1984) sont les seuls à avoir mis en évidence de manière expérimentale ce type de relation entre la teneur en eau de la végétation et l'utilisation de l'eau de boisson chez la perdrix choukar. Pour mettre en évidence cette relation, ils ont privé les perdrix d'eau ou d'aliment riche en eau de manière expérimentale. On peut donc se demander si les niveaux de manque d'eau disponible dans la végétation en nature atteignent les mêmes niveaux que dans des expériences en volière. Cela peut aussi expliquer que nous n'ayons pas trouvé ce type de relation entre l'utilisation des abreuvoirs et l'ETP. D'autant que si l'on s'intéresse aux meilleurs modèles en été nous retrouvons la température maximale en additif avec le vent, la température maximale seule et la température maximale en additif avec la pluie. Ces trois variables (Tmax, vent et pluie) ont un impact fort sur la teneur en eau disponible dans la végétation et dans la nature en général. On peut donc poser l'hypothèse que l'utilisation des abreuvoirs par la perdrix rouge en été est une combinaison de l'élévation de la température et

de la diminution de teneur en eau disponible dans la végétation. Mais, d'après nos résultats, il ne semble pas que ce soit la teneur en eau de la végétation seule qui puisse expliquer l'utilisation de des abreuvoirs, même en été.

En dehors des périodes estivales, l'utilisation des abreuvoirs par les perdrix rouges sauvages est quasiment nulle puisqu'il ne correspond en moyenne qu'à 20,17 (± 18.49) utilisations mensuelles pour les 22 abreuvoirs de l'étude, ce qui ne correspond pas à une utilisation par mois par abreuvoir en moyenne (tableau VII). On peut alors s'interroger sur l'intérêt de maintenir ces abreuvoirs de manière permanente pour la perdrix rouge au vu du coût de ce dispositif de manière permanente. Ce type de critiques a déjà émis par VORHIES (1928), GORSUCH (1934), CAMPBELL (1960), puis NISH (1964) pour les colins.

Nos résultats conduisent à préconiser de mettre en place des abreuvoirs à disposition des perdrix rouges seulement pendant les périodes les plus chaudes de l'année. Les abreuvoirs n'ont pas nécessairement besoin d'être maintenus en eau toute l'année pour les perdrix rouges sauvages puisque, comme le démontrent des travaux récents (Sánchez-García *et al.* 2015), les perdrix et faisans, découvrent la position d'un nouvel aménagement et l'utilisent, en seulement quelques heures (26,2 heures $\pm 3,4$), si il est bien positionné.

Dans notre étude, chez la perdrix rouge issue de lâcher, l'utilisation des abreuvoirs se décompose en deux périodes très distinctes. 80% des utilisations d'abreuvoirs attribuées aux perdrix rouges issues de lâcher ont eu lieu du mois de décembre 2012 au mois de mars 2013. Cette utilisation importante correspond à une présence très importante d'oiseaux issus de lâcher au cours de cette période. Le nombre d'oiseaux issus de lâcher a diminué très rapidement (voir chapitre V). Au cours de cette période qui a suivi le lâcher, le comportement des perdrix rouges issues de lâcher est également différent de celui des oiseaux sauvages en terme d'utilisation des abreuvoirs au cours de la journée. Le pic d'utilisation des abreuvoirs par les perdrix issues de lâcher se situe en milieu d'après midi, alors que cette utilisation est beaucoup plus répartie tout au long de la journée chez les perdrix sauvages (figure 24). On peut aussi associer cette utilisation importante des abreuvoirs par ces perdrix rouges d'élevage à une période de stress et de méconnaissance du territoire (Letty *et al.* 2007), qui les poussent à utiliser une ressource présente à proximité directe de leur point de lâcher. On peut également l'associer à une période d'adaptation à un changement d'alimentation (Millán *et al.* 2003) essentiellement granivore en volière vers une alimentation plus diversifiée en nature et plus riche en eau. L'absence de différence significative entre l'utilisation faite par les perdrix issues d'élevage et les perdrix sauvages en terme d'horaire, à partir du mois d'avril 2013 soit 12 semaines après le lâcher, tend à prouver que les oiseaux lâchés qui ont réussi à survivre jusque là, adoptent un comportement identique aux oiseaux sauvages quant à l'utilisation de l'eau. Cela semble confirmer que le comportement des perdrix rouges issues de lâcher, après une période d'adaptation, au moins en terme d'utilisation de l'eau, se cale sur le comportement des perdrix rouges sauvages.

IV° 3 le patron spatial

IV° 3.1 résultats

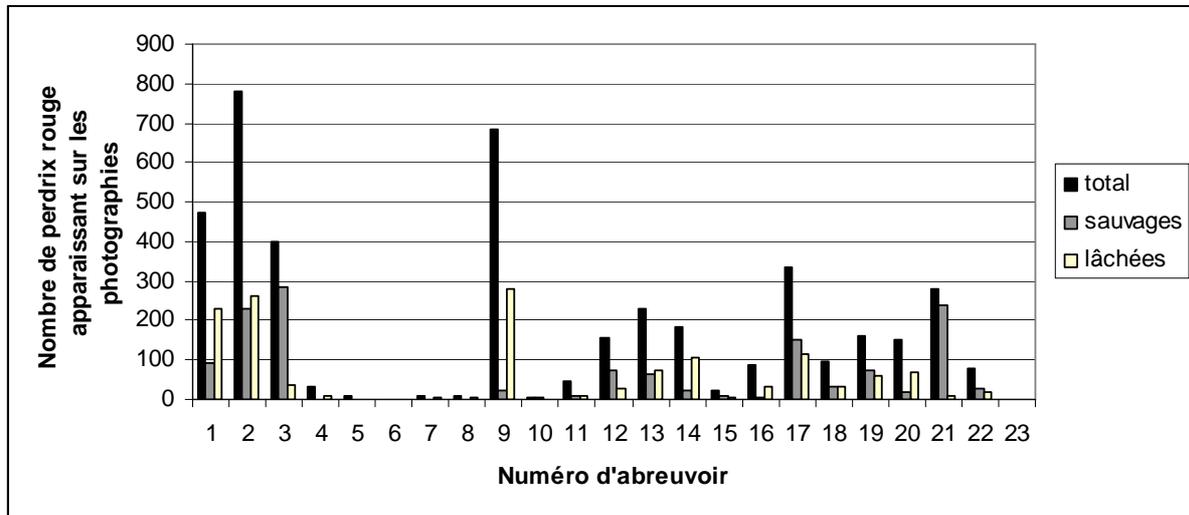


Figure 26: nombre total d'individus de perdrix rouges (n=4240), sauvages (n=1371) ou lâchées (n=1372) apparaissant sur les photographies en fonction des abreuvoirs (test de X^2 de conformité sur le nombre total d'individus $X^2 = 5750,06$, $df = 22$, $p < 0.001$). (test de X^2 de conformité sur le nombre d'individus sauvages $X^2 = 5750,06$, $df = 22$, $p < 0.001$) (test de X^2 de conformité sur le nombre d'individus lâchés $X^2 = 2667,44$, $df = 22$, $p < 0.001$)

Dans ce graphique (figure 26) nous distinguons 3 catégories de perdrix rouges : nombre total d'individus de perdrix rouges (n=4240), sauvages (n=1371) ou lâchées (n=1372). Précédemment, nous n'avons pas utilisé le nombre total de perdrix rouges qui correspond au nombre de perdrix rouges sauvages + nombre de perdrix rouges issues de lâcher + nombre de perdrix rouges non identifiées. Les perdrix rouges non identifiées correspondent aux perdrix rouges pour lesquelles l'opérateur n'a pu déterminer si elles étaient baguées ou non en raison du fait que les pattes n'apparaissent pas sur l'image. Les abreuvoirs numéro 1 ; 2 ; 3 ; 9 ; 17 sont les plus utilisés avec plus de 300 perdrix rouges apparaissant sur les photographies au cours de la totalité de la période de l'étude. Les abreuvoirs numéro 5 ; 6 ; 8 ; 10 ; 23 sont utilisés moins de dix fois au cours de l'étude par des perdrix rouges. L'abreuvoir numéro 6 n'est utilisé que deux fois par des perdrix rouges au cours des 892 jours de suivi. Il existe donc de fortes différences d'utilisation par les perdrix rouges en fonction des abreuvoirs.

Tableau XI: extrait du tableau de sélection de modèles des GLM expliquant le nombre total d'individus de perdrix rouges sauvages apparaissant sur les photographies en fonction des données d'habitat : (Occsol2) type d'habitat dans lequel se situe l'abreuvoir ; (OVH1) moyenne Obscurité Verticale Haute mesurée à 2,5m de l'abreuvoir ; (MoyOH) Moyenne de l'Obscurité Horizontale de 2,5m à 30m de l'abreuvoir ; (C1) densité du couvert en pourcentage de 0 à 2,5m de l'abreuvoir ; (cumul C2C6) densité du couvert en pourcentage de 2,5m à 30m de l'abreuvoir . (L'ensemble des modèles testés est présenté en Annexe 5)

Modèle ajusté	AIC	Nombre de paramètres	Δ AIC	Vraisemblance relative	Poids d'AIC
Toutes périodes					
Occsol 2+C1	212.27	3	0	1,00	0,28
Occsol 2	212.37	2	0,10	0,95	0,27
Occsol2+OVH1	213.21	3	0,94	0,63	0,18
Occsol2+MoyOH	214.06	3	1,79	0,41	0,12
Occsol 2+cumulC2C6	214.33	3	2,06	0,36	0,10
Occsol 2*C1	215.65	3	3,38	0,18	0,05

Les meilleurs modèles incluent systématiquement la variable Occsol2 (tableau XI), ce qui signifie que la variable d'habitat la plus importante pour expliquer le nombre total d'individus de perdrix rouges sauvages apparaissant sur les photographies est le milieu dans lequel est positionné l'abreuvoir. Ensuite, les deux variables qui expliquent le mieux le nombre total d'individus de perdrix rouges sauvages apparaissant sur les photographies, sont des variables de proximité par rapport à l'abreuvoir. En effet, C1 et OVH1 décrivent la végétation à proximité directe de l'abreuvoir entre 0 et 2,50 m. La prépondérance de ces trois variables pour expliquer le choix du meilleur modèle est la même quelle que soit la période considérée (toute l'année, du début du mois de juin à la fin du mois de septembre pour les années 2012 ; 2013 ; 2014, ou du début du mois d'octobre à la fin du mois de mai) (voir sélection des modèles GLM en Annexe 5). Parmi les variables d'habitat ce sont les abreuvoirs situés dans les milieux définis comme « pelouses et pâturages naturels » qui sont les plus utilisés (figure 27).

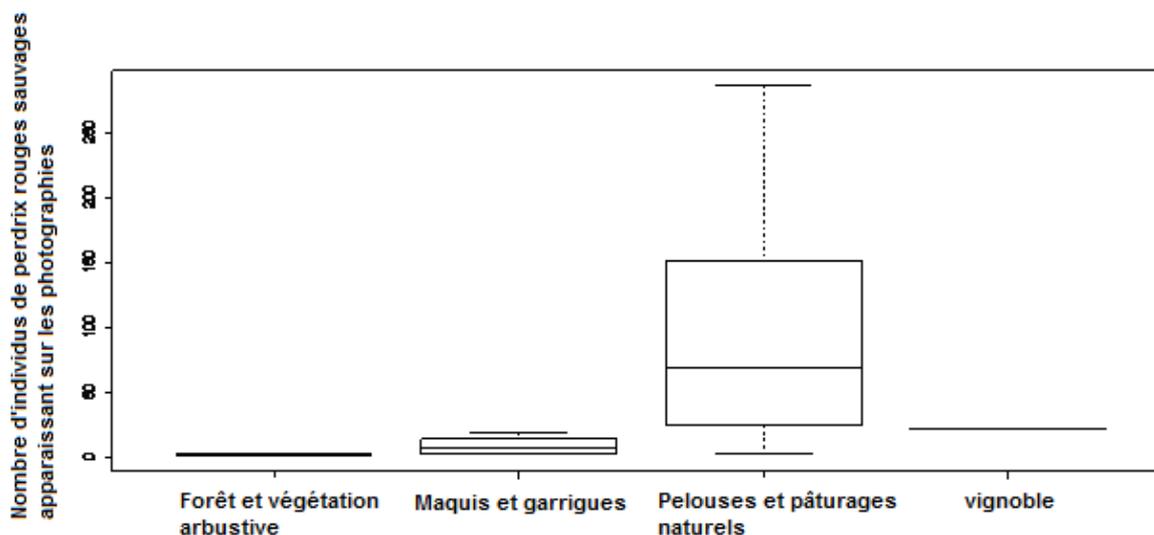


Figure 27: boxplot représentant le nombre total d'individus de perdrix rouges sauvages apparaissant sur les photographies en fonction du type d'habitat au sein duquel il est positionné pour toutes les périodes.

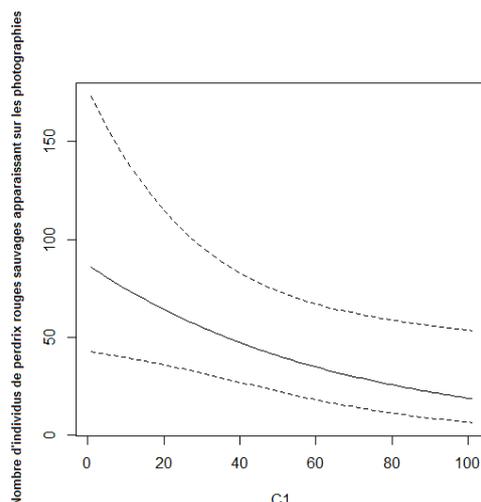


Figure 28: modélisation de la relation entre C1 (le pourcentage de couvert dans un rayon de 2,50m de l'abreuvoir) et le nombre total d'individus de perdrix rouges sauvages apparaissant sur les photographies pour toutes les périodes (Ic à 95%).

La modélisation de la relation entre C1, c'est-à-dire le pourcentage de couvert dans un rayon de 2,50m autour de l'abreuvoir, et le nombre total d'individus de perdrix rouges sauvages apparaissant sur les photographies pour toutes les périodes montre que lorsque la végétation est trop fournie à proximité de l'abreuvoir (> 20 %) l'utilisation de celui-ci par les perdrix rouges sauvages diminue fortement (figure 28) et qu'il tend à être extrêmement faible lorsque le pourcentage de couvert à proximité de cet abreuvoir est proche de 100%.

La modélisation de la relation entre OVH1, c'est-à-dire la moyenne de l'Obscurité Verticale Haute mesurée à 2,5m de l'abreuvoir et le nombre total d'individus de perdrix rouges sauvages apparaissant sur les photographies tend à prouver que la présence d'arbres ou de buissons hauts à 2,5 m de l'abreuvoir, même avec une variation minimale, modifie sensiblement l'utilisation des abreuvoirs par les perdrix rouges sauvages (figure 29).

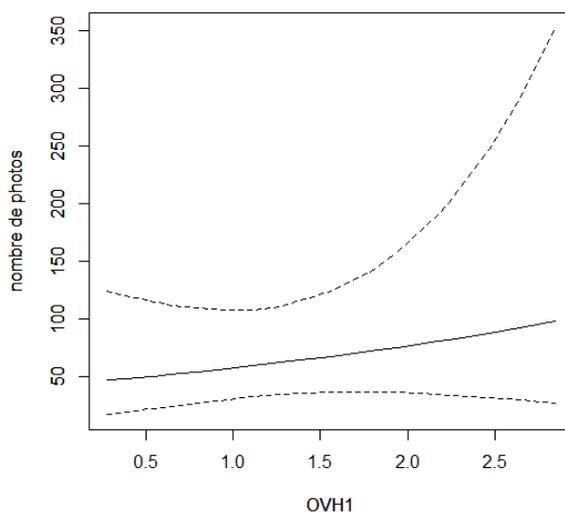


Figure 29: modélisation de la relation entre OVH1 (moyenne Obscurité Verticale Haute mesurée à 2,5m de l'abreuvoir) et le nombre total d'individus de perdrix rouges sauvages apparaissant sur les photographies pour toutes les périodes (Ic à 95%).

IV° 3.2 discussion

Nous avons démontré que chez les perdrix sauvages le type d'habitat dans lequel se situe l'abreuvoir est déterminant pour expliquer son utilisation quelle que soit la période considérée. Les abreuvoirs situés dans les milieux définis comme des « pelouses et pâturages naturels » (n=13) sont les plus utilisés par les perdrix sauvages ($100,5 \pm 91,2$ utilisations en moyenne sur la durée de l'étude). A l'inverse, certains abreuvoirs situés dans des milieux de « forêt et végétation arbustive » (n=4) ne sont quasiment pas utilisés ($1,5 \pm 0,5$ utilisations en moyenne sur la durée de l'étude). De la même manière, les abreuvoirs situés dans les milieux définis comme « maquis et garrigues » (n=4) sont peu utilisés ($8,5 \pm 6,57$ utilisations en moyenne sur la durée de l'étude) (figure 27). Un seul abreuvoir était positionné dans les milieux dits « vignoble », il a fait l'objet sur l'ensemble de la durée de l'étude de 22 utilisations par les perdrix sauvages. La perdrix rouge sélectionne les abreuvoirs situés dans les « pelouses et pâturages naturels » et délaisse donc ceux situés dans les zones de « forêt et végétation arbustive » et « maquis et garrigues ». Pourtant, tout au long de l'étude, nous avons régulièrement observé la présence de perdrix rouges sauvages à proximité immédiate d'abreuvoirs qui n'ont fait l'objet que de très peu d'utilisation. Notre étude ne permet pas de conclure à l'intérêt de mettre en place des abreuvoirs en milieu agricole ou viticole en raison du trop faible nombre d'abreuvoirs concernés (n=1), toutefois nous pouvons conclure à l'inutilité de mettre en place ce type d'aménagements dans des milieux de type « forêt et végétation arbustive » et « maquis et garrigues », même si des perdrix sont observées à proximité. Il convient de rechercher des milieux plus ouverts pour positionner ces aménagements. Cette sélection des milieux de « pelouses et pâturages naturels » est, selon nous, guidée par la structure de la végétation environnante. En effet, le couvert de la strate arbustive est trop important dans les milieux de type « forêt et végétation arbustive » et « maquis et garrigues » et ne correspondent pas aux préférences décrites dans la littérature en terme de sélection d'habitat (Peiro *et al.* 1992; Ponce-Boutin *et al.* 2004). Les milieux trop fermés sont délaissés par les perdrix rouges (Pepin et Blayac 1990; Ponce-Boutin *et al.* 2003a; Quod et Ponce-Boutin 2007) et donc les abreuvoirs qui y sont situés sont très peu utilisés. La variable C1 détermine également l'utilisation des abreuvoirs (tableau XI). Ainsi, les perdrix sont sensibles au pourcentage de couvert arbustif présent dans un rayon de 0 à 2,5m au tour des abreuvoirs. S'il est trop important, elles délaissent les abreuvoirs. De même, elles sont sensibles à la présence dans un rayon de 2,5 m d'un couvert arbustif haut(OVH1). La présence d'un couvert arbustif haut dans un rayon de 2,5 m semble être préférable. Aussi pouvons nous ainsi décrire le milieu idéal pour mettre en place un abreuvoir à destination de la perdrix rouge sauvage sur notre site d'étude : il faut qu'il soit situé dans un milieu de type « pelouse et pâturage naturel », avec un milieu présentant un minimum de couvert dans un rayon de 2,5 m de l'abreuvoir et disposant dans ce rayon d'un couvert arbustif minimal de 2,5%. LARSEN (2007) indique que le couvert arbustif à proximité des abreuvoirs est déterminant chez la perdrix choukar. Il serait en lien avec un besoin de sécurité face à la prédation, mais qu'au-delà de 11% de couvert arbustif dans un rayon de 2,5 m cela ne se traduit plus par une augmentation de l'utilisation des abreuvoirs. Nos résultats tendraient à prouver que si le couvert devient trop important les perdrix rouges délaissent les abreuvoirs. BELNOKIN (Wild life Society 1990) indiquait quand à lui que les perdrix choukars étaient sensibles à la position des abreuvoirs dans la végétation et préconisait de les mettre en place dans des zones de végétation buissonnante d'armoise tridentée (*Artemisia tridentata*). SÁNCHEZ-GARCÍA *et al.* (2012) ont mis en évidence une relation entre l'utilisation des abreuvoirs par les perdrix rouges et la présence de végétation arbustive à proximité. En l'absence de végétation arbustive à proximité des abreuvoirs les perdrix rouges limitent leur utilisation. Par la suite SÁNCHEZ-GARCÍA *et al.* (2015) ont mis en évidence que le positionnement des agrainoirs à proximité d'une haie avait une importance chez la perdrix

rouge pour déterminer son utilisation. Si l'abreuvoir était trop éloigné de la haie elles avaient tendance à moins les utiliser. Nos résultats montrent également que le positionnement des abreuvoirs dans la végétation est prépondérant pour qu'ils soient utilisés régulièrement. La perdrix rouge semble donc sensible à la présence de végétation arbustive et arborescente à proximité des abreuvoirs pour les utiliser. Cette relation est liée au sentiment de sécurité que peut procurer la présence de végétation permettant à la fois de se cacher de la vue des prédateurs, mais aussi de pouvoir se déplacer de manière rapide en cas de fuite. A l'inverse GAUDIOSO-LACASA *et al.* (2010), pour la perdrix rouge, n'établissaient pas de lien entre la présence de couvert végétal à proximité des abreuvoirs et l'utilisation de ceux-ci. Toutefois, ils indiquent que l'essentiel des prédateurs présents sur leur site sont des prédateurs aériens et que donc la perdrix rouge peut effectuer sa vigilance de manière améliorée dans les milieux ouverts quant à ce risque de prédation. De plus, l'habitat dans lequel cette étude a été réalisée est sensiblement différent de celui de notre étude, il s'agissait de pseudo-steppe et de zones buissonnantes basses associées à de grandes cultures céréalières. Enfin, dix abreuvoirs ont été utilisés dans cette étude en Espagne et ils étaient mis en place par paire, un en zone ouverte et un en zone buissonnante. Le faible nombre de dispositifs utilisés dans cette étude peut être à l'origine du fait de ne pas avoir pu démontrer de différence dans l'utilisation des abreuvoirs en fonction du positionnement. Le contexte de prédation lié au site peut également être une explication à cette absence de différence.

Pour les perdrix rouges issues de lâcher, il ne nous a pas semblé pertinent de réaliser le même type d'analyse sur les variables d'habitat en raison de la prépondérance du site de lâcher sur la survie (voir partie dédiée) et donc sur l'utilisation des abreuvoirs. En effet, les abreuvoirs les plus utilisés par les perdrix rouges issues de lâcher correspondent aux abreuvoirs placés à proximité des sites de lâcher pour lesquels les groupes de perdrix rouge ont le mieux survécu (figure 26).

Chapitre V°: Calcul de la survie de perdrix rouges issues de lâcher

V° 1 Analyses statistiques

Nous avons, grâce au logiciel de saisi que nous avons développé, constitué une matrice d'histoire de capture (Otis *et al.* 1978). La matrice a été dans un premier temps établie à partir d'une occasion de capture par jour de suivi, puis afin de limiter le nombre d'occasion de capture, nous avons rassemblé les occasions de capture par semaine, ce qui a réduit notablement le temps nécessaire aux analyses et augmente sensiblement la qualité des résultats obtenus. Nous avons divisé nos individus en deux groupes : ceux bénéficiant de la protection de la vigne grillagée sur leur point de lâcher (n=60) et ceux n'en bénéficiant pas (n=562). L'examen des tests d'adéquation (goodness-of-fit tests) à l'aide de U-Care nous a indiqué qu'il y avait une très forte trap-dépendance positive (N=-8,79, $p < 0,01$) et une transience significative même si moins marquée (n=2,13, $p = 0,03$). Ceci peut être expliqué par un effet « âge » (temps depuis le lâché) sur la survie (les individus lâchés mourant très vite lors de premières semaines), de la trap-dépendance induite, par exemple, par le fait que certains individus restent à proximité des pièges photos et sont donc reobservés systématiquement ou une certaine hétérogénéité de capture entre individus pour la même raison. Devant cette incertitude sur les sources de biais en présence, nous avons testé des modèles incluant systématiquement l'âge (temps depuis le lâché) sur le taux de survie mais aussi incluant soit de la trap-dépendance soit de l'hétérogénéité du taux de capture. Pour ce faire, nous avons développé les modèles dans le cadre des modèles de CMR dits multi-événements (Pradel *et al.* 2005). Pour la trap-dépendance, les modèles sont construits avec deux états « Aware » et « Unaware » qui permettent de modéliser un taux de recapture différent pour les individus ayant déjà été capturés auparavant (Pradel et Sanz-Aguilar 2012). Pour les modèles avec hétérogénéité de capture, nous avons utilisé des modèles dits « mélange » en considérant deux groupes d'individus dans les données : des individus « très capturables » et des individus « peu capturables ». Ces deux groupes d'individus sont implémentés dans les modèles à l'aide de deux états correspondants. Ces modèles sont implémentés dans le logiciel E-Surge (Choquet *et al.* 2009).

L'effet de l'âge a été testé en opposant la première semaine aux autres. L'effet du lieu du lâcher a été testé sur la survie soit en additif, soit en interaction avec l'effet âge. Nous avons également testé l'effet du site de lâcher en additif ou en interaction avec l'hétérogénéité de la capture ou la trap-dépendance. L'ensemble des modèles a été ajusté sous E-surge et nous avons conservé le modèle disposant de l'AIC (Akaike Information Criterion) corrigé (AICc) le plus faible. Nous avons utilisé l'AICc en raison du nombre d'individus parfois faible et parfois inférieur au nombre de paramètres à estimé comme recommandé par BURNHAM et ANDERSON (2002) .

V° 2 résultats

1372 individus de perdrix rouges observés sur les photographies étaient bagués dont 553 identifiés par l'observateur et 819 non identifiés. 1497 individus avaient un statut de baguage indéterminé. Ce qui nous donne un taux de reconnaissance du statut de baguage des perdrix de 64,69%. Ces individus au statut de baguage indéterminé ont ainsi été classés car les pattes n'apparaissaient pas sur l'image, souvent cachées par l'abreuvoir. Il était alors impossible à l'opérateur de définir s'ils étaient bagués ou non bagués. Le pourcentage de perdrix baguées identifiées s'élève à 40,30%, les individus non identifiables malgré le fait qu'ils aient été observés comme étant bagués tiens à plusieurs facteurs : soit l'ensemble des bagues n'était

pas visible sur l'image, soit la luminosité ne permettait pas d'identifier la couleur de la bague. Les couleurs de bagues nous ayant posé le plus de problème d'identification étaient l'orange, le rouge, le rose et le jaune entre elles, ainsi que le bleu ciel et le blanc entre elles, mais ces éléments sont connus des ornithologues. Nous n'avons pu nous départir de ce problème en raison du grand nombre de combinaisons nécessaires et des couleurs de bagues disponibles sur le marché. Toutefois, le nombre d'individus n'ayant pu être identifié en raison de la confusion des couleurs reste faible puisqu'il ne concerne qu'environ une dizaine d'individus. Au cours de notre étude, nous n'avons rencontré aucun individu ayant perdu un des systèmes de marquage (bague métallique ou bague plastique). Aucun des individus que nous avons observé se présentant dans de bonnes conditions (présentation des deux pattes sur l'image) n'avait perdu de marque. Nous considérons donc que notre système de baguage a été efficace. En effet, un des problèmes rencontrés régulièrement par les utilisateurs des méthodes de capture marquage recapture est la perte des marques. Ces pertes de marques peuvent réduire la précision des estimations réalisées (Rotella et Hines 2005).

Aucun individu marqué de l'extérieur avec le système de bague utilisé n'a pu venir s'insérer dans le jeu de données. L'émigration entre les sessions de capture a été réduite au maximum en raison du délai assez court entre les sessions (une semaine).

Le modèle présentant à la fois le meilleur AICc et représentant le meilleurs poids d'AICc est le modèle qui intègre de l'hétérogénéité de capture (deux classes d'individus « fortement capturables » et « faiblement capturables »), ainsi que la partition en deux groupes des individus marqués (un groupe bénéficiant de la protection de l'enclos/vigne et un groupe ne bénéficiant pas de la protection) en additif sur la capture, un effet de l'âge sur la survie et un effet du site de lâcher en additif (tableau XII).

Tableau XII: résultats des AIC des modèles de capture-marquage-recapture testés : « A » est l'effet de l'âge, c'est à dire du nombre de semaines après le lâcher ; « G » est l'effet du groupe auquel appartiennent les perdrix rouges, ceux lâchés dans l'enclos et ceux lâchés hors de l'enclos ; « capt » deux groupes de capturabilité pour les modèles avec hétérogénéité de capture ; les modèles avec trap-dépendance sont notés X.

Modèle testé	Paramètres	Modeles avec deux classes d'individus (des 'moins capturables' et des 'plus capturables')	Modeles Avec Trap-Dependance	Nombre de paramètres	Déviante	QAIC	QAICc	ΔQAICc	Vraisemblance relative	pooids d'AICc
A+G	capt+G	x		7	3077,99	3091,99	3092,1	0	1,00	0,49
A,G	capt,G	x		9	3075,01	3093,01	3093,2	1,1	0,58	0,28
A,G	capt+G	x		8	3077,4	3093,40	3093,56	1,46	0,48	0,23
A+G	capt+G		x	6	3095,65	3107,65	3107,74	15,64	0,00	0,00
A+G	capt,G		x	7	3095,04	3109,04	3109,16	17,06	0,00	0,00
A,G	capt+G		x	7	3095,65	3109,65	3109,77	17,67	0,00	0,00
A,G	capt,G		x	8	3095,03	3111,03	3111,18	19,08	0,00	0,00
A,G	capt	x		7	3098,1	3112,1	3112,22	20,12	0,00	0,00
A+G	capt	x		6	3109,66	3121,66	3121,75	29,65	0,00	0,00
A,G	capt		x	6	3172,87	3184,87	3184,96	92,86	0,00	0,00
A	capt	x		5	3183,78	3193,78	3193,84	101,74	0,00	0,00
A+G	capt		x	5	3190,82	3200,82	3200,88	108,78	0,00	0,00
A	capt+G		x	5	3192,96	3202,96	3203,03	110,93	0,00	0,00
A	capt,G		x	6	3192,68	3204,68	3204,77	112,67	0,00	0,00
A	capt		x	4	3235,74	3243,74	3243,78	151,68	0,00	0,00

Tableau XIII: résultats du meilleur modèle des analyses des taux de survie des perdrix rouges issues de lâchées incluant un effet de l'âge, un effet du groupe et deux groupes de capturabilité.

variable	Estimation	Ic- 95%	Ic+ 95%	Erreur Type
proportion de 'moins capturables' dans les individus lâchées	0,78	0,62	0,89	0,07
survie 1ère semaine dans enclos/vignes	0,95	0,86	0,98	0,03
survie hebdomadaire après la première semaine dans enclos/vignes	0,99	0,98	0,99	0,00
survie 1ère semaine hors enclos/vignes	0,69	0,50	0,84	0,09
survie hebdomadaire après la première semaine hors enclos/vignes	0,91	0,90	0,92	0,01
taux de recapture individus 'moins capturables' dans enclos/vignes	> 0,01	0,00	0,01	0,00
taux de recapture individus 'plus capturables' dans enclos/vignes	0,03	0,01	0,05	0,01
taux de recapture individus 'moins capturables' hors enclos/vignes	0,04	0,02	0,06	0,01
taux de recapture individus 'plus capturables' dans le groupe 2	0,21	0,15	0,29	0,03

Le taux de survie la première semaine suivant le lâcher des perdrix rouges lâchées au sein de l'enclos/vigne est de 95% [86% ; 98%] alors qu'en dehors de l'enclos il est 69% [50% ; 84%]. La survie hebdomadaire après la première semaine, des individus du groupe ayant bénéficié de la protection de l'enclos est de 99% [98% ; 99%], celle des individus du groupe lâchés hors de l'enclos est de 91% [90% ; 92%]. Les taux de recaptures sont très faibles pour les individus du groupe des 'moins capturables' dans l'enclos (<0,01), par contre ils sont plus élevés pour les individus lâchés hors de l'enclos (0,04). Les taux de recapture des individus les plus capturables sont de (0,03) pour les individus dans l'enclos et de (0,21) hors de l'enclos (tableau XIII).

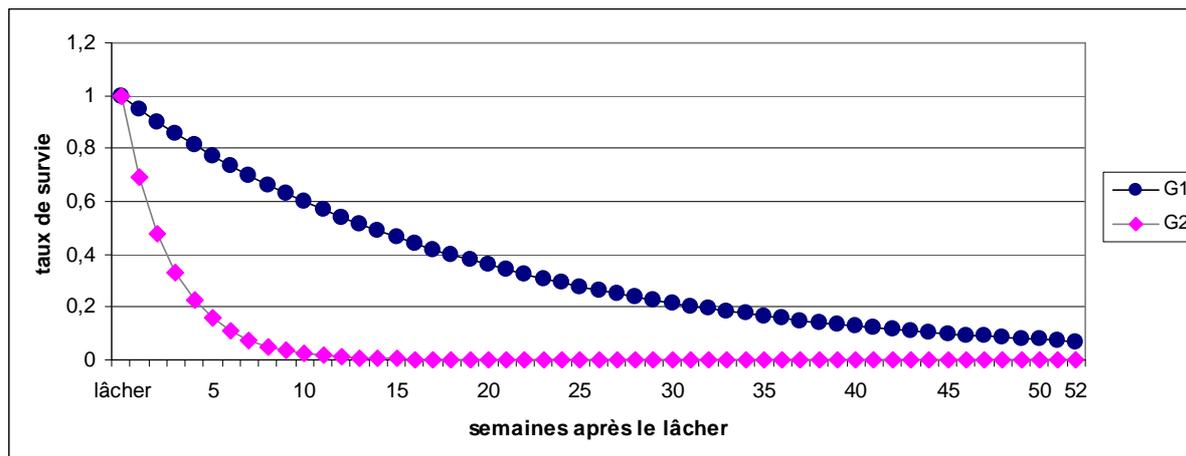


Figure 30: survie hebdomadaire des perdrix rouges de l'étude en fonction du site de lâcher ; G1 perdrix rouges bénéficiant de la protection de la vigne/enclos sur leur point de lâcher ; G2 perdrix rouges lâchées à l'extérieur de cet aménagement.

Le taux de survie des perdrix rouges issues de lâchers tend vers zéro au bout de 12 semaines pour les individus lâchés hors de l'enclos (n=562 perdrix rouges), alors qu'il est de 0,54 pour les perdrix lâchés dans l'enclos au bout de 12 semaines (n=60 perdrix rouges). Au bout d'un an le taux de survie des perdrix lâchées dans l'enclos est estimé à 0,07 (figure 30).

V° 3 discussion

La dispersion par rapport au point de lâcher est connue comme étant faible dans les semaines qui suivent le lâcher depuis une cage de pré lâcher munie d'un appelant, comme dans le cadre de notre étude (Catusse *et al.* 1988; Berger 1989 ; Reitz et Berger 1989 ; Carvalho *et al.* 1998 ; Gortázar *et al.* 2000 ; Pérez *et al.* 2000 ; Alonso *et al.* 2005 ; Santilli *et al.* 2005) (tableau IV). Un seul individu marqué issu de notre étude a été observé hors du territoire d'étude et seuls deux individus marqués hors du territoire ont été observés sur nos images. Nous avons donc considéré que les conditions nécessaires à une analyse des données en capture marquage recapture étaient réunies. Nous n'avons pas de données quant à l'impact du système de marquage sur la survie ou l'état physiologique des perdrix équipées, toutefois le poids est largement inférieur aux systèmes de télémétrie connus pour pouvoir impacter la survie et les conditions physiologiques des perdrix (Bro *et al.* 1999). Le seul désagrément que nous avons pu noter est un léger bruit induit par le port de plusieurs bagues qui s'entrechoquaient entre elles lorsque l'oiseau se déplaçait. Nous n'avons perçu ce bruit qu'à proximité directe des oiseaux au moment de les mettre en cage de pré lâché ou de réaliser le lâcher. Nous avons obtenu des taux de recapture compris entre <0.01 [0; 0.01] et 0.21 [0.15 ; 0.29]. Nous pouvons nous interroger sur la pertinence des résultats issus du groupe ayant des taux de recapture extrêmement faibles. Toutefois, en dehors du groupe des individus les moins capturables dans l'enclos les autres groupes ont des taux de recapture supérieurs à 3% avec des effectifs importants au départ (N=622). Nous avons donc conclu à la pertinence d'associer des appareils photos automatiques à un système de marquage individuel pour assurer le suivi de populations de phasianidés comme O'BRIEN et KINNAIRD (2008). Nous avons travaillé avec un échantillon de 622 perdrix rouges lâchées. Le coût du matériel de suivi est estimé entre 340 euros et 490 euros par appareil pour un fonctionnement du suivi pendant un an (prix appareil + caisson de protection+ système antivol + carte de stockage + piles nécessaires à un an de fonctionnement) et le matériel de marquage à 150 euros environ au total. Pour notre étude le coût de matériel nécessaire pour un an de suivi est estimé à 8530

euros. Pour les trois années de suivi ce coût en matériel s'élève à 11360 euros. Le coût du seul équipement nécessaire à 622 perdrix rouges avec des émetteurs est estimé au minimum à 124 400 euros (Reitz com. perso.). Le suivi peut être assuré 24 heures sur 24 et 7 jours sur 7, ainsi que quelles que soient les conditions météorologiques par un seul opérateur sans provoquer de dérangement ce qui n'est pas envisageable avec des émetteurs. Un des inconvénients de cette technique est lié au fait que les appareils photos doivent être positionnés sur des points d'attractivité ou de passage régulier des perdrix si on veut obtenir un grand nombre de données, mais cet écueil est compensé par le paramétrage des analyses en CMR et est connu pour ce type de méthode de suivi (Besnard et Salles 2000). Le temps de terrain nécessaire est également beaucoup moins important que pour un suivi en radiotracking et le temps nécessaire à la saisie est également moins important si l'on se concentre sur une seule espèce. Par contre, l'avantage des méthodes de télémétrie par rapport à notre dispositif est de disposer d'autres paramètres que la survie comme la dispersion, l'utilisation de l'habitat et d'avoir une connaissance réelle de la survie par rapport à notre dispositif qui ne donne qu'une survie apparente. En effet, les individus qui émigrent du site ou n'utilisent pas les dispositifs sont considérés comme morts par le modèle CMR.

Nos résultats mettent en évidence une différence importante sur la survie des perdrix rouges en fonction du lieu de lâcher (tableau XIII). La survie des individus du groupe bénéficiant de la protection de l'enclos/vigne, la première semaine est estimée à 95% [86 %; 98%] alors qu'elle est estimée à 69% [50%; 84%] pour les individus ne bénéficiant pas de la protection. Les individus sont issus du même élevage, des mêmes lots, ont subi les mêmes conditions de transport et de lâcher et ont été lâchés aux mêmes dates sur le même territoire. Aussi les oiseaux lâchés dans la vigne enclose, avaient la possibilité d'en sortir en volant, mais cette parcelle étant suffisamment grande (6ha) et la cage de pré lâcher munie d'un appelant étant placée en son centre, les perdrix rouges lâchées dans cet enclos ont utilisé essentiellement cet espace dans les semaines qui ont suivi le lâcher. La protection offerte par cet espace a continué à faire son effet dans les semaines qui ont suivi le lâcher. Les taux de survie hebdomadaires ont été de 99% [98 %; 99 %] pour les individus bénéficiant de la protection de l'enclos contre 91% [90%; 92%] pour ceux qui n'en bénéficiaient pas. Cette protection est liée à l'impossibilité d'intrusion dans la zone de prédateurs terrestres et notamment de renards connus comme étant le principal prédateur terrestre des perdrix issues de lâcher (Carvalho *et al.* 1998; Gortázar 2000; Alonso *et al.* 2005; Buenestado *et al.* 2009; Gaudioso *et al.* 2011; Duarte *et al.* 2011; Santilli *et al.* 2012; Pérez *et al.* 2015). La protection interdisait aussi l'accès aux chiens et sangliers qui sont nombreux sur le site. L'accès à d'autres prédateurs terrestres présents sur le site tels que la genette, la fouine, la belette ou le chat était limité par la présence de la clôture et nous n'avons eu qu'une seule image de fouine à l'intérieur de l'enclos au cours de l'étude. Ce site présentait aussi certainement un second avantage par rapport aux autres milieux. En effet, la présence de vigne est connue comme étant un milieu protecteur contre la prédation aviaire (Blayac 1987; Pepin et Blayac 1990; Ponce-Boutin com. perso.). L'effet protecteur de la vigne serait lié à la fois au couvert haut, par rapport aux perdrix, qu'il propose et à la facilité que les perdrix ont de se déplacer en piétant. Les prédateurs aériens sont gênés pour opérer des attaques directes par le couvert, ainsi que par la présence des structures métalliques qui supportent la vigne, alors que les perdrix peuvent se déplacer très vite au sol. La vigne est également connue pour avoir d'autres intérêts pour la perdrix rouge et notamment assurer un apport alimentaire en plus du couvert en période estivale (Blayac 1987; Pepin et Blayac 1990), mais nous ne pouvons pas attribuer à cette parcelle cet intérêt, car les lâchers ont eu lieu en automne et hiver et la vigne au moment des lâchers était jeune. Aussi le sol était nu suite aux travaux récents et à la nature du sol de cette parcelle extrêmement caillouteux. La vigne était dépourvue de feuilles et de fruits. La ressource en nourriture potentielle et notamment en graminées était au moment du lâcher

beaucoup moins abondante qu'à l'extérieur de la parcelle voire totalement absente sur de grandes zones. La protection offerte par cette parcelle face à la prédation est donc le seul intérêt que présentait cette parcelle au moment de l'étude. Cela confirme encore une fois l'impact de la prédation sur les perdrix rouges lâchées et la sensibilité des perdrix rouges issues d'élevage à ce paramètre pour leur survie (Novoa 1982 ; Carvalho *et al.* 1998 ; Gortázar 2000; Pérez *et al.* 2004 ; Alonso *et al.* 2005 ; Buenestado *et al.* 2009; Gaudioso *et al.* 2011 a et b ; Duarte *et al.* 2011 ; Santilli *et al.* 2012 ; Pérez *et al.* 2015). Nos résultats de survie pour les perdrix situées à l'extérieur de l'enclos sont comparables à ceux des études précédentes (Novoa 1982 ;Carvalho *et al.* 1998 ; Gortázar 2000 ; Pérez *et al.* 2004 ;Alonso *et al.* 2005 ; Buenestado *et al.* 2009 ; Gaudioso *et al.* 2011 a et b ; Duarte *et al.* 2011 ; Santilli *et al.* 2012). Les résultats de survie des perdrix bénéficiant de la protection de la vigne close correspondent aux résultats des études de survie faites sur les oiseaux sauvages (Buenestado *et al.* 2009) dans certains milieux (Souchay *et al.* in prep), et ils sont aussi comparables aux résultats de PÉREZ *et al.* 2015 (tableau IV). Cela signifie que si les perdrix rouges bénéficient de conditions de protection très importantes au moment de leur lâcher, les taux de survie peuvent être très importants. Toutefois, il est inenvisageable de mettre en place ce type de protection partout où des renforcements de population de perdrix rouge sont envisagés. Dans notre étude, nous avons seulement profité de l'opportunité de la présence de cet enclos, mais nous n'avons pas créé cet enclos spécifiquement. En effet, le coût de ce type de structure représentant plusieurs centaines de mètres de clôture en grillage est à la fois inabordable pour la plupart des gestionnaires cynégétiques en France, car pour l'essentiel ce sont des associations; impossible à mettre en œuvre là où ils n'ont pas de maîtrise du foncier et inopérant car chaque structure ne permettrait que de renforcer les populations que sur de faibles superficies en raison de la faible dispersion des oiseaux lâchés. Pérez *et al.* 2015 qui ont mis en place des structures lourdes de protection des perdrix et un système de production alternatif estiment ainsi le coût de production d'une perdrix à 35 euros en Espagne en 2015. En comparaison le coût classique d'une perdrix rouge entre 12 et 14 semaines issue de l'élevage de Ceyrac était de 10 euros. Le montant estimé de 35 euros nous semble d'ailleurs sous estimé au regard des structures mises en place, en tout cas pour une mise œuvre en France.



Figure 31: couple de perdrix rouges (*Alectoris rufa*, L.) dont l'un des adultes est marqué (en haut à gauche et en haut à droite) accompagné de deux jeunes (en bas à gauche et au milieu) (étude sur l'utilisation des abreuvoirs par la perdrix rouge : Pompignan (30) 20 août 2013)

A l'issue de nos recherches sur la question de la survie des perdrix rouges issues de lâcher nous pouvons faire le constat que la restauration de populations à partir d'oiseaux issus d'élevages traditionnels dans des conditions accessibles à la plupart des gestionnaires cynégétiques est quasiment impossible, s'il n'y a pas d'arrêt de la chasse. Lorsque des méthodes alternatives d'élevage ou de lâcher sont mises en place, les résultats récents et les résultats de notre étude montrent que des perdrix issues d'élevage peuvent survivre et que certains individus peuvent survivre jusqu'à la période de reproduction (figure 30 et 31). Toutefois, le coût estimé des techniques à mettre en œuvre est prohibitif pour la plupart des gestionnaires. Au regard de ces résultats, il serait intéressant de réfléchir au moyen de réduire le coût de production et de mise en place de protections ou d'aménagement permettant d'envisager des reconstitutions de population. Il n'est d'ailleurs pas étonnant que des méthodes d'élevage plus naturelles donnent de meilleurs résultats avec une mise en place précoce des perdrix sur le terrain et une protection améliorée car ce sont à l'issue de nombreuses expériences les méthodes préconisées par l'UICN pour envisager la reconstitution des populations de galliforme (WPA et UICN 2009). Lorsque les populations de perdrix rouge présentes sur les territoires permettent d'envisager une reconstitution naturelle, il est préférable d'intervenir sur les facteurs limitant du milieu comme l'aménagement du territoire, la prédation, le dérangement et la limitation de la chasse. Ces principes sont valables chez la perdrix rouge (Ponce-Boutin *et al.* 2006) mais aussi chez les autres espèces de galliforme (WPA et UICN 2009). L'intervention sur ces facteurs limitants doit se faire de manière coordonnée et réfléchie en commençant par poser un diagnostic précis sous peine que les efforts mis en œuvre soient vains (Bro *et al.* 2007). De toute façon ces mesures sont des préalables indispensables avant d'envisager toute reconstitution de population de perdrix (Buner et Schaub 2008; Sánchez-García *et al.* In Prep).

Chapitre VI° : Utilisation des abreuvoirs par les autres espèces

VI° Résultats

Les résultats présentés ici ne concernent que la période du 28 juin 2012 au 28 juin 2013, soit un an d'utilisation des abreuvoirs.

Tableau XIV: Liste des espèces ayant utilisé les abreuvoirs de l'étude du 28 juin 2012 au 28 juin 2013 et les effectifs en nombre d'individus ayant utilisé les abreuvoirs; statut juridique (A.M. 26 Juin 1987; A.M. 23 Avril 2007 ; A.M. 19 Novembre 2007; A.M. 29 Octobre 2009) ; catégorie liste rouge UICN France EN : En danger, VU : Vulnérable, NT : Quasi menacé, LC : Préoccupation mineure (UICN 2015; UICN 2016; Union mondiale pour la nature *et al.* 2009)

Espèce	Nom vernaculaire	Classe	Statut juridique	Catégorie liste rouge IUCN France	Nombre d'utilisations
<i>Emberiza hortulana</i>	Bruant ortolan	oiseau	protégée	EN	2
<i>Sylvia melanocephala</i>	Fauvette mélanocéphale	oiseau	protégée	EN	8
<i>Sylvia undata</i>	Fauvette pitchou	oiseau	protégée	EN	12
<i>Emberiza citrinella</i>	Bruant jaune	oiseau	protégée	VU	1
<i>Carduelis carduelis</i>	Chardonneret élégant	oiseau	protégée	VU	79
<i>Carduelis cannabina</i>	Linotte mélodieuse	oiseau	protégée	VU	2
<i>Lanius senator</i>	Pie grièche à tête rousse	oiseau	protégée	VU	97
<i>Serinus serinus</i>	Serin cini	oiseau	protégée	VU	168
<i>Saxicola rubetra</i>	Tarier des prés	oiseau	protégée	VU	1
<i>Streptopelia turtur</i>	Tourterelle des bois	oiseau	chassable	VU	1148
<i>Carduelis chloris</i>	Verdier d'Europe	oiseau	protégée	VU	271
<i>Timon lepidus</i>	Lézard ocellé	reptile	protégée	VU	10
<i>Oryctolagus cuniculus</i>	Lapin de garenne	mammifère	chassable	NT	49
<i>Sylvia borin</i>	Fauvette des jardins	oiseau	protégée	NT	1
<i>Lanius collurio</i>	Pie grièche écorcheur	oiseau	protégée	NT	3
<i>Saxicola torquata</i>	Tarier pâtre	oiseau	protégée	NT	7
<i>Mustela nivalis</i>	Belette	mammifère	chassable	LC	1
<i>Meles meles</i>	Blaireau	mammifère	chassable	LC	117
<i>Capreolus capreolus</i>	Chevreuil	mammifère	chassable	LC	7
<i>Sciurus vulgaris</i>	Ecureuil roux	mammifère	protégée	LC	18
<i>Martes foina</i>	Fouine	mammifère	chassable	LC	48
<i>Lepus europaeus</i>	Lièvre d'Europe	mammifère	chassable	LC	70
<i>Vulpes vulpes</i>	Renard	mammifère	chassable	LC	49
<i>Sus scrofa</i>	Sanglier	mammifère	chassable	LC	299
<i>Prunella modularis</i>	Accenteur mouchet	oiseau	protégée	LC	1
<i>Motacilla cinerea</i>	Bergeronnette des ruisseaux	oiseau	protégée	LC	1
<i>Motacilla alba</i>	Bergeronnette grise	oiseau	protégée	LC	3
<i>Emberiza cia</i>	Bruant fou	oiseau	protégée	LC	4
<i>Miliaria calandra</i>	Bruant proyer	oiseau	protégée	LC	4
<i>Emberiza cirulus</i>	Bruant zizi	oiseau	protégée	LC	366
<i>Corvus monedula</i>	Choucas des tours	oiseau	protégée	LC	21
<i>Tyto alba</i>	Effraie des clochers	oiseau	protégée	LC	1
<i>Accipiter nisus</i>	Epervier d'Europe	oiseau	protégée	LC	2
<i>Sturnus vulgaris</i>	Etourneau sansonnet	oiseau	chassable	LC	16

Espèce	Nom vernaculaire	Classe	Statut juridique	Catégorie liste rouge IUCN France	Nombre d'utilisations
<i>Phasianus colchicus</i>	Faisan de colchide	oiseau	chassable	LC	58
<i>Sylvia atricapilla</i>	Fauvette à tête noire	oiseau	protégée	LC	24
<i>Sylvia hotensis</i>	Fauvette orphée	oiseau	protégée	LC	27
<i>Sylvia cantillans</i>	Fauvette passerinette	oiseau	protégée	LC	80
<i>Garrulus glandularis</i>	Geai des chênes	oiseau	chassable	LC	427
<i>Genetta genetta</i>	Genette	mammifère	protégée	LC	14
<i>Bubo bubo</i>	Grand duc	oiseau	protégée	LC	1
<i>Turdus viscivorus</i>	Grive draine	oiseau	chassable	LC	714
<i>Turdus polaris</i>	Grive litorne	oiseau	chassable	LC	87
<i>Turdus iliacus</i>	Grive mauvis	oiseau	chassable	LC	2
<i>Turdus philomelos</i>	Grive musicienne	oiseau	chassable	LC	30
<i>Coccothraustes coccothraustes</i>	Grosbec casse-noyaux	oiseau	protégée	LC	5
<i>Upupa epops</i>	Huppe fasciée	oiseau	protégée	LC	1
<i>Hippolais polyglotta</i>	Hypolaïs polyglotte	oiseau	protégée	LC	46
<i>Turdus merula</i>	Merle noir	oiseau	chassable	LC	481
<i>Aegithalos caudatus</i>	Mésange à longue queue	oiseau	protégée	LC	1
<i>Parus caeruleus</i>	Mésange bleue	oiseau	protégée	LC	44
<i>Parus major</i>	Mésange charbonnière	oiseau	protégée	LC	55
<i>Passer domesticus</i>	Moineau domestique	oiseau	protégée	LC	61
<i>Petronia petronia</i>	Moineau soulcie	oiseau	protégée	LC	48
<i>Alectoris rufa</i>	Perdrix rouge	oiseau	chassable	LC	2019
<i>Dendrocopos major</i>	Pic épeiche	oiseau	protégée	LC	1
<i>Pica pica</i>	Pie bavarde	oiseau	protégée	LC	7
<i>Columba palombus</i>	Pigeon ramier	oiseau	chassable	LC	3
<i>Fringilla coelebs</i>	Pinson des arbres	oiseau	protégée	LC	438
<i>Fringilla montifringilla</i>	Pinson du nord	oiseau	protégée	LC	1
<i>Anthus trivialis</i>	Pipit des arbres	oiseau	protégée	LC	1
<i>Anthus campestris</i>	Pipit rousseline	oiseau	protégée	LC	10
<i>Anthus spinoletta</i>	Pipit spioncelle	oiseau	protégée	LC	2
<i>Phylloscopus collybita</i>	Pouillot veloce	oiseau	protégée	LC	1
<i>Luscinia megarhynchos</i>	Rossignol philomène	oiseau	protégée	LC	178
<i>Erithacus rubecula</i>	Rougegorge familier	oiseau	protégée	LC	431
<i>Phoenicurus phoenicurus</i>	Rougequeue à front blanc	oiseau	protégée	LC	22
<i>Phoenicurus ochruros</i>	Rouge queue noir	oiseau	protégée	LC	16
<i>Troglodytes troglodytes</i>	Troglodyte mignon	oiseau	protégée	LC	21
<i>Malpolon monspessulanus</i>	Couleuvre de montpellier	reptile	protégée	LC	1
<i>Lacerta bilineata</i>	Lézard vert	reptile	protégée	LC	1
<i>Felis catus</i>	Chat	mammifère	domestique		1
<i>Canis lupus familiaris</i>	Chien	mammifère	domestique		58
	Micro-mammifères	mammifère	protégée ou sans statut		301

80 espèces différentes ont utilisé les abreuvoirs (tableau XIV) ; 19 espèces sont chassables ; 2 espèces domestiques ; 55 espèces sont protégées ; 16 espèces ont un statut de conservation considéré comme en danger (EN), vulnérable (VU) ou quasi menacé (NT). Nous n'avons pu déterminer certains micromammifères et nous en avons fait un groupe unique. 6587 individus

d'espèces autres que la perdrix rouge, observés sur les photographies, ont utilisé les abreuvoirs sur cette période (tableau XIV). (Exemples ANNEXE 6)

Tableau XV: utilisation des abreuvoirs destinés à la perdrix rouge sur le domaine de Ceyrac du 28 juin 2012 au 28 juin 2013 en fonction du statut juridique des espèces.

	Nombre d'individus	Taux d'utilisations
espèces chassables	3615	41,97%
espèces protégées	2620	30,41%
espèces domestiques	59	0,69%
micromammifères	301	3,49%
perdrix rouges lâchées	1156	13,42%
perdrix rouges sauvages	863	10,01%
total	8613	

65% des individus ayant utilisé les abreuvoirs appartiennent à des espèces chassables et 30% des individus appartiennent à des espèces ayant un statut d'espèce protégé sans compter les micromammifères d'espèces protégées qui ont pu utiliser les abreuvoirs mais que nous n'avons pas déterminé (tableau XV).

Tableau XVI: Utilisation des abreuvoirs destinés à la perdrix rouge sur le domaine de Ceyrac du 28 juin 2012 au 28 juin 2013 en fonction du statut de conservation des espèces (UICN *et al.* 2009; UICN *et al.* 2015; UICN *et al.* 2016)

Statut de conservation liste rouge	Nombre d'individus	Taux d'utilisation
EN	22	0,003 %
VU	1777	20,63 %
NT	60	0,007 %
LC	6394	74,23 %
Domestiques	59	0,007 %
Protégée ou sans statut	301	3,5 %

20% des individus ayant utilisé les abreuvoirs destinés à la perdrix rouge sont classés par l'UICN parmi les catégories : En danger, VU : Vulnérable ou NT : Quasi menacé (tableau XVI)

VI° Discussion

Les abreuvoirs destinés à la perdrix rouge, du 28 juin 2012 au 28 juin 2013, ont été essentiellement utilisés par d'autres espèces que la perdrix rouge (tableau XIV). La perdrix rouge a représenté 23,44 % des utilisations. Les perdrix lâchées ont à elles seules réalisé 13,42 % des utilisations sur cette période, alors que les perdrix sauvages ont représenté 10,01% des utilisations (tableau XIV). Il semble qu'au-delà des effets que nous avons précédemment décrits sur l'utilisation des abreuvoirs par la perdrix rouge de la végétation et de la météo, on peut considérer que la densité des espèces présentes et la richesse spécifique de la zone d'étude vont jouer un rôle déterminant sur la composition du cortège des utilisateurs d'abreuvoirs. En effet, le site d'étude se situe au sein du périmètre d'une Zone de Protection Spéciale, Natura 2000 n° FR 9112012 dénommé ZPS « Gorges du Rieutord, Fage,

Cagnasse ». La richesse spécifique de ce site est importante notamment pour les oiseaux (COGARD 2010). Certaines espèces ayant utilisé les abreuvoirs au cours de la période du 28 juin 2012 au 28 juin 2013 sont inscrites à l'annexe I de la DIRECTIVE 2009/147/CE ; le grand duc d'Europe, la fauvette pitchou, le bruant ortolan et le Pipit rousseline. A ce titre, elles figurent sur le Formulaire Standard des Données du site Natura 2000. Pour la fauvette pitchou (annexe) et le pipit rousseline (annexe) les enjeux du site sont définis comme forts (COGARD 2010). 20% des espèces ayant utilisé les abreuvoirs sur la période du 28 juin 2012 au 28 juin 2013 ont un statut de conservation : en danger (EN), vulnérable (VU) ou Quasi menacé (NT) ; et les individus de ces espèces représentent 21% des utilisateurs d'abreuvoirs (tableau XV). Si l'on peut observer que des espèces utilisent régulièrement les abreuvoirs, on ne peut affirmer que leur mise en place corresponde réellement à un besoin. En effet, les espèces qui les utilisent peuvent à certaines périodes trouver d'autres ressources en eau sur le site soit dans leur alimentation, soit dans les cours d'eau, soit dans les flaques laissées après les précipitations. Les espèces qui utilisent les abreuvoirs sont aussi présentes sur le site Natura 2000 à des endroits où il n'y a pas d'abreuvoirs. On peut s'interroger également sur les raisons de l'utilisation des sites d'abreuvoirs par certaines espèces. En effet, il n'a pas été rare au cours de nos analyses de données de voir dans un délais très proche une proie souvent un micromammifère de nuit et dans la série qui suivait un prédateur, soit un rapace comme l'effraie des clochers ou le grand duc, soit un mustélide ou un renard. On peut donc supposer que dans ce cas le site n'était pas utilisé pour boire mais pour chasser les proies présentes à proximité. De même, en journée pour ce qui concerne la présence de reptiles sur le site comme la couleuvre de Montpellier, le lézard vert ou ocellé (Annexe 6). Toutefois en raison du mode de prise de vue séquentiel nous ne pouvons déterminer si l'animal présent a utilisé le site pour boire, se déplacer ou chasser. On peut également s'interroger sur le risque de transmission de maladies lié à l'utilisation des abreuvoirs par de nombreuses espèces et de nombreux individus. L'eau disponible au sein des dépressions naturelles pose selon nous autant de question quant à la transmission des maladies. De plus nous avons utilisé au cours de notre étude un modèle d'abreuvoirs en plastique permettant une vidange facile par retournement. Nous avons également assuré un nettoyage régulier des abreuvoirs afin de prévenir les risques de contamination.

L'analyse des images de l'étude est encore en cours de traitement essentiellement pour compléter les périodes de suivi du 28 juin 2013 à la fin de l'étude, toutefois 92 espèces ont été contactées à ce jour. Il est intéressant de voir que l'on peut également utiliser le système d'appareils photos automatiques en vue de réaliser des inventaires et notamment pour observer des espèces rares ou discrètes, pour lesquelles l'observation directe est difficile sur certains sites. On peut ainsi affirmer que les abreuvoirs destinés à la perdrix rouge ou aux autres espèces de gibier, qui sont des aménagements cynégétiques, sont au service de plusieurs espèces dont des espèces à forte ou très forte valeur patrimoniale, sans pouvoir affirmer qu'ils leurs soient indispensables.

Discussion générale

Nos résultats mettent clairement en évidence que les perdrix rouges sauvages utilisent les abreuvoirs plutôt en été, des mois de juin à septembre et lorsque les températures maximales quotidiennes sont proches de 30°C. En dehors de ces périodes, l'utilisation des abreuvoirs par les perdrix sauvages, sur notre site d'étude, qui se situe dans une des régions les plus chaudes de France et sur lequel aucune eau permanente naturelle n'est disponible, est extrêmement réduite et plutôt anecdotique. La perdrix rouge sauvage ayant une faculté à trouver par ses déplacements un nouvel aménagement et à l'utiliser en quelques jours, nous pouvons donc préconiser aux gestionnaires de territoires de mettre en place ce type d'aménagement, en région méditerranéenne française à partir du début du mois de juin et jusqu'à la fin du mois de septembre.

La prépondérance du type de milieu dans lequel est situé l'abreuvoir pour expliquer son utilisation par les perdrix rouge sauvages nous indique que les gestionnaires ont tout intérêt à prêter une attention particulière au positionnement de ceux-ci sous peine qu'ils ne soient pas ou très peu utilisés par les perdrix rouges. Il semble inutile de mettre en place ce type d'aménagement à destination de la perdrix rouge dans les milieux forestiers ou de garrigue en cours de fermeture. Il vaut mieux privilégier des milieux naturels ouverts de type « pelouse et pâturages naturels ». Pour ce qui est des milieux agricoles, notre étude n'a pas permis de répondre de manière définitive à la nécessité de mettre en place ce type d'aménagement. Pour optimiser le choix du site, un travail de cartographie préalable réalisé par un technicien de fédération par exemple peut aider les gestionnaires à choisir les meilleures implantations. Enfin, il semble opportun de s'assurer de la présence d'un couvert arbustif suffisant à proximité de l'abreuvoir pour optimiser son utilisation, sans que celui-ci ne constitue un écran végétal trop important dans un rayon de 2,50 m au tour de l'abreuvoir.

Concernant les perdrix rouges issues de lâcher, les préconisations que nous pouvons formuler, sont de mettre à disposition, de manière abondante, des ressources en eau et certainement en nourriture, afin de limiter au minimum les effets du stress alimentaire au moment du lâcher (Millán *et al.* 2003 ; Rodriguez *et al.* 2005) et cela pendant plusieurs semaines, même en période de disponibilité en eau naturelle. Dans le cas de l'utilisation de cages de pré lâcher le positionnement idéal semble être la proximité directe du point de lâcher lorsque un appelant est maintenu dans la cage. Au-delà de la période d'adaptation de plusieurs semaines, il semble que les perdrix rouges ayant découvert leur territoire et s'étant adaptées aux changements de milieux et de nourriture adoptent des comportements identiques aux perdrix sauvages. La mise à disposition d'eau dans des abreuvoirs répond donc aux mêmes contraintes que pour les perdrix sauvages.

Nos résultats concernant la survie des perdrix rouges issues de lâcher, ainsi que les résultats récents obtenus par d'autres auteurs démontrent que des perdrix issues de lâcher peuvent survivre pendant plusieurs mois et être encore présentes au moment de la reproduction pour, si elles arrivent à se reproduire, pouvoir envisager de reconstituer des populations. Toutefois cela demande de gros efforts pour protéger les perdrix issues de lâcher dans les premières semaines suivant le lâcher. Ces efforts doivent autant porter sur l'aménagement du territoire que sur le piégeage et ne peuvent s'envisager qu'en arrêtant la chasse pour éviter de prélever les perdrix qui auraient pu avoir un espoir de survivre. Comme d'autres auteurs (Sánchez-García *et al.* In Prep), nous ne pouvons donc que conseiller aux gestionnaires de travailler à la préservation des populations sauvages lorsqu'elles existent encore et de n'envisager de

reconstituer les populations que lorsqu'un diagnostic précis et des moyens suffisants seront disponibles (Bro et Mayot 2006).

L'utilisation d'appareils photographiques automatiques présente de nombreux avantages pour le suivi des populations de perdrix rouges. Dans notre cas nous avons pu suivre de manière continue pendant plusieurs années l'utilisation d'un aménagement. Nous avons également pu estimer la survie de perdrix rouges marquées, et si au départ nous nous posions la question de savoir si nous pourrions identifier des individus de perdrix rouges marqués avec des bagues colorées, dans notre expérience cela n'a posé aucun problème lorsque les bagues étaient visibles sur l'image. Nous avons donc pu estimer des paramètres de survie, nous pourrions envisager d'équiper des oiseaux sauvages avec ce type de marque et de les suivre avec des appareils photographiques automatiques pour estimer des paramètres de survie, de reproduction ou des patrons d'utilisation individuels d'aménagements du type des agrainoirs ou des abreuvoirs. L'utilisation sur des espaces plus ouverts de ce type d'appareils photographiques pour du suivi de perdrix rouge, nous semble plus difficile à envisager en raison de la difficulté à identifier les oiseaux placés à plusieurs mètres de l'appareil et de la difficulté à reconnaître les couleurs à distance, ainsi que des capacités de détection du mouvement des appareils à partir d'une certaine distance.

Pour aller plus loin en matière de connaissance, nous pourrions envisager de réutiliser le même type de dispositif sur des agrainoirs afin de définir qu'elle est l'utilisation qui en est faite par les perdrix rouges sauvages et les perdrix rouges issues de lâcher. Si nous pouvions mener ce type de suivi sur plusieurs sites à la fois nous pourrions en même temps envisager de tester l'impact de ces aménagements sur des paramètres comme la survie des adultes ou la reproduction, en plus de caractériser leur utilisation, ce que nous n'avons pas fait avec les abreuvoirs.

Pour ce qui est de la survie des perdrix issues de lâcher, beaucoup de connaissances ont été accumulées, les pistes actuelles et les résultats récents ainsi que les résultats de notre étude invitent à réfléchir à une meilleure prise en compte de la protection des perdrix au moment du lâcher par les gestionnaires et à rechercher le moyen de démocratiser des systèmes de protection efficaces et abordables financièrement. Une des questions qui s'impose ensuite est le devenir de ces perdrix qui ont survécu lorsqu'elles s'intègrent à la population et l'impact que cela peut avoir sur les populations autochtones. La qualité génétique des perdrix d'élevage hybridées avec des perdrix choukar ou porteuses de gènes de perdrix choukar pose des problèmes de capacité à survivre et à se reproduire de ces oiseaux hybrides, ces difficultés étant ensuite transmises à leur descendance (Casas *et al.* 2011). Cela pose donc la question de la conservation génétique des populations de perdrix rouge. Il existe aujourd'hui des éleveurs proposant des perdrix garanties quasiment exemptes de gènes de perdrix choukar ou de perdrix bartavelle (Negro *et al.* 2001; Barbanera *et al.* 2005; Vallance *et al.* 2006; Tejedor, *et al.* 2008). Les perdrix lâchées, survivantes à la période de reproduction se reproduisent si les conditions de production sont améliorées (Santilli *et al.* 2012; Pérez *et al.* 2015). Les succès reproducteurs peuvent être comparables aux succès reproducteurs des perdrix rouges sauvages (Pérez *et al.* 2015). Ces résultats sont aussi connus chez la perdrix grise chez laquelle aucune différence du succès reproducteur n'a été constatée entre les perdrix grises issues d'élevage et des perdrix grises sauvages (Buner et Schaub 2008). Au cours de notre étude pendant le printemps qui a suivi le lâcher nous avons observé au moins cinq couples de perdrix rouge composés d'un individu sauvage et d'un individu lâché, ainsi que des couples composés d'individus issus de lâcher. Nous avons également observé des cas de reproduction de ces couples mixtes (figure 31) et de couples composés d'oiseaux lâchés. Nous ne pouvons

toutefois pas affirmer que le succès reproducteur des perdrix rouges issues d'élevage est identique à celui des perdrix sauvages.

Enfin, les abreuvoirs destinés à la perdrix rouge sont largement utilisés par un grand nombre d'autres espèces dont certaines à haute valeur patrimoniale. Aussi comme l'ont démontré de nombreux auteurs les aménagements cynégétiques ne bénéficient pas uniquement aux espèces chassables. Les données dont nous disposons et que nous continuons à saisir et à analyser recèlent encore certainement d'autres surprises quant aux espèces qui utilisent les abreuvoirs et au potentiel d'exploitation de ces données pour réaliser des inventaires notamment.

Références bibliographiques

- AEBISCHER N. J., LUCIO A. (1997). Red-Legged Partridge (*alectoris Rufa*). In: Hagemeyer EJM The EBBC Atlas of European Breeding Birds: Their Distribution and Abundance. Blair MJ. London, United Kingdom: Poyser; 1997. pp. 208–209.
- AEBISCHER N. J., POTTS G.R. (1994). The red-legged partridge. In: Tucker G, Heath M, editors. Birds in Europe: their conservation status. Cambridge, United Kingdom: BirdLife International; pp. 214–215.
- AFPF. (2014). Préconisations agronomiques pour les mélanges de semences pour prairies En France. Site internet: afpf-asso.org. Consulté le 12 avril 2016
- AKAIKE H. (1973). Information theory and an extension of the maximum likelihood Principle. In Proceeding of the Second International Symposium on Information Theory Budapest: Petrov and F. Caski., pp 267–281.
- ALCORN J.R., RICHARDSON F. (1951). The Chukar Partridge in Nevada. Journal of Wildlife Management, no. 15 pp 265–275.
- ALKON P.U., DEGEN A.A., PINSHOW A.A., SHAW P.J. (1985). Phenology, diet, and water turnover rates of Negev desert chukars. Journal of Arid Environment 9 (1) pp 51–61.
- ALONSO M.E., PÉREZ J.A., GAUDIOSO V.R., DIÉZ C., PRIETO R. (2005). Study of survival, dispersal and home range of autumn-released red-legged partridges (*Alectoris Rufa*). British Poultry Science 46 (4) pp 401–406.
- ANGELSTAM P. (1986). Predation on ground-nesting birds, nests in relation to predator densities and habitat edge. Oikos, n° 47 pp 365–373.
- Arrêté du 23 avril 2007 Fixant la liste des mammifères terrestres protégés sur l'ensemble du territoire et les modalités de leur protection. Code de L'environnement. Version consolidée au 7 juillet 2016
- Arrêté Du 26 Juin 1987 Fixant la liste des especes de gibier dont la chasse est autorisee. 1987. code de L'environnement. Version consolidée au 7 juillet 2016
- Arrêté Du 29 Octobre 2009 Fixant la liste des oiseaux protégés sur l'ensemble du territoire et les modalités de leur Protection. Code De l'Environnement. Version consolidée au 7 juillet 2016
- Aubineau J. (1980). Enquête sur la nidification de la perdrix rouge dans la région cynégétique ouest. Bulletin Mensuel de L'office National de La Chasse, n°. 42 pp 15–16.
- AUBRY P., ANSTETT L., FERRAND Y., REITZ F., KLEIN F., RUETTE S., SARASA M., ARNAUDUC J.P., MIGOT P. (2016). Enquête nationale sur les tableaux de chasse à tir, saison 2013-2014 résultats nationaux. Faune Sauvage 310, supplément (mars): 8 pages.
- BADYAEV A.V., MARTIN T.E., ETGES W.J. (1996). Habitat sampling and habitat selection by female wild turkeys: ecological correlates and reproductive consequences. Auk, n°. 113 pp 636–646.
- BAILEY D.W., GROSS J.E., LACA E.A., RITTENHOUSE L.R., COUGHENOUR M.B., SWIFT D.M., SIMS P.L. (1996). Mechanisms that result in large herbivore grazing distribution patterns. Journal of Range Management 49 (5) pp 386-400.
- BARBAULT R. (2000). Ecologie Générale. Structure et Fonctionnement de La Biosphère. DUNOD. France. 288p
- BARBAULT R. et LEBRETON J.D. (2016). Dynamique des populations animales. Encyclopedia Universalis [en Ligne]. <http://www.universalis.fr/encyclopedie/animal-dynamique-des-populations/>. consulté le 12 avril 2016
- BARTHOLOMEW G.A. (1963). The water economy of land birds. Auk 80 pp 504–39.
- BARTHOLOMEW G.A., MAC-MILLEN R.E. (1961). Water economy of the California quail and its use of sea water. Auk 78 pp 504-514.
- BEARHOP S. PLUMMER K. E.(2013).Winter food provisioning reduces future breeding performance in a wild bird. Scientific Reports 3 n°2002.
- BENTON T.G., BRYANT D.M., COLE L., CRICK H.Q.P. (2002). Linking to agricultural practice to insect and bird populations: a historical study over three decades. Journal of Applied Ecology, n°. 39 pp 673–687.

- BERGER F. (1987). Contribution à l'étude du rôle des haies pour la perdrix rouge (*Alectoris Rufa*). Gibier Faune Sauvage, n°. 4 pp 67–81.
- BERGER F. (1989). résultats des opérations de repeuplement en perdrix rouge dans la région cynégétique centre- bassin parisien (Cher-Indre- Loir et Cher- Yonne). Bulletin Mensuel de L'office National de La Chasse, n°. 134 pp 6–7.
- BERGER F. (2005). La Perdrix Rouge. Belin éveil nature. Paris. 87 p
- BERGER F., MARCHANDEAU S. (1988a). Domaine vital, occupation du milieu et comportement social chez la perdrix rouge (*Alectoris rufa* L.) en automne au nord de son aire de répartition en France. Gibier Faune Sauvage 5 pp 467–473.
- BERGER F., MARCHANDEAU S. (1988b). Séparation d'un couple de perdrix rouge (*Alectoris Rufa* L.). Faune Sauvage, n°. 5 pp 477–478.
- BERGER F., MARCHANDEAU S. (2003). Les banquettes de haies: des sites privilégiés pour la nidification de la perdrix rouge. Faune Sauvage, n°. 258 pp 55–59.
- BERNARD-LAURENT A., GOSSMAN F. (1985). Reproduction naturelle d'un hybride entre perdrix bartavelle (*Alectoris graeca saxatilis*) et perdrix rouge (*Alectoris rufa rufa*) dans les Alpes maritimes. Alauda 53(3).
- BERTRAND J. (2001). Agriculture et biodiversité. Educagri éditions, ONCFS. 158 p
- BIADI F. (1984). Adaptation à la nature des oiseaux gibiers issus d'élevage. Bulletin Mensuel de l'Office National de La Chasse, n°. 79 (Avril) pp 11–14.
- BIRDLIFE INTERNATIONAL. (2016). Species factsheet: *Alectoris rufa*. Downloaded from [Http://www.birdlife.org](http://www.birdlife.org) on 11/07/2016.
- BIRKAN M. (1983). Influence de l'homme sur la répartition géographique de quelques espèces de gallinacés-gibier en France = Influence of man on the geographical distribution of some gallinaceous gamebirds in France. Compte Rendu Des Séances de La Société de Biogéographie, sec. 59 n°3.
- BIRKAN M., JACOB M. (1988). La Perdrix Grise. Hatier. Faune Sauvage. 284 p.
- BLAYAC J. (1987). La Perdrix Rouge. Connaissance, Sauvegarde et Gestion Des Populations. BLAYAC. MONTPELLIER. 123 p
- BLONDEL J. (1965). Etude des populations d'oiseaux dans une garrigue méditerranéenne: description du milieu, de la méthode de travail et exposé des premiers résultats obtenus à la période de reproduction. Terre et Vie, n°. 19 pp 311–34
- BOROSKI B.B., MOSSMAN A.S. (1996). Distribution of mule deer in relation to water sources in northern California. The Journal of Wildlife Management 60 (4) pp 770–776.
- BORRALHO R., CARVALHO S., REGO F., VAZ PINTO P. (1999). Habitat correlates of red-legged partridge (*Alectoris rufa*) breeding density on mediterranean farmland. Revue d'écologie 54 (1) pp 59–69.
- BORRALHO R., STOATE C., ARAUJO M. (2000). Factors affecting the distribution of red-legged partridges *Alectoris rufa* in a agricultural landscape of southern Portugal. Bird Study, n°. 47 pp 304–310.
- BORRALHO R., RITO A., REGO F., SIMOES H., VAZ PINTO P. (1998). Summer distribution of red-legged partridges *Alectoris Rufa* in relation to water availability on mediterranean farmland. Ibis 140 (4) pp 620–625.
- BRO E., CLOBERT J., REITZ F. (1999). Effects of radiotransmitters on survival and reproductive success of gray partridge. The Journal of Wildlife Management 63 (3) pp 1044–1051.
- BRO E., PONCE-BOUTIN F. (2004). Régime alimentaire des phasianidés en plaine de grande culture et aménagement de leur habitat. Faune Sauvage, n°. 263 (Novembre) pp 4–12.
- BRO E., MAYOT P. (2006). Opérations de reconstitution des populations de perdrix grises et de perdrix rouges en France. Faune Sauvage 274 pp 6–24.
- BRO E., ARROYO B., MIGOT P. (2006). Conflict between grey partridge (*Perdix perdix*) hunting and hen harrier *Circus cyaneus* protection in France: a review. Wildlife Biology, n°. 12 pp 233–247.
- BRO E., MARCHANDEAU S., MAYOT P., PÉROUX R., PONCE-BOUTIN F., REITZ F., BOUTIN J.-M., ÉRAUD C. (2007). La Faune sauvage en milieux cultivés. comment gérer le petit gibier et ses habitats. Plaquette 'Technique et Faune Sauvage'. ONCFS.

- BRO E., GUYON J., DELETTRE Y., REITZ F., BUREL F. (2008). Risque de prédation et structure de l'habitat perdrix grise, rapaces et carnivores. *Faune Sauvage*, n°. 281 (juillet): pp 24–31.
- BROWN D.E. (1997). Water for Wildlife: belief before science. In . Tempe, Ariz. Arizona State Univ pp 9–16.
- BROYLES B. (1995). Desert Wildlife Water Developments: Questioning Use in the Southwest. *Wildlife Society Bulletin (1973-2006)* 23 (4) pp 663–675.
- BROYLES B. (1997). Reckoning real costs and secondary benefits of artificial game waters in southwestern Arizona. In, Tempe, Ariz. Arizona State Univ. pp 236–253.
- BRUN J.C. (1991). La nidification des perdrix, une période bien délicate. *Faune Sauvage* 161 pp 11–20.
- BUENESTADO F. J., FERRERAS P., BLANCO-AGUIAR J. A., TORTOSA F. S., VILLAFUERTE R. (2009). Survival and causes of mortality among wild red-legged partridges (*Alectoris rufa*) in Southern Spain: implications for conservation. *Ibis* 151 (4) pp 720–730.
- BUFFON, G.-L. L. de. (1758). L'Histoire Naturelle, Générale et Particulière, Avec La Description Du Cabinet Du Roi Tme VII Les Animaux Carnassiers. Paris imprimerie royale.
- BUGALHO, J.F.F., LOPES F.J. (1979). Progress report on the red-legged partridge (*Alectoris rufa*) Study in Portugal. Les Perdrix Du Genre Alectoris. In Proceedings of a CIC Symposium, Athens. pp 105–106.
- BUNER F., SCHAUB M. (2008). How do different releasing techniques affect the survival of reintroduced grey partridges *Perdix perdix*? *Wildlife Biology* 14 (1) pp 26–35.
- BUNNELL K. D., FLINDERS J. T., MITCHELL D. L., WARDER J. H.. (2004). Occupied and unoccupied sage grouse habitat in strawberry valley, Utah. *Journal of Range Management*, n°. 57 (Septembre) pp 524–531.
- BUREAU L. (1913). L'âge Des Perdrix 2 La Perdrix Rouge. Nantes: Vié.
- BURGER G.V. (1964). Survival of ring-necked pheasants released on a wisconsin shooting preserve. *Journal of Wildlife Management*, n°. 28 pp 711–721.
- BURNHAM K.P., ANDERSON D.R. (1998). Model Selection and Inference: A Practical Information-Theoretic Approach. Springer New York.
- BURNHAM K.P., ANDERSON D.R. (2002). Model Selection and Multimodel Inference: A Practical Information-Theoretic Approach. springer-velag.
- BURTON A.C., NEILSON E., MOREIRA D., LADLE A., STEENWEG R., FISHER J.T., BAYNE E., BOUTIN S. (2015). REVIEW: wildlife camera trapping: a review and recommendations for linking surveys to ecological processes. Edited by Phil Stephens. *Journal of Applied Ecology* 52 (3) pp 675–685.
- CADE T.J. (1965). Relations between raptors and columbiform birds at a desert water hole. *The Wilson Bulletin* 77 (4) pp 340–345.
- CAIN J.W., ROSENSTOCK S.S., TURNER J.C. (2006). Mechanisms of thermoregulation and water balance in desert ungulates. *Wildlife Society Bulletin*, n°. 34 pp 570–581.
- CAMPBELL H. 1960. An evaluation of gallinaceous guzzlers for quail in New Mexico. *Journal of Wildlife Management* 24 (1) pp 21–26.
- CARMI-WINKLER N., DEGEN A. A, PINSHOW B. (1987). Seasonal time-energy budgets of free-living chukars in the Negev desert. *Condor*, pp 594–601.
- CARPIO, A. J., OTEROS J., VICENTE J., TORTOSA F. S., GUERRERO-CASADO J. (2015). Factors affecting red-legged partridge *Alectoris Rufa* abundance on big-game hunting estates: implications for management and conservation. *Ardeola* 62 (2) pp 283–297.
- CARPIO, A. J., GUERRERO-CASADO J., TORTOSA F.S., VICENTE J. (2014). Predation of simulated red-legged partridge nests in big game estates from South Central Spain. *European Journal of Wildlife Research* 60 (2) pp 391–94.
- CARVALHO J., BORRALHO R. (1998). Productividade e sucesso reproductivo de duas populações de perdiz-vermelha (*Alectoris rufa*) em diferentes habitats. *Silva Lusitânica* 2 (6) pp 215–226.

- CARVALHO J., CASTRO-PEREIRA D., CAPELO M., BORRALHO R. (1998). Red-Legged Partridge (*Alectoris rufa*) restocking programs: their success and implications on the breeding population. *Gibier Faune Sauvage* 15 pp 465–474.
- CASAS F. (2008). Gestion agriaria i cinégetica: efectos sobre la perdiz roja (*Alectoris rufa*) i aves esteparias protegidas. Espagne: Ciudad Real.
- CASAS, F. VIÑUELA J. (2010). Agricultural practices or game management: wich is the key to improve the red-legged partridge nesting succès in agricultural landscapes. *Environnemental Conservation* 37 pp 177–186.
- CASAS F., MOUGEOT F., SÁNCHEZ-BARBUDO I., DÁVILA J. A., VIÑUELA J. (2011). Fitness consequences of anthropogenic hybridization in wild red-legged partridge (*Alectoris rufa*, Phasianidae) Populations. *Biological Invasions* 14 (2) pp 295–305.
- CASTRO-CARO J. C., CARPIO A.J., TORTOSA F.S. (2014). Herbaceous ground cover reduces nest predation in olive groves. *Bird Study* 61 (4) pp 537–543. doi:10.1080/00063657.2014.961894.
- CATUSSE M., GOUDENECHÉ D., BIADI F., MARCHANDEAU S. 1988. Repeuplement en perdrix rouges (*Alectoris Rufa*) dans le sud-ouest de La France. *Bulletin Mensuel de L’office National de La Chasse*, n°. 126 (juillet-août) pp 5–16.
- CHAMAILLE-JAMMES S., VALEIX M., FRITZ H. (2007). Managing heterogeneity in elephant distribution: interactions between elephant population density and surface-water availability. *Applied Ecology* 44 (3) pp 625–633.
- CHOQUIET R., ROUAN L., PRADEL R. (2009). Program E-SURGE: a software application for fitting multievent models. *Modeling Demographic Processes In Marked Populations Environmental and Ecological Statistics* 3 pp 845–865.
- CHRISTENSEN G.C. (1958). The effects of drought and hunting on the chukar partridge. In *the Chukar partridge*, pp 329–341.
- CHRISTENSEN G. C. (1970). *The Chukar Partridge*. Nevada Dept. of Fish and Game. http://www.ndow.org/uploadedFiles/ndoworg/Content/public_documents/Wildlife_Education/Publications/1970_Chukar-Partridge_Bulletin.pdf.
- CNERA petite faune sédentaire de plaine. (1986). La perdrix rouge notes techniques. *Bulletin Mensuel de L’office National de La Chasse*, n°. 106 (Octobre): fiche N°39.
- COGARD. (2014). Document d’objectifs Zone de Protection Spéciale FR 9112012 ‘Gorges Du Rieutord, Fage, Cagnasse.’”
- CRAWLEY M.J. (1993). *GLIM for Ecologists*. Blackwell Scientific Publications. London United Kingdom.
- DAJOS R. (1974). *Dynamique Des Populations*. 120 Bd Saint-Germain Paris VIème: MASSON et Cie.
- DELIBES-MATEOS M., DIAZ-FERNANDEZ S., FERRERAS P., VIÑUELA J., ARROYO B. (2013). The role of economic and social factors driving predator control in small-game estates in central Spain. *Ecology and Society* 18 (2).
- DIAZ-FERNANDEZ S., ARROYO B., CASAS F., MARTINEZ-HARO M., VIÑUELA J. (2013). Effect of game management on wild red-legged partridge abundance. Edited by Nicola Saino. *PLoS ONE* 8 (6)
- DIAZ-SANCHEZ S., HÖFLEU U., GORTÁZAR C. (2011). Diseases and parasites of red-legged partridge: implication for management and conservation. *Conference on Mediterranean populations of the genus Alectoris*
- DEGEN A. A., PINSHOW B., SHAW P.J. (1984). Must desert chukars (*Alectoris chukar sinaica*) drink water? Water influx and body mass changes in response to dietary water content. *The Auk* volume 101 n°1 pp 47-52
- DIRECTIVE 2009/147/CE Du parlement européen et du conseil du 30 Novembre 2009 concernant la conservation des oiseaux sauvages.
- DONALD P.F., FORREST C. (1995). The effects of agricultural change on population size of corn buntings (*Miliaria calandra*) on individual farms. *Bird Study*, n°. 42 pp 205–215.
- DOWELL S.D. (1990). A comparison of the behaviour and survival of released hand-reared and wild grey partridges in Britain. In Reading, UK, Hill, D.A., Garson, P.J., Jenkins, D. pp. 167-172.

- DOWELL S.D. (1992). Problems and pitfalls of gamebird reintroduction and restocking: an overview. *Gibier Faune Sauvage* 9 pp 773–780.
- DRAY S., DUFOUR A.B. (2007). The ade4 Package: Implementing the Duality Diagram for Ecologists. *Journal of Statistical Software* 22(4):1-20.
- DRAYCOTT R.A.H., WOODBURN M.I.A., CARROLL J.P., SAGE R.B. (2005). Effects of spring supplementary feeding on population density and breeding success of released pheasants (*phasianus colchicus*) in Britain. *Wildlife Biology* 11 (3) pp 177–182.
- DRAYCOTT R.A.H., HOODLESS A.N., LUDIMAN M.N., ROBERTSON P.A. (1998). Effects of spring feeding on body condition of captive-reared ring-necked pheasants in Great Britain. *Journal of Wildlife Management* 62 (2) pp 557–563.
- DREUX P. (1980). *Précis D'écologie*. PUF. Le Biologiste. paris.
- DUARTE J., FARFÁN M.Á., VARGAS J.M. (2011). New data on mortality, home range, and dispersal of red-legged partridges (*Alectoris rufa*) released in a mountain range. *European Journal of Wildlife Research* 57 (3) pp 675–678.
- DUARTE J., VARGAS J. M. (1998). Nesting of the red-legged partridge (*Alectoris rufa*) upon olive tree trunks in the South of Spain. *ALAUDA* 66 (4) pp 317–319.
- DUARTE J., VARGAS J. M. (2002). Los sumideros de perdiz roja a lo largo del ciclo anual. En LUCIO, J.A. I SAENZ de BURUAGA M.(eds) *Aportaciones a La Gestion Sostenible de La Caza.* FEDENCA-EEC.
- DURANTEL P. (1995). *Chasse Succès Une Nouvelle Approche de La Chasse*. SOLAR. Chamalières FRANCE.
- ERRINGTON P.L., HAMERSTROM F.N. (1936). The Northern bob-white's winter territory. *Agricultural Experiment Station IOWA State College*, n°. 201 pp 301–443.
- EVANS A.D., SMITH K.W. (1994). Habitat selection of ciril buntings (*Emberiza cirilus*) wintering in Britain. *Bird Study* 41 pp 81–87.
- EVANS A.D., SMITH K.W., BUCKINGHAM D.L., EVANS J. (1997). Seasonal variation in breeding performance and nestling diet of ciril buntings (*Emberiza cirilus*) in England. *Bird Study* 44 pp 66–79.
- EVANS K.L. (2004). The potential for interactions between predation and habitat change to cause populations declines of farmlands birds. *IBIS*, n°. 146 pp 1–13.
- FARTHOUAT J.P. (1983). Résultats des expériences menées en France sur la perdrix rouge (*Alectoris rufa*). *Bulletin Mensuel de L'office National de La Chasse*, n°. 69 (mai) pp 10–15.
- FISCHESSE B., DUPUIS-TATE M.F. (1996). *le guide illustré de l'écologie*. CEMAGREF et de la Martinière. 319 p
- GAUDIOSO LACASA V.R., SANCHEZ GARCIA-ABAD C., PRIETO MARTIN R., RODRIGUEZ D.J., PÉREZ GARRIDO J.A., ALONSO DE LA VARGA M.E. (2009). Small game water troughs in a Spanish agrarian pseudo steppe: visits and water site choice by wild fauna. *European Journal of Wildlife Research* 56 (4) pp 591–599.
- GAUDIOSO V.R., PÉREZ J.A., SÁNCHEZ-GARCÍA C., ARMENTEROS J.A., LOMILLOS J.M., ALONSO M.E. (2011). Isolation from predators: a key factor in the failed release of farmed red-legged partridges (*Alectoris rufa*) to the Wild?. *British Poultry Science* 52 (2) pp 155–162.
- GAUDIOSO V.R., SÁNCHEZ-GARCÍA C., PÉREZ J.A., RODRIGUEZ P. L., ARMENTEROS J.A., ALONSO M.E. (2011). Does early antipredator training increase the suitability of captive red-legged partridges (*Alectoris rufa*) for releasing? *Poultry Science* 90 (9) pp 1900–1908
- GIBBONS D. W. and Royal Society for the Protection of Birds. (2007). *The Predation of Wild Birds in the UK: A Review of Its Conservation Impact and Management*. Sandy: RSPB.
- GILPIN M.E., SOULE M.E. (1986). Minimum viable populations: process of species extinction. *Conservation Biology the Science of Scarcity*, pp 19–34.
- GIRAUDEAU M., MOUSEL M., EARL S., MCGRAW K.. (2014). Parasites in the city: degree of urbanization predicts poxvirus and coccidian infections in house finches (*Haemorrhous mexicanus*). Edited by Justin David Brown.
- GLADING B. (1947). Game watering devices for the arid southwest. pp 286–292.

- GORSUCH D.M. (1934). Life history of the gambel quail in Arizona. *Biology Science Bulletin* 5 (4) (2) p 89.
- GORTÁZAR C. VILLAFUERTE R., ESCUDERO M.A., MARCO J. (2002). Post-breeding densities of the red-legged partridge (*Alectoris rufa*) in agrosystems: a large scale study in Aragon, northeastern Spain." *Zeitschrift Fur Jagdwissenschaft* 48: pp 94–101.
- GORTÁZAR C., VILLAFUERTE R., MARTIN M. (2000). Success of traditional restocking of red-legged partridge for hunting purposes in areas of low density of northeast Spain Aragón. *European Journal of Wildlife Research* 46 (March) pp 23–30.
- GREEN R.E. (1983). Spring dispersal and agonistic behaviour of the red-legged partridge (*Alectoris rufa*). *Journal of Zoology* 201 (4) pp 541–555.
- GREEN R.E. (1984). Double nesting of the red-legged partridge *Alectoris rufa*. *IBIS*, n°. 126 pp 332–346.
- GRINNELL J. (1927). A critical factor in the existence of southwestern game birds. *Science*, n°. 65 pp 528–529.
- GULLAND J.A. (1971). *Ecological Aspect of Fishery Research*, Adv. Ecol. RES. 7 edition. pp 115-176
- GULLIONG W. (1960). The ecology of gambel's quail in Nevada and the arid southwest. *Ecology* 41 pp 518–536.
- HAILA Y., NICHOLLS A.O., HANSKI I.K., RAIVIO S. (1996). Stochasticity in bird habitat selection: year-to-year changes in territory locations in a boreal forest bird assemblage. *Oikos*, n°. 76 pp 536–552.
- HENNACHE A., OTTAVIANI M. (2011). *Cailles, perdrix et francolins de l'ancien monde*. W.P.A. France. France, Clères. 400 pages
- HENRY C. (2001). *Biologie Des Populations Animales et Végétales*. Dunod. Paris: DUNOD.
- HENSON K.D., ROLLINS D., LYONS E.K. RANSOM JR. D. (2012). Species visitation at free-choice quail feeders in west texas. *Wildlife Society Bulletin*, Decembre. pp 735-740
- HOLLAND J.M., SOUTHWAY S., EWALD J.A., BIRKETT T., BEGBIE M. (2002). Invertebrate chick food for farmlands birds: spatial and temporal variation in different crops. *Aspects of Applied Ecology*, n°. 67 pp 27–34.
- HOODLESS A.N., DRAYCOTT R.A.H., LIDMAN M.N., ROBERTSON P.A. (1999). Effects of supplementary feeding on territoriality, breeding success and survival of pheasants. *Journal of Applied Ecology*, n°. 36 pp 147–156.
- HUBERT B. (1980). Les rongeurs et les problèmes qu'ils posent aux cultures et aux stocks. In *L'amélioration Des Systèmes Post-Recolte En Afrique de l'Ouest*, BAMAKO: IRD. pp 85–102.
- HUDSON P.J., RANDS M.R.W. (1988). *Ecology and Management of Gamebirds*. BSP Professional Books. Oxford.
- HUDSON, R.W., TUCKER G.M., FULLER R.J. (1994). Lapwing *Vanellus vanellus* populations in relation to agricultural changes. A review. In Tucker, G.M., Davies, S.M. & Fuller, R.J. (eds) *The Ecology and Conservation of Lapwings Vanellus Vanellus*." UK Nature Conservation Report No. 9, Peterborough: Joint Nature Conservation Council.
- IOC World Bird List (v 5.4). (2015). Gill, F & D Donsker (Eds).
- JAKOB C., PONCE-BOUTIN F. (2013). Recent tools for population abundance estimation adjustment and their use in long-term french red-legged partridge survey, *Avocetta* 37 edition. pp 77-82
- JAKOB C., PONCE-BOUTIN F. BESNARD A. (2014). Coping with heterogeneity to detect species on a large scale: N-Mixture modeling applied to red-legged partridge abundance: partridge abundance estimate via N-Mixture Model. *The Journal of Wildlife Management* 78 (3) pp 540–49.
- JAKOB C., PONCE-BOUTIN F. BESNARD A., ERAUD C. (2010). On the efficiency of using song playback during call count surveys of red-legged partridges (*Alectoris rufa*). *European journal of Wildlife research* 56 pp 907-913.
- JACKSON R.M., ROE J.D., WANGCHUNK R., HUNTER D.O. (2006). Estimating snow leopard population abundance using photographic identification and capture-recapture techniques. *Wildlife Society Bulletin*, n°. 37 pp 772–781.

- JUNCO R. (2002). La perdiz pardilla (*Perdix perdix hispanensis*) y la perdiz roja (*Alectoris rufa*) en la montana de Palencia. Bases Ecologicas Para Su Gestion. Spain: Valladolid.
- KARANTH K.U. (1995). Estimating tiger panthera tigris populations from camera-trap data using capture-recapture models. Biological Conservation, n°. 71 pp 333–338.
- KARANTH K.U., NICHOLS J.D. (1998). Estimation of tiger densities in india using photographic captures and recaptures. Ecology, n°. 79 pp 2852–2862.
- KEANE A., DE L. BROOKE M., MCGOWAN P.J.K. (2005). Correlates of extinction risk and hunting pressure in gamebirds (galliformes). Biological Conservation 126 (2) pp 216–233.
- KLUIJVER H.N. (1951). The population ecology of the great tit (*Parus major* L). ed Brill.135 p
- LACK D. (1954). The natural regulation of animal numbers. Oxford: Clarendon Press. 343 p
- LACK D. (1968). Ecological adaptations for breeding in birds. Methnen Ed 422 p
- LACK D. (1970). Animal populations in relation to their food ressources: XIII-XIV .474 p
- LARSEN R.T., FLINDERS J.T., MITCHELL D.L., PERKINS E.R., WHITING D.G. (2007). Chukar watering patterns and water site selection. Rangeland Ecology & Management 60 (6) pp 559–565.
- LARSEN R.T., BISSONETTE J.A., FLINDERS J.T., HOOTEN M.B., WILSON T.L. (2010). Summer spatial patterning of chukars in relation to free water in western Utah. Landscape Ecology 25 (1) pp 135–45.
- LARTIGES A., MALLET C. (1983). Conséquences sur le petit gibier de l'évolution de l'agriculture française. Bull. Tech. Info. Chasse et Agriculture, n°. 377-378,103-117.
- LAUNAY M. (1975). Disponibilité en insectes dans les cultures et dans les aménagements. les rapports avec le régime alimentaire du poussin de perdrix grise (*Perdix perdix*). Bulletin Scientitifiqu et Technique de l'ONC, n°. 4 pp 170–192.
- LAWSON B., ROBINSON R.A., COLVILE K.M., PECK K.M., CHANTREY J., PENNYCOTT T.W., SIMPSON V.R., TOMS M.P., CUNNINGHAM A.A. (2012). The emergence and spread of finch trichomonosis in the British Isles. Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences 367 (1604) pp 2852–2863.
- LEBART L., PIRON M., MORINEAU A. (2000). Statistique Exploratoire Multidimensionnelle. DUNOD. Science Sup. Paris, France.
- LEBRETON P. (1982). Quelques remarques d'ordre écologique et biologiques formulées à propos des gallinacés européens. ALAUDA 50 (4) pp 260–77.
- LEIF A.P. (1994). Survival and reproduction of wild and pen-reared ring-necked pheasant hens. The Journal of Wildlife Management 58 (3) pp 501–506.
- LEONARD Y., REITZ F. (1998). Caractéristiques de la reproduction de la perdrix rouge (*Alectoris rufa*) dans le centre de la France. Gibier Faune Sauvage 15 pp 747–757.
- LEOPOLD A., LEE O.S., ANDERSON H.G. (1938). Wisconsin pheasant movement study. Journal of Wildlife Management, n°. 2 pp 3–12.
- LEOPOLD A.S. (1933). Game Management. Charles Scribner's Sons. New York, N.Y.
- LEOPOLD A. S., McCABE R. A. (1957). Natural history of the montezuma quail in Mexico. Condor 59 pp 3–26.
- LEPEUDRY J.M. (1994). L'année Du Chasseur. Nathan. Paris. 287 p
- LETTY J., MARCHANDEAU S., AUBINEAU J. (2007). Problems encountered by individuals in animal translocations. Ecoscience 4 (14) pp 420–431.
- LIEURY N., RUETTE S., ALBARET M., DROUYER F., BAUDOUX B., LETTY J., URBANIAC C., DEVILLARD S., MILLON A. (2016). Les prélèvements de renards limitent-ils leur densité? Faune Sauvage, n°. 310 (Mars) pp 10–16.
- LIMA S.L., DILL L.M. (1990). Behavioural decisions made under the risk of predation: a review and prospectus. Canadian Journal of Zoology, n°. 68 pp 619–640.
- LIUKKONEN-ANTTILA T., SAARTOALA R., HISSA R. (2000). Impact of hand-rearing on morphology and physiology of the capercaillie (Tetrao Urogallus). Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology 125 (2) pp 211–221.
- LLANDRES C., OTERO C. (1985). Predadores de la perdiz roja (*Alectoris rufa*) en la encomenda de guedea (Almedina-Ciudad Real).Informe inédito Fundacion José Blanc.

- LOPEZ-ANTIA A., ORTIZ-SANTALIESTRA M.-E., MOUGEOT F., MATEO R. (2013). Experimental exposure of red-legged partridges (*Alectoris rufa*) to seeds coated with imidacloprid, thiram and difenoconazole. *Ecotoxicology*, n°. 22 pp 125–138.
- LOSS S.R., WILL T., MARRA P.P. (2013). The Impact of free-ranging domestic cats on wildlife of the United States. *Nature communications* 4 (January): 1396..
- LUCIO A. (1989). *Bioecología de la perdiz roja en leon. Bases para su gestion cinegetica.* Leon: Univ. Leon.
- LUCIO A.J. (1990). Influencia de las condiciones climaticas en la productividad de la perdiz roja (*Alectoris rufa*). *Ardeola* 2 (37) pp 207–218.
- LUCIO A.J., PURROY F.J. (1992). Red-legged partridge (*Alectoris rufa*) habitat selection in Northwest Spain Ln: M. Birkan, G.R. Potts, N.J. Aebischer & S.D. Dowell (eds). *Perdix VI, First International Symposium on partridges, quails and Francolins.*, Gibier Faune Sauvage, n°. 9 pp 417–429.
- MAGALHAES M.C., TAVARES P., FONTOURA A.P., (2001). Morphometric characters and diet of hunted red-legged partridges (*Alectoris rufa*) in Portugal. *Game and Wildlife Science* 13 (3-4) pp 495–505.
- MALTHUS T.R. (1798). *An Essay on the Principle of Population*. Londres: J. Johnson.
- MATEO–MORIONES A., VILLAFUERTE R., FERRERAS P. (2012). Does fox control improve red–legged partridge (*Alectoris rufa*) survival? An experimental study in northern Spain. *Animal Biodiversity and Conservation* 35 (2) pp 395–404.
- MAYOT P., GAVARD-GONGALUD N. (2006). *Le Faisan Commun: La Reconquête*. Artemis. Côte Chasse. 142 p.
- MAYOT P., MALECOT M., VIGOUROUX L., BRO E. (2009). L'agrainage intensif: quel impact sur la perdrix grise? *Faune Sauvage*, n°. 283 (janvier) pp 32–39.
- MCGOWAN P. (2002). The conservation implications of the hunting of galliformes and the collection of their eggs. Gland, Switzerland and Cambridge, UK International Union for Conservation of Nature and Natural Resources volume number edition 24 pp 85-93.
- MEDINA, F.M., BONNAUD E., VIDAL E., TERSHY B.R., ZAVALETA E.S., DONLAN C.J., KEITT B.S., CORRE M., HORWATH S.V., NOGALES M. (2011). A global review of the impacts of invasive cats on island endangered vertebrates. *Global Change Biology* 17 (11) pp 3503–3510.
- MERRIGI A., MONTAGNA D., ZACCHETTI D. (1991). Habitat use by partridges (*Perdix perdix* and *Alectoris rufa*) in an area of northern apennines, Italy. *Bolletino Di Zoologia*, n°. 58 pp 85–90.
- MERRIGI A., SAINO N., MONTAGNA D., ZACCHETTI D. (1992). Influence of habitat on density and breeding succes of grey and red-legged partridges. *Bolletino Di Zoologia* 59 pp 289–295.
- METEO FRANCE DIRECTION DE LA CLIMATOLOGIE. (2005). Fiche Méthode ETP En Point de Grille. <http://climatheque.meteo.fr/Docs/ETPPOINT-methode>
- MIDDLETON A.D. (1936). Factors controlling the population of the partridges (*Perdix perdix*) in Great Britain. *Proceeding of the Zoological Society of London* 106 pp 795–815.
- MILLÁN J., GORTÁZAR C., BUENESTADO F.J., RODRIGUEZ P.L., TORTOSA F., VILLAFUERTE R. (2003). Effects of a fiber-rich diet on physiology and survival of farm-reared red-legged partridges (*Alectoris rufa*). *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology* 1 (134) pp 85–91.
- MILLÁN J. (2009). Diseases of the red-legged partridge (*Alectoris rufa*): A Review. *Wildlife Biology in Practice* 5 (1).
- MILLÁN, J. GORTÁZAR, C, VILLAFUERTE R. (2001). Marked differences in the splanchnometry of farm-bred and wild red-legged partridges (*Alectoris rufa*) *Poultry Science* 80 (7) pp 972–975.
- MILLOT F., BRO É., DECORS A., GUERY E. (2013). La prédation des perdrix grises. *Faune Sauvage*, n°. 301 pp 10–17.
- MOREBY S.J. (1996). The impact of chemical and mechanical weed control measures on invertebrates on set-aside following cereals. *Pest and Deseases*, n°. 41 pp 641–646.
- MOREBY S.J., POTTS G.R. (1984) *Insecticides and the Survival of Game Birds in 1984*.

- MORRIS G. CONNER L.M., OLI M.K. (2010). Use of supplemental northern bobwhite (*Colinus virginianus*) food by non-target species. *Florida Field Naturalist* 38 (3) pp 99–105.
- MÜELLER-DOMBOIS D. (1974). *Aims and Methods of Vegetation Ecology*. NY: John Wiley and sons. New York.
- MUSEUM NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE. (2016). “Cahiers d'Habitat « Oiseaux » - MEEDDAT- MNHN.” Accessed July 6. <https://inpn.mnhn.fr/telechargement/documentation/natura2000/cahiers-habitats>.
- MUSTIN K., NEWHEY S., IRVINE J., ARROYO B., REDPATH S. (2011). Biodiversity impacts of game bird hunting and associated management practices in Europe and North America. *RSPB Report*. http://www.hutton.ac.uk/sites/default/files/files/RSPB_ReportFINAL_Covers.pdf.
- NADAL J., NADAL J., RODRÍGUEZ-TEIJEIRO J. D. (1990). Red-legged partridge density: comparisons among agrosystems and between years. In *Trans. 19th I.U.G.B. Congress*, I: 117–124. Espagne.
- NADAL J., NADAL J., RODRÍGUEZ-TEIJEIRO J. D. (1996). Red-legged partridge (*Alectoris rufa*) age and sex ratios in declining populations in Huesca (Spain) applied to management. *Revue D'écologie* 51 (3) pp 243–257.
- NADAL J. (2008). The Conflict between economics and conservation in the red-legged partridge In . Spain. *Symposium on Partridge management*
- NAVET P. (1982). L'agriculture française et son impact sur le petit gibier. communication présentée au symposium 'agriculture et petit gibier', au conseil international de la chasse, 11 Juin 1982, Monaco. *Bulletin Mensuel de L'office National de La Chasse*, n°. 62 (Octobre) pp 33–54.
- NICHOLS J.D. (1992). Capture-Recapture Models using marked animals to study population dynamics. *BioScience*, n°. 42 pp 94–102.
- NIOT D., EHANNO F., REITZ F., STAHL P. (1995). Démographie d'une population de perdrix rouge en marche du Cher. Influence du piégeage et du milieu. *Bulletin Mensuel de L'office National de La Chasse*, n°. 196 (Janvier) pp 26–35.
- NIOT D., LETT J.M., PEZZALI. (1989). Réimplantation de perdrix sur le groupement d'intérêt cynégétique du Boischaud nord. *Bulletin Mensuel de L'office National de La Chasse*, no. 134 pp 9–10.
- NISH, D.H. (1964). The effects of water development upon populations of gambel's quail in southwestern Utah/. *Utah State Department of Fish and Game*.
- NOVOA C. (1982). Comparaison des facultés d'adaptation et de reproduction de deux souches de perdrix rouges de repeuplement. *Bulletin Mensuel de L'office National de La Chasse*, n°. 61 pp 21–30.
- O'BRIEN T.G., KINNAIRD M.F. (2008). A picture is worth a thousand words: the application of camera trapping to the study of birds. *Bird Conservation International* 18 (S1): pp 144–162.
- ONC, CEMAGREF, et Comité national d'information chasse nature. (1988). Aménagement territoires de chasse petit gibier. Poinot-Clichy.
- ONCFS. (2000). Enquête nationale sur les tableaux de chasse à tir saison 1998-1999. *Faune Sauvage*, n°. 251 pp 46–53.
- ONCFS (2015) Rapport Scientifique 2014. Paris.
- ONCFS. (2015). tableaux chasse ongulés 2014-2015. *Faune Sauvage*, no. 308.
- ONCFS CNERA PAD. (2012). Estimation de la densité en lynx par suivi non invasif photographique. *Rapport Scientifique 2011*, p 47.
- OTIS D.L., BURNHAM K.P., WHITE G.C., ANDERSON D.R. (1978). Statistical inference from the capture data on closed animal populations. *Wildlife Monographs* 62 pp 1–135.
- OWEN-SMITH, N. (1996). Ecological guidelines for waterpoints in extensive protected areas. *South African Journal of Wildlife Research* 26 (4) pp 107–112.
- PARISH D.M.B., SOTHERTON N. W. (2004). Game crops and threatened farm land songbirds in scotland: a step towards halting population declines? *Bird Study*, n°. 51 pp 107–112.

- PARISH D.M.B., SOTHERTON N.W. (2007). The fate of released captive-reared grey partridges (*Perdix perdix*): implications for reintroduction programmes. *Wildlife Biology* 13 (2) pp 140–149
- PEIRO C. V., ROMAN E. S., ALEMANY M. A. (1992). Selección de hábitat de una población de perdiz roja (*Alectoris rufa*) en una zona de sierra del sur de la provincia de Alicante. *Mediterránea: Serie de Estudios Biológicos*, n°. 14 pp 5–22.
- PEPIN D. (1984). Changement de partenaire chez la perdrix rouge (*Alectoris rufa*). *Oiseaux et La Revue Française D'ornithologie* 4 (54) pp 293–304.
- PEPIN D., BLAYAC J. (1990). Impact d'un aménagement de la garrigue et de l'instauration d'un plan de chasse sur la démographie de la perdrix rouge (*Alectoris rufa*). En *Milieu méditerranéen. Gibier Faune Sauvage* 7 pp 145–58.
- PEPIN D., CATGNELUTTI B., MATHON J.F. (1985). Démographie de la perdrix rouge (*Alectoris rufa*) Apport de l'analyse des tableaux de chasse. *Acta Oecologica, Oecol. Applic.* edition.
- PEPIN D., CONTENT B., CARNIELLUTI B., MATHON J.F., RICCI J.C., NOVOA C. (1983). Fédération départementale des chasseurs de l'hérault: fiche technique détermination de l'âge et du sexe de la perdrix rouge. Fédération départementale des chasseurs de l'Hérault.
- PÉREZ J. A., ALONSO M.E., GAUDIOSO V.R., OLMEDO J.A., DIEZ C., BARTOLOME D. (2004). Use of radiotracking techniques to study a summer repopulation with red-legged partridge (*Alectoris rufa*) chicks. *Poultry Science* 83 (6) pp 882–88.
- PÉREZ J. A., SÁNCHEZ-GARCÍA C., DIEZ C., BARTOLOME D. J., ALONSO M. E., GAUDIOSO V. R. (2015). Are parent-reared red-legged partridges (*Alectoris rufa*) better candidates for re-establishment purposes?. *Poultry Science* 94 (10) pp 2330–2338.
- PÉROUX R. (1984). Résultat des opérations de repeuplement en perdrix dans la région massif central (Auvergne- Limousin- Dordogne). *Bulletin Mensuel de L'office National de La Chasse*, n°. 83 pp 27–29.
- ROBERTSON P.A. (1988). Survival of released pheasants, (*Phasianus colchicus*), in Ireland. *Journal of Zoology* 214 (issue 4) pp 683–695.
- PINSHOW B., DEGEN A.A., ALKON P.U. (1983). Water intake, existence energy, and responses to water deprivation in the sand partridge (*Ammoperdix heyi*) and the chukar (*Alectoris chukar*): two phasianids of the Negev desert. *Physiological Zoology* 56 (2) pp 281–89.
- PINTER-WOLLMAN, N., ISBELL L.A., HART L.A. (2009). The relationship between social behaviour and habitat familiarity in African elephants (*Loxodonta africana*). *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 276 (1659) pp 1009–1014.
- POLLOCK K.H., NICHOLS J.D., BROWNIE C., HINES J.E. (1990). Statistical inference for capture-recapture experiments. *Wildlife Monographs*, n°. 107 pp 1–98.
- PONCE-BOUTIN F.(1989). Etude du régime alimentaire du poussin de perdrix rouge *Alectoris rufa* en relation avec la gestion des milieux.” *Mémoire de DEA, Montpellier: EPHE.*
- PONCE-BOUTIN F., MATHON J.F., PUCHALA J.B. (2001). Dynamics of red-legged partridge *Alectoris rufa*. In *Perdix IX*.
- PONCE-BOUTIN F. (2003a). La perdrix rouge *Alectoris rufa*. ONCFS site internet. <http://www.oncfs.gouv.fr/Connaitre-les-especes-ru73/La-Perdrix-rouge-ar1522>.
- PONCE-BOUTIN F., LE BRUN T., MATHON J-F., MOUTARDE C., CORDA E., KMIEC L. (2003b). Aménagements et biodiversité en région méditerranéenne ; cahier technique à l'usage des gestionnaires. ONCF
- PONCE-BOUTIN F., MATHON J.F, LE BRUN T., MOUTARDE C., CORDA E., KMIEC L. (2003c). Aménagement et biodiversité en région méditerranéenne.” Cd ROM DIREN.
- PONCE-BOUTIN F., MATHON J.F, LE BRUN T., MOUTARDE C., CORDA E., KMIEC L. (2004). Aménagements des milieux et perdrix rouge en collines méditerranéennes françaises. *Faune Sauvage*, n°. 262 pp 42–46.
- PONCE-BOUTIN F., MATHON J.F, LE BRUN T. (2006). Impact of game crops intensification and hunting management on red-legged partridge. *Gamebird*, pp 124–127.
- PONCE-BOUTIN F., BRUN J.-C., MATHON J.F, RICCI J.-C. (2006). Propositions pour une gestion durable des populations de perdrix rouge. *Quelle place pour les lâchers*, pp 48–55.

- PONCE-BOUTIN F, JAKOB C., ARZEL C., MATHON J.F., .CALENGE C. (2011). Cultural practices might enhance the red-legged partridge presence – a field study in a viticulture region of southern france. In, 1. BARCELONA.
- PONCE-BOUTIN F, CROSNIER A., REITZ F. (2012). Situation de la perdrix rouge en france en 2008. Faune Sauvage, n°. 295 pp 25–28.
- PONCE-BOUTIN F., JAKOB C., CARSUZAA S., VILLAIN F., PUCHALA J.B., FAVAS J.C., FRUITET L., BESNARD A. (2014). La Technique du rappel au magnétophone pour estimer l’abondance des perdrix rouges. Faune Sauvage n°303.
- PONCE-BOUTIN F. (2014). “Lettre du réseau perdrix rouge été 2014 bulletin spécial.” ONCFS.
- POTTS G.R. (1980). The Effects of modern agriculture, nest predation and game management on the population ecology of partridges(*Perdix perdix* and *Alectoris rufa*).” Naturwissenschaften 9 (95) pp 821–830.
- POTTS G.R. (1986). The Partridge: Pesticides, Predation and Conservation. Collins. LONDON. 288 p.
- POTTS G.R. (2012). Partridges. The new naturalist library, a survey of British natural history. Collins. 480 p.
- PRADEL R.; GIMENEZ O.; LEBRETON J.D. (2005). Principles and interest of GOF tests for multistate capture–recapture models. Animal Biodiversity and Conservation 28 (2) pp 189–204
- PRADEL R., SANZ-AGUILAR A. (2012). Modeling trap-awareness and related phenomena in capture-recapture studies. PLoS ONE, 7(3),
- PRADERVAND J.-N., DUBUIS A., REYMOND A., SONNAY V., GELIN A., GUISAN A. (2016). Quels facteurs influencent la richesse en orthoptères des préalpes vaudoises? Société Vaudoise des Sciences naturelles 93.4: pp.155-173.
- PUTAALA A., HISSA R. (1995). Effects of hand-rearing on physiology and anatomy in the grey partridge. Wildlife Biology, no. 1 pp 27–31.
- PY B. (1996). Statistique descriptive: nouvelle méthode pour bien comprendre et réussir. 4th ed. Economica.
- QUOD A., PONCE-BOUTIN F. (2007). La perdrix rouge: que faire pour son avenir dans les habitats méditerranéens. Séminaire d’Istres 24 Juin 2006. Faune Sauvage, n°. 276 (avril) pp 28–37.
- RABINOWITZ D., CAIRNS S., DILLON T. (1986). Seven forms of rarity and their frequency in the flora of the british isles, agris.fao.org .
- RAHM N.M. (1937). Quail range extension in the San Bernardino national forestprogress report. California Fish and Game 24 pp 133–58.
- RANDES M. (1985). Pesticide use on cereals and the survival of grey partridges chicks: a field experiment. Journal of Applied Ecology, n°. 22 pp 49–54.
- RANDES M. (1986a). Effect of hedgerow characteristics on partridge breeding densities. Journal of Applied Ecology, n°. 23 pp 479–487.
- RANDES M. (1986b). The Survival of gamebirds chicks in relation to pesticide use on cereals. IBIS, n°. 128 pp 57–64.
- RANDES M. (1988). The effect of nest predation on grey partridge (*Perdix perdix*) red-legged partridge (*Alectoris rufa*). Ornis Scandinavia 19 pp 35–40.
- R Development Core Team (2014), R: A Language and Environment for Statistical Computing (version 3.1.0). R fundation for Statistical Computing.
- REDFERN J.V., GRANT C.C., GAYLARD A., GETZ. W.M. (2005). Surface water availability and the management of herbivore distributions in an african savanna ecosystem. Journal of Arid Environments 63 (2) pp 406–424.
- REITZ F., BERGER F. (1989). Journées d’information régionale sur la perdrix rouge (Bourges Le 10 Septembre 1988). Bulletin Mensuel de L’office National de La Chasse, n°. 134 (Avril) pp 5–14.
- REITZ F., MAYOT P. (1999). Effect of habitat characteristics on the predation risk of grey partridges. In, 24 pp 248–58.

- REITZ F. (2001). Perdrix grise: impact de l'agraineage sur les populations. Faune Sauvage, n°. 254 pp 4–9.
- REITZ F. (2003). Le statut communal de la perdrix grise et de la perdrix rouge en France : résultats d'une enquête. Faune Sauvage, n°. 258 pp 25–33.
- RICCI J.C. (1985a). Deux cas de participation à l'incubation de mâle de perdrix rouge (*Alectoris rufa*) en France. Alauda, n°. 51 pp 65–66.
- RICCI J.C. (1985b). Suivi des déplacements de perdrix rouges (*Alectoris rufa*) par radiopistage terrestre et aérien pendant la dispersion: dimensions sociales et spatiales. In Suivi Des Vertébrés Terrestres Par Radiotéléométrie, Monaco. pp 153–165.
- RICCI J.C. (1985c). Utilisation de quelques ressources du milieu par les nichées de perdrix rouges (*Alectoris rufa* L.) dans un agrosystème de type polyculture élevage. Gibier Faune Sauvage, n°. 2 pp 15–38.
- RICCI J.C. (1985d). Variations du mode d'occupation de l'espace chez la perdrix rouge (*Alectoris rufa*) depuis la formation des couples jusqu'à la couvaison = variation of space use mode in the red-legged partridge (*Alectoris rufa*) from pairing period to incubating period. Acta Oecologica. Oecologia Generalis 6 (3) pp 281–293.
- RICCI J.C. (1985e). Influence de l'organisation sociale et de la densité sur les relations spatiales chez la perdrix rouge. Consequences démographiques et adaptatives.
- RICCI J.C. (1990). Nest site selections in red-legged partridges in french mediterranean farmlands. In Transaction of the XIX Congress of the International Union of Game Biologists, S.Myrberget. pp 357–358.
- RICCI J.C., MATHON J.F., GARCIA A., BERGER F., ESTEVE J.P. (1990). Effect of habitat structure and nest selection on nest predation in red-legged partridges (*Alectoris Rufa*) in french mediterranean farmlands. Gibier Faune Sauvage, n°. 7 pp 321–253.
- ROBB G.N., Mc DONALD R.A., CHAMBERLAIN D.E., BEARHOP S. (2008). Food for thought: supplementary feeding as a driver of ecological change in avian populations. Frontiers in Ecology and the Environment 6:9 pp 476–484.
- ROBERTS R.F. (1977). Big game guzzlers. Rangeman's J. 4.
- RODRIGUEZ P.L., TORTOSA F.S., VILLAFUERTE R. (2005). The effects of fasting and refeeding on biochemical parameters in the red-legged partridge (*Alectoris Rufa*). Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology 1 (140) pp 157–164.
- ROLLINS D., CARROLL J.P. (2001). Impacts of predation on quail. The Role of Predator Control as a Tool in Game Management. Texas Agricultural Extension Service, San Angelo, Texas, pp 84–101.
- ROLLINS D., TAYLOR B.D., SPARKS T. D., WADELL T. E., RICHARDS G. (2009). Species visitation at quail feeders and guzzlers in southern New Mexico. Gamebird 2006: Quail VI and Perdrix XII, pp 210–219.
- ROSENSTOCK S.S., BALLARD W.B., DEVOS J.C.Jr (1999). Viewpoint: benefits and impacts of wildlife water developments. Journal of Range Management, n°. 52 (July) pp 302–311.
- ROTELLA J.J., HINES J.E. (2005). Effects of tag loss on direct estimates of population growth rate. Ecology 86 (4) pp 821–827.
- RYAN S.J., GETZ W.M. (2005). A spatial location-allocation gis framework for managing water sources in a savanna nature reserve. South African Journal of Wildlife Research 35 (2) p 163.
- SÁNCHEZ-GARCÍA C., ARMENTEROS J.A., ALONSO M.E., LARSEN R.T., LOMILLOS J.M., GAUDIOSO V.R.. (2012). Water-site selection and behaviour of red-legged partridge *Alectoris rufa* evaluated using camera trapping. Applied Animal Behaviour Science 137 (1-2) pp 86–95.
- SÁNCHEZ-GARCÍA C., BUNER F.D., AEBISCHER N.J. (2015). Supplementary winter food for gamebirds through feeders: which species actually benefit ? Evaluation of game feeder practices. The Journal of Wildlife Management 79 (5) pp 832–845.

- SÁNCHEZ-GARCÍA C., SOKOS C., SANTILLI F., SAGE R.B., BUNER F.D. (In Prep). Enough reared red-legs for today, but fewer wild ones for tomorrow? The dilemma of gamebird rearing and releasing.
- SANTILLI F., DELL'OMODARME A., BAGLIACCA M. (2005). Acclimatisation of farm-reared red-legged partridges (*Alectoris rufa* L.) in two protected areas of southern Tuscany. *Annali Della Facoltà Di Medicina Veterinaria* 58 pp 219–226.
- SANTILLI F., GALARDI L., BAGLIACCA M. (2012). First evaluation of different captive rearing techniques for the re-establishment of the red legged partridge populations. *Avian Biology Research* 5 (3) pp 147–153.
- SARMENTO P.B., CRUZ J.P., EIRA C.I., FONSECA C. (2009). Habitat selection and abundance of common genets (*Genetta genetta*) using camera capture-mark-recapture data. *European Journal of Wildlife Research*, n°. 56 pp 59–66.
- SCOTT, J.E. (1997). Do livestock waters help wildlife? In , Tempe, Ariz. Arizona State Univ.pp 493–507
- SERRE D., BIRKAN M. (1985). Incidence de traitements insecticides sur les ressources des alimentaires des poussins de perdrix grises (*Perdix perdix*) dans un agrosystème de beauce, no. 2 (4) pp 21–61.
- SIG L-R. 2010. Description Des Bases de Données Occupation Du Sol LR.
- SIMPSON N.O., STEWART K.M., BLEICH V.C., SHAFFER K.. (2011). What have we learned about water developments for wildlife? Not enough! *California Fish and Game* 97 (4) pp 190–209.
- SIVOM Grand site et FDC48. 2010. Note-synthese_Docob-ZPS-Gorges-Du-Tarn-Jonte_Tome2_fev2010 FR9110105 - Gorges Du Tarn et de La Jonte.
- SOULE M. (1987). *Viable Populations for Conservation*. Cambridge University Press. CAMBRIDGE.
- SOUTHERN H.N. (1970). The natural control of tawny owls (*Strix aluco*). *Journal of Zoology* 162, October.
- STAHL P., MIGOT P. (1993). L'impact des prédateurs sur le petit gibier: une revue des enlèvements expérimentaux de prédateurs. In *Actes Du Colloque Prédation et Gestion Des Prédateurs*, DOURDAN France: ONC/UNFDC pp 21–35.
- STASNY K.adapt française DAGMAR DOPPIA révision générale Michel CUISIN. 1990. *La Grande Encyclopédie Des Oiseaux*. GRUND. Paris.
- STOATE C., HENDERSON I.G., PARISH D.M.B. (2004). Development of an agri-environment scheme option: seed-bearing crops for farmland birds. *IBIS supplément* (2) (146) pp 203–209.
- STOWE T.J., NEWTON A.W., GREEN R.E., MAYES E. (1993). The decline of the corncrake (*Crex crex*) in britain and ireland in relation to habitat. *Journal of Applied Ecology*, no. 30 pp 53–62.
- TAPPER S.C., POTTS G.R., BROCKLESS M.H. (1996). The effect of an experimental reduction in predation pressure on the breeding success and population density of grey partridges *Perdix perdix*. *Journal of Applied Ecology* 33 (5) pp 965–978.
- TEJEDOR M.T., MONTEAGUDO L.V., ARRUGA M.V. (2008). Microsatellite markers for the analysis of genetic variability and relatedness in red-legged partridge (*Alectoris Rufa*) farms in Spain. *Research in Veterinary Science* 85 (1) pp 62–67.
- TIELEMAN B.I., WILLIAMS J.B. (1999). The role of hyperthermia in the water economy of desert birds. *Physiological and Biochemical Zoology* 72 (1) pp 87–100.
- TILMAN D. (1982). *Resource Competition and Community Structure*. Princeton University Press. Princeton New Jersey.
- TREXLER J.C., Mc CULLOCH C.E., TRAVIS J. (1988). How can the functional response best be determined? *Oecologia*, n°. 76 pp 206–214.
- TROLLIET F., HUYNEN M.C., VERMEULEN C., HAMBUCKERS A. (2014). Use of camera traps for wildlife studies. a review. *Biotechnology Agron.Soc.EnvIRON.* 18 (3) pp 446–454.

- TROUVILLIEZ J., GAILLARD J.M., ALLAINE D., PONTIER D. (1988). Stratégies démographiques et gestion des populations chez les oiseaux : particularités des galliformes. *Gibier Faune Sauvage* n°5.
- TUCKER G.M., HEATH M.F. (1994). *Birds in Europe: Their Conservation Status*. Birdlife International.
- UICN (2001); The UICN Redlist of Threatened Species. site internet: "<http://www.iucnredlist.org>."
- UICN (2009) Union mondiale pour la nature, Comité français, Muséum national d'histoire naturelle (Paris), Société française pour l'étude et la protection des mammifères, et Office national de la chasse et de la faune sauvage (France). *Mammifères de France métropolitaine*. Paris: UICN.
- UICN. (2015). UICN-Liste rouge des reptiles menacés de France.
- UICN. (2016). Liste rouge oiseaux de France métropolitaine.
- VALKEAJARVI P., IJAS L. (1994). Comparison of breeding success between fed and unfed black grouse in central Finland. *Suomen Riista*, n°. 40 pp 98–109.
- VALLANCE M., QUENEY G., SOYEZ D., RICCI J.-C. (2006). ONCFS Rapport scientifique 2006 santé petit gibier et agrosystèmes – introduction mise au point et validation d'un système de marqueurs génétiques pour les perdrix rouges hybrides.
- VENABLES W.N., RIPLEY B.D. (2002). *Modern Applied Statistics with S*. Fourth Edition. Springer. New York.
- VICKERMAN G.P., O'BRYAN M.. (1978). Partridges and insects. *Game Conservancy Annual Rev.*, pp 35–43.
- VICKERY P.D., HUNTER M.C., WELLS J. (1992). Evidence of incidental nest predation and its effects on nests of threatened birds. *Oikos* 63 pp 281–288.
- VILETTE P. (1983). Avifaunes Du Pléistocène Final et de l'Holocène Dans Le Sud de La France et En Catalogne. Laboratoire de Préhistoire Paléolithique, Atacina. Carcassonne.
- VORHIES C. T. (1928). Do southwestern quail requires water? *The American Naturalist* 62 (682) pp 446–452.
- WHITTINGHAM M.J., KARL L. (2004). The effects of habitat structure on predation risk of birds in agricultural landscapes. *IBIS* 146 (Novembre) pp 210–220.
- WILDLIFE SOCIETY. (1990) Nevada chapter, United States. Bureau of land management. Nevada state office, Nevada. Dept. of Wildlife. *Wildlife Water Development: A Proceedings of the Wildlife Water Development* 192 p.
- WILLIAM W.S. (1971). The effects of available water upon populations of chukar partridge on desert mountains of Utah. Utah State University.
- WILSON J.D., EVANS J., BROWNE S.J., KING J.R. (1997). Territory distribution and breeding success of skylarks *Alauda arvensis* on organic and intensive farmland in southern England. *Journal of Applied Ecology*, n°. 34 pp 1462–1478.
- WILSON, J.D., MORRIS A.J., ARROYO B.E., CLARK S.C., BRADBURY R.B. (1999). A review of the abundance and diversity of invertebrate and plant foods of granivorous birds in northern Europe in relation to agricultural change. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 75 (1) pp 13–30.
- World Pheasant Association (WPA) and International Union for Conservation of Nature (IUCN). (2009). World Pheasant Association and IUCN/SSC Re-Introduction Specialist Group (eds.) (2009). *Guidelines for the Re-Introduction of Galliformes for Conservation Purposes*. Gland, Switzerland: IUCN and Newcastle-upon-Tyne, UK: World Pheasant Association. IUCN Gland, Switzerland and World Pheasant Association.
- WRIGHT J.T. (1953). Quail rainwater catchments and their evaluation. In *Game and Fish Comm.*, 33 pp 220–223.
- YEATMAN-BERTHELOT D., JARRY G. (1991). *Atlas Des Oiseaux de France En Hiver*. Paris: Société Ornithologique de France.
- YEATMAN-BERTHELOT D., JARRY G. (1994). *NOUVEL ATLAS DES OISEAUX NICHEURS DE FRANCE 1985-1989*. Ed. Société Ornithologique de France.

LISTE DES ANNEXES

ANNEXE 1 : vue aérienne du domaine de Ceyrac et localisation des abreuvoirs

ANNEXE 2 : fiche de relevé de terrain « description de l’habitat autour des abreuvoirs »

ANNEXE 3 : captures d’écran du logiciel de saisie

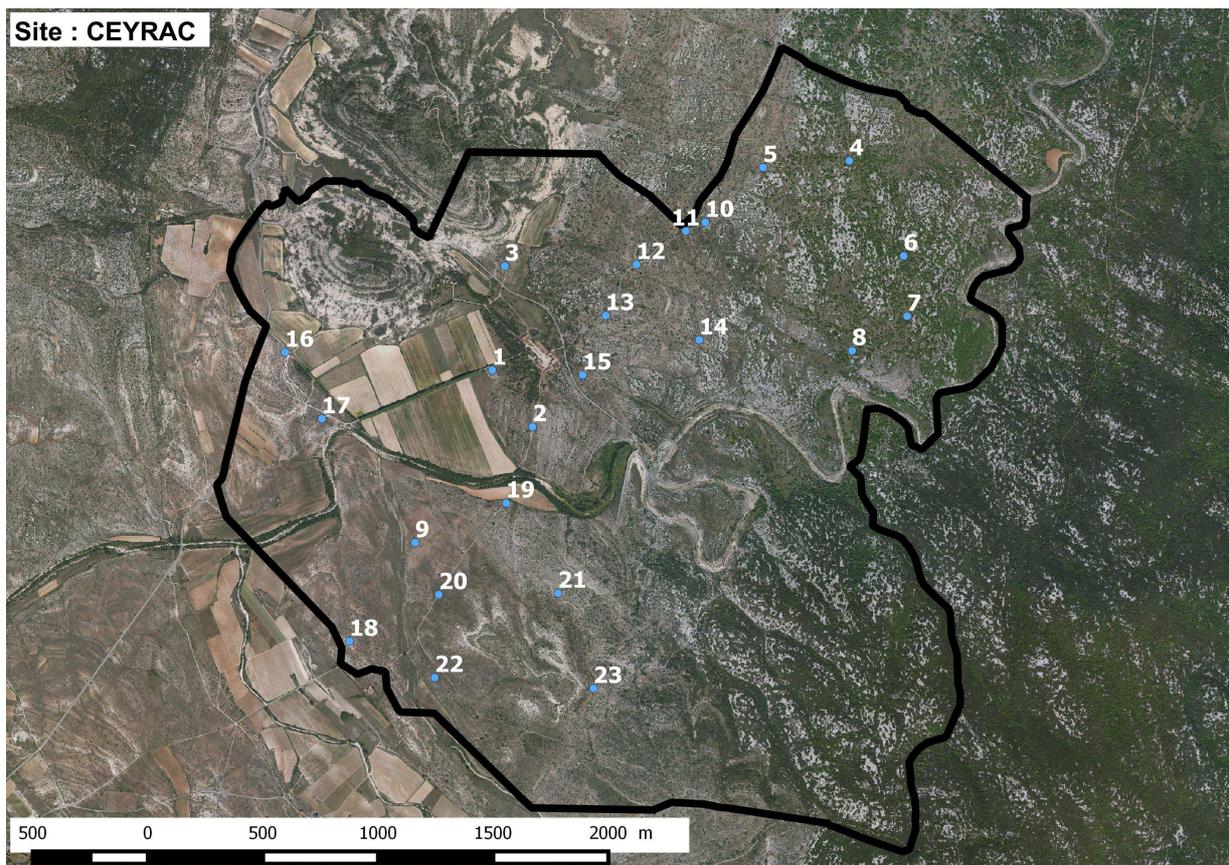
ANNEXE 4 : résultats des modèles GLM testés pour définir les variables météo influençant le nombre d’individus de perdrix rouge présents sur les photographies par jour

ANNEXE 5 : résultats des modèles GLM testés pour définir les variables d’environnement influençant le nombre d’individus de perdrix rouge présents sur les photographies

ANNEXE 6 : extraits d’images recueillies au cours de l’étude

ANNEXE 1

vue aérienne du domaine de Ceyrac et localisation des abreuvoirs



Réalisation : Luc FRUITET, Guillaume AMOUROUX

Légende :

-  Abreuvoirs
-  Limites du domaine

ANNEXE 2
**fiche de relevé de terrain « description de l’habitat
autour des abreuvoirs »**

Protocole de description des sites d'implantation des abreuvoirs

Fiche de relevé de terrain

Personnel : 2 observateurs

Matériel : 1 compas de relèvement, 1 mire de 1mx1m, 1 mire de 18cmx18cm, 1 décamètre, 1 pointer laser, 1 pige de 2m, 1 télémètre

N° abreuvoir :

Distance à l'ouverture la plus proche :

Type de milieu :

Obscurité horizontale :

Nombre de carreau entier visible : maximum 25

Nord

2.5m : 5m : 10m: 15m: 20m: 30m:

Est

2.5m : 5m : 10m: 15m: 20m: 30m:

Sud

2.5m : 5m : 10m: 15m: 20m: 30m:

Ouest

2.5m : 5m : 10m: 15m: 20m: 30m:

Nord Ouest

2.5m : 5m : 10m: 15m: 20m: 30m:

Nord Est

2.5m : 5m : 10m: 15m: 20m: 30m:

Sud Est

2.5m : 5m : 10m: 15m: 20m: 30m:

Sud Ouest

2.5m : 5m : 10m: 15m: 20m: 30m:

Obscurité verticale :

Nombre de carreau entier visible : maximum 36

Nord

2.5m : 5m : 10m: 15m: 20m:
30m:

Est

2.5m : 5m : 10m: 15m: 20m:
30m:

Sud

2.5m : 5m : 10m: 15m: 20m:
30m:

Ouest

2.5m : 5m : 10m: 15m: 20m:
30m:

Nord Ouest

2.5m : 5m : 10m: 15m: 20m:
30m:

Nord Est

2.5m : 5m : 10m: 15m: 20m:
30m:

Sud Est

2.5m : 5m : 10m: 15m: 20m:
30m:

Sud Ouest

2.5m : 5m : 10m: 15m: 20m:
30m:

Couvert arbustif et arborescent :

1=0 à 2.5m 2= 2.5 à 5m 3=5 à 10m 4= 10 à
15 m 5= 15 à 20m 6= 20à30m

	rayon	flèche	Classe de distance	Direction
Arbuste n°1				
Arbuste n°2				

ANNEXE 3

captures d'écran du logiciel de saisie

date et heure traitement	nom de l'image	date prise de vue	heure prise de vue	ref site	nombre d'individus au total	trieur/trieuse	n° ind	groupe d'espèce	espèce	statut bagage perdrix	âge perdrix
14/05/2013 14:20	PICT0263	29/06/2012	19:58	1.4	1	laura	1	autre	Perdrix rouge	non bagué	adulte
16/05/2013 16:38	2.1	20/06/2012	19:03	2.1	1	laura	1	autre	Perdrix rouge	bagué ND	adulte
21/05/2013 14:13	2.1	2012 05 07 09 27	9:27	2.1	1	laura	1	autre	Perdrix rouge	non bagué	adulte
22/05/2013 12:06	2.1	2012 12 07 10 22	10:22	2.1	1	laura	1	autre	Perdrix rouge	bagué ?	adulte
22/05/2013 12:07	2.1	2012 12 07 10 22	10:22	2.1	1	laura	1	autre	Perdrix rouge	non bagué	adulte
22/05/2013 12:08	2.1	2012 12 07 10 24	10:24	2.1	1	laura	1	autre	Perdrix rouge	non bagué	adulte
22/05/2013 13:42	3.3	2012 06 30 08 44	8:44	3.3	1	laura	1	autre	Perdrix rouge	non bagué	adulte
27/05/2013 11:20	5.2	2012 05 07 18 31	18:31	5.2	2	laura	1	autre	Perdrix rouge	non bagué	adulte
31/05/2013 12:04	1.4	2012 07 12 19 38	19:43	1.4	1	laura	1	autre	Perdrix rouge	bagué ?	adulte
31/05/2013 12:04	1.4	2012 07 12 09 05	9:05	1.4	1	laura	1	autre	Perdrix rouge	bagué ?	adulte
31/05/2013 12:05	1.4	2012 07 12 19 38	19:38	1.4	1	laura	1	autre	Perdrix rouge	bagué ?	adulte
31/05/2013 12:05	1.4	2012 07 12 19 43	19:43	1.4	1	laura	1	autre	Perdrix rouge	non bagué	adulte
31/05/2013 12:05	1.4	2012 07 12 19 44	19:44	1.4	2	laura	2	autre	Perdrix rouge	bagué ?	adulte
31/05/2013 12:13	1.4	2012 07 12 21 23	21:23	1.4	1	laura	1	autre	Perdrix rouge	bagué ?	adulte
31/05/2013 12:13	1.4	2012 07 15 19 19	19:19	1.4	1	laura	1	autre	Perdrix rouge	bagué ?	adulte
31/05/2013 12:14	1.4	2012 07 17 19 38	19:38	1.4	1	laura	1	autre	Perdrix rouge	non bagué	adulte
31/05/2013 12:14	1.4	2012 07 20 08 29	8:29	1.4	1	laura	1	autre	Perdrix rouge	non bagué	adulte
03/06/2013 14:51	1.5	2012 07 13 11 15	11:15	1.5	1	laura	1	autre	Perdrix rouge	non bagué	adulte
03/06/2013 15:08	1.5	2012 07 16 10 57	10:57	1.5	1	laura	1	autre	Perdrix rouge	non bagué	adulte
03/06/2013 15:10	1.5	2012 07 17 10 30	10:30	1.5	1	laura	1	autre	Perdrix rouge	non bagué	adulte
03/06/2013 15:22	1.5	2012 07 21 11 44	11:44	1.5	1	laura	1	autre	Perdrix rouge	non bagué	adulte
03/06/2013 15:30	2.1	2012 07 19 08 09	8:09	2.1	1	laura	1	autre	Perdrix rouge	non bagué	adulte
03/06/2013 15:31	2.1	2012 07 20 09 41	9:41	2.1	2	laura	1	autre	Perdrix rouge	non bagué	adulte
03/06/2013 15:31	2.1	2012 07 20 09 41	9:41	2.1	2	laura	2	autre	Perdrix rouge	non bagué	adulte
05/06/2013 16:48	4.3	2012 07 20 06 50	6:50	4.3	2	laura	1	autre	Perdrix rouge	non bagué	adulte
05/06/2013 16:48	4.3	2012 07 20 06 50	6:50	4.3	2	laura	2	autre	Perdrix rouge	bagué ?	adulte
08/07/2013 15:45	6.4	2012 07 14 08 02	8:02	6.4	1	laura	1	autre	Perdrix rouge	non bagué	adulte
08/07/2013 15:45	6.4	2012 07 17 06 34	6:34	6.4	1	laura	1	autre	Perdrix rouge	non bagué	adulte
05/08/2013 09:02	PICT1314	25/07/2012	8:12	1.4	1	laura	1	autre	Perdrix rouge	non bagué	adulte
05/08/2013 09:02	PICT1474	25/07/2012	9:01	1.4	1	laura	1	autre	Perdrix rouge	non bagué	adulte
05/08/2013 09:05	1.5	2012 07 22 10 17	10:17	1.5	1	laura	1	autre	Perdrix rouge	bagué ND	adulte
05/08/2013 09:06	1.5	2012 07 23 17 36	17:36	1.5	1	laura	1	autre	Perdrix rouge	bagué ND	adulte
05/08/2013 09:07	1.5	2012 07 24 18 01	18:01	1.5	1	laura	1	autre	Perdrix rouge	bagué ND	adulte
05/08/2013 09:08	2.1	2012 07 22 06 21	6:21	2.1	1	laura	1	autre	Perdrix rouge	non bagué	adulte
05/08/2013 09:09	2.1	2012 07 22 08 12	8:12	2.1	2	laura	1	autre	Perdrix rouge	non bagué	adulte
05/08/2013 09:09	2.1	2012 07 22 08 12	8:12	2.1	2	laura	2	autre	Perdrix rouge	bagué ?	adulte

Base de données

Mode d'emploi

notes nico pour le mode d'emploi:

pett mam	mam dom	colombid	autre
GD mam	passee	rapac	corvida
groupe d'espèce			



espèce

bagué ND	bagué
non bagué	??
statut bagage perdrix	

jaune	ad
indéterminé	
âge perdrix	



patte droite patte gauche haut patte gauche bas

Les photos placées dans le dossier "A TRIER" doivent être charger dans la feuille "DIR"

L'analyse des photos se fait dans "IMAGE" après avoir appuyé sur "démarrer". Il faut bien penser à vérifier les informations à gauche
Le remplissage se fait en sélectionnant la ligne de l'individu (ou les lignes, voir plus bas)

- groupe d'espèce:

soit par menu déroulant soit par les boutons

une fois rempli le menu déroulant de la colonne espèces est asservi au contenu du groupe et va chercher les valeurs dans la feuille "listes"

CETTE COLONNE SE REMPLIE (PAR LES BOUTONS) POUR UNE OU PLUSIEURS LIGNES SELECTIONNEES

- espèce:

au plus rapide ce sont les boutons d'images qui remplissent espèces ET le groupe, donc pas besoin de remplir le groupe c'est une perte de temps pour les espèces moins courantes non représentées dans les boutons il faut que le groupe soit rempli d'abord pour accéder au menu déroulant

CETTE COLONNE SE REMPLIE (PAR LES BOUTONS) POUR UNE OU PLUSIEURS LIGNES SELECTIONNEES

- statut bagage perdrix

trois possibilités, les trois écrasent les données groupe et espèces potentiellement existantes pour saisir perdrix rouge dans le groupe "autre" donc pas besoin de saisir perdrix rouge à l'avance c'est une perte de temps

CETTE COLONNE SE REMPLIE (PAR LES BOUTONS) POUR UNE OU PLUSIEURS LIGNES SELECTIONNEES

- âge perdrix

trois possibilités, les trois écrasent les données groupe et espèces potentiellement existantes pour saisir perdrix rouge dans le groupe "autre" donc pas besoin de saisir perdrix rouge à l'avance c'est une perte de temps

CETTE COLONNE SE REMPLIE (PAR LES BOUTONS) POUR UNE OU PLUSIEURS LIGNES SELECTIONNEES

- patte, trois colonnes:

chaque couleur est saisie sous forme de texte et numérique à droite dans numéro individu

la valeur du statut de bagage perdrix est écrasée et remplacée par "bagué et identifié".

ainsi si par erreur l'individu est noté non bagué l'action des boutons de couleur de bagage note qu'il est bagué

ATTENTION PAS DE REMPLISSAGE SUR PLUSIEURS LIGNES, IL FAUT SELECTIONNER LA BONNE LIGNE

les bagues ayant peu de chance d'être en séquences consécutives pour remplir plusieurs lignes avec un seul clic-bouton

obs: champ libre

Dans "CMR", il faut inscrire le numéro des individus puis générer les intervalles à partir des infos préalablement inscrites en haut à gauche (date départ et date fin)

Mode d'emploi intégré au logiciel

effacer		petit mam	mam dom	colombid	autre							baqué ND	baqué	jeune	ad					
		GD mam	casse	rapac	corvida	espèce						statut bagage perdrix	âge perdrix	patte droite		patte gauche haut		patte gauche bas		n° ind
date et heure traitement	n° ind	groupe d'espèce																		
24/10/2016 17:54																				
nom de l'image																				
0																				
date et heure prise de vue																				
00/01/1900 00:00																				
référence du site																				
6.4																				
nombre d'individus au total																				
0																				
trieur/trieuse																				
luc																				

Interface de saisie

patte droite	patte gauche haut	patte gauche bas	n° ind
noir	bleu roi	violet	107
noir	noir	blanc	112
noir	bleu roi	rouge	103
noir	blanc	orange	129
noir	bleu roi	rouge	103
noir	rouge	bleu roi	130
bleu roi	bleu roi	rouge	3
bleu roi	blanc	rose	28
bleu roi	blanc	blanc	22
rouge	noir	jaune	314
bleu roi	blanc	rose	28
rouge	noir	jaune	314
rouge	noir	jaune	314
bleu roi	blanc	rose	28
bleu roi	blanc	rose	28
rouge	noir	jaune	314
bleu ciel	blanc	rose	628
bleu ciel	vert pomme	blanc	652
bleu ciel	bleu ciel	rouge	663
bleu ciel	bleu ciel	rouge	663
bleu ciel	bleu ciel	rouge	663
bleu ciel	blanc	blanc	600
bleu ciel	blanc	rouge	623

Exemple de codes couleurs « pattes de perdrix » après saisie

ANNEXE 4

résultats des modèles GLM testés pour définir les variables météo
influençant le nombre d'individus de perdrix rouge présents sur les
photographies par jour

GLM Toutes périodes variables météo en négative binomial pour nombre d'individus perdrix rouges sauvages par jour

Variable testée	AIC nbre individus/jour en nb	Delta AICc	Relative Likelihood	AICc Weight
Tmax+Tmax²	2807,70	0,00	1	1,00
ETP*Tmin	2818,90	11,20	0,0036979	0,00
ETP	2823,70	16,00	0,0003355	0,00
ETP+pluie	2824,70	17,00	0,0002035	0,00
ETP+Tmin	2824,70	17,00	0,0002035	0,00
ETP*pluie	2824,90	17,20	0,0001841	0,00
ETP+ETP²	2825,30	17,60	0,0001507	0,00
ETP+vent	2826,30	18,60	9,142E-05	0,00
ETP*vent	2828,20	20,50	3,536E-05	0,00
Tmax quotidienne	2836,00	28,30	7,157E-07	0,00
Tmin²	2845,40	37,70	6,51E-09	0,00
Tmin+Tmin²	2845,60	37,90	5,89E-09	0,00
Tmin quotidienne	2861,20	53,50	2,413E-12	0,00
Pluie+pluie²	2878,70	71,00	3,824E-16	0,00
Modèle nul	2880,20	72,50	1,806E-16	0,00
Pluie	2881,00	73,30	1,211E-16	0,00
Pluie²	2882,00	74,30	7,344E-17	0,00
Vent	2882,20	74,50	6,646E-17	0,00
Vent²	2882,90	75,20	4,683E-17	0,00
Vent+vent²	2905,30	97,60	6,404E-22	0,00

**GLM Eté variables météo en négative binomial pour
nombre d'individus perdrix rouges sauvages par jour**

Variable testée	AIC nbre individus/jour en nb	Delta AICc	Relative Likelihood	AICc Weight
Tmax^2	1585	0,00	1	0,21
Tmax+vent	1585,3	0,30	0,860708	0,18
Tmax	1585,6	0,60	0,7408182	0,15
Tmax+Tmax^2	1586,4	1,40	0,4965853	0,10
Tmax+pluie	1586,6	1,60	0,449329	0,09
Tmax*vent	1587,2	2,20	0,3328711	0,07
Tmax+Tmin	1587,6	2,60	0,2725318	0,06
Tmax*pluie	1588,2	3,20	0,2018965	0,04
Tmax*Tmin	1588,8	3,80	0,1495686	0,03
ETP	1589,9	4,90	0,0862936	0,02
ETP^2	1590,1	5,10	0,0780817	0,02
ETP+vent	1591,1	6,10	0,0473589	0,01
ETP+pluie	1591,6	6,60	0,0368832	0,01
ETP+ETP^2	1591,9	6,90	0,0317456	0,01
ETP+Tmin	1591,9	6,90	0,0317456	0,01
ETP*Tmin	1592,6	7,60	0,0223708	0,00
ETP*vent	1592,7	7,70	0,0212797	0,00
ETP*pluie	1593,6	8,60	0,0135686	0,00
Pluie	1601,3	16,30	0,0002887	0,00
Tmin^2	1602,3	17,30	0,0001751	0,00
Tmin quotidienne	1602,4	17,40	0,0001666	0,00
Pluie^2	1602,5	17,50	0,0001585	0,00
Modèle nul	1602,8	17,80	0,0001364	0,00
Vent+vent^2	1602,9	17,90	0,0001297	0,00
Pluie+pluie^2	1603,2	18,20	0,0001117	0,00
Tmin+Tmin^2	1604,2	19,20	6,773E-05	0,00
Vent	1604,7	19,70	5,275E-05	0,00
Vent^2	1604,7	19,70	5,275E-05	0,00

**GLM hors été variables météo en négative binomial pour
nombre d'individus perdrix rouges sauvages par jour**

Variable testée	AIC nbre individus/jour en nb	Delta AICc	Relative Likelihood	AICc Weight
Tmax*vent	1182,5	0,00	1	1,00
Vent+vent^2	1195,7	13,20	0,0013604	0,00
Tmin quotidienne	1196,4	13,90	0,0009586	0,00
Tmax*Tmin	1197,5	15,00	0,0005531	0,00
Tmin+Tmin^2	1198,2	15,70	0,0003898	0,00
ETP+Tmin	1198,3	15,80	0,0003707	0,00
ETP*Tmin	1198,3	15,80	0,0003707	0,00
Tmax+Tmin	1198,4	15,90	0,0003527	0,00
Pluie+pluie^2	1199,4	16,90	0,0002139	0,00
ETP*pluie	1201	18,50	9,611E-05	0,00
Vent^2	1201,8	19,30	6,443E-05	0,00
Tmax+Tmax^2	1202,3	19,80	5,017E-05	0,00
Tmax quotidienne	1202,8	20,30	3,908E-05	0,00
ETP+ETP^2	1203,4	20,90	2,895E-05	0,00
Tmin^2	1203,6	21,10	2,619E-05	0,00
Tmax^2	1203,9	21,40	2,254E-05	0,00
ETP^2	1205,1	22,60	1,237E-05	0,00
Tmax+pluie	1205,1	22,60	1,237E-05	0,00
ETP+vent	1205,5	23,00	1,013E-05	0,00
Tmax*pluie	1205,8	23,30	8,719E-06	0,00
Modèle nul	1206	23,50	7,889E-06	0,00
Pluie^2	1206,3	23,80	6,79E-06	0,00
ETP	1207	24,50	4,785E-06	0,00
Vent	1207,7	25,20	3,372E-06	0,00
Pluie	1208,2	25,70	2,626E-06	0,00
ETP+pluie	1209,4	26,90	1,441E-06	0,00
ETP*vent	1209,5	27,00	1,371E-06	0,00
Tmax+vent	1213,1	30,60	2,266E-07	0,00

ANNEXE 5

résultats des modèles GLM testés pour définir les variables
d'environnement influençant le nombre d'individus de perdrix rouge
présents sur les photographies

**GLM variables environnementale en négative binomial
pour nombre d'individus perdrix rouges sauvages**

Variable testée	AIC nbre individus/jour en nb	Delta AICc	Relative Likelihood	AICc Weight
TOUTES PERIODES				
Occsol	212,37	0	1	0,63
Occsol+cumulC2C6	214,33	1,96	0,3753111	0,24
Occsol*OVH1	216,96	4,59	0,1007614	0,06
Occsol*cumulC2C6	217,03	4,66	0,0972957	0,06
CumulC2C6	224,92	12,55	0,0018828	0,00
OVH1+CumulC2C6	225,49	13,12	0,0014159	0,00
C1	228,41	16,04	0,0003288	0,00
Tout~1	229,74	17,37	0,0001691	0,00
OVH1	230,63	18,26	0,0001084	0,00
OH	231,59	19,22	6,705E-05	0,00
SUR PATURAGES				
C1	149,37	0	1	0,51
OVH1	151,5	2,13	0,3447279	0,17
cumulC2C6	151,51	2,14	0,3430085	0,17
Moy OH	151,86	2,49	0,2879409	0,15
ÉTÉ				
Occsol	195,76	0	1	0,61
Occsol+cumulC2C6	196,98	1,22	0,5433509	0,33
Occsol*cumulC2C6	200,65	4,89	0,0867261	0,05
CumulC2C6	208,82	13,06	0,001459	0,00
C1	212,78	17,02	0,0002014	0,00
été~1	213,07	17,31	0,0001743	0,00
OVH1	214,21	18,45	9,854E-05	0,00
OH	214,96	19,2	6,773E-05	0,00
ÉTÉ PATURAGES				
C1	151,66	0	1	0,36
OVH1	152,37	0,71	0,7011734	0,25
Moy OH	152,83	1,17	0,5571059	0,20
CumulC2C6	152,95	1,29	0,5246625	0,19

ANNEXE 6

extraits d'images recueillies au cours de l'étude



Accenteur mouchet



Belette



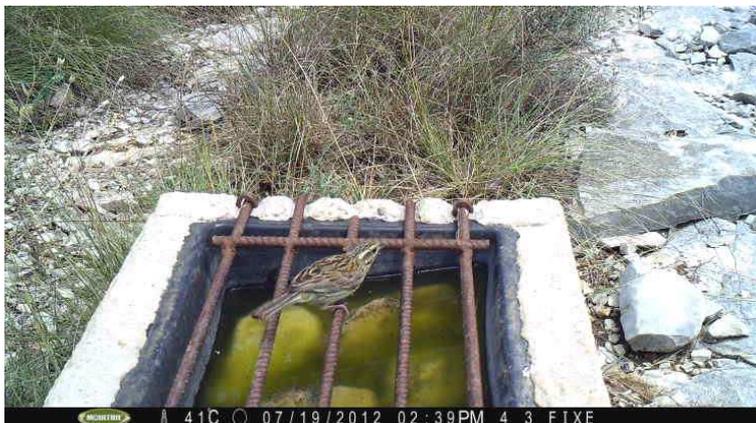
Bergeronnette grise



Blaireau



Bruant fou



Bruant jaune



Bushnell

07-07-2012 13:59:31

Bruant zizi



Bushnell

04-19-2013 20:12:29

Chardonneret élégant



Bushnell

10-24-2013 21:52:52

Chat domestique



Choucas des tours



Couleuvre de Montpellier



Ecureuil



Femelle épervier d'Europe



Etourneau sansonnet



Faisans de colchide



Bushnell

04-11-2013 13:05:51

Fauvette à tête noire



Bushnell

06-06-2013 10:06:15

Fauvette mélonocéphale



Fauvette passerinette



Fouine



Geai des chênes



Grive draine



Grive litorne



Grive mauvis



Grive musicienne



Bushnell

01-25-2013 12:14:41

Grosbec casse-noyaux



32C 07/09/2012 08:50AM 5 3 FIXE

Huppe fasciée



1C 03/09/2013 08:17AM 4 4

Lapin

MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
ÉCOLE PRATIQUE DES HAUTES ÉTUDES
Sciences de la Vie et de la Terre

**Les aménagements cynégétiques destinés à la perdrix rouge (*Alectoris rufa* L.) :
suivi de l'utilisation des abreuvoirs à l'aide d'appareils photographiques automatiques**

MÉMOIRE présenté par

Luc FRUITET

Le 12 décembre 2016

RESUME

La perdrix rouge fait partie des gibiers les plus prisés des chasseurs européens et à ce titre les gestionnaires cynégétiques mettent en place de nombreux aménagements destinés à améliorer la capacité d'accueil des milieux et à dynamiser les populations. Parmi ces aménagements on compte notamment les cultures à gibier, les agrainoirs, mais aussi les abreuvoirs. D'autres pratiques comme la gestion agricole ou la limitation des prédateurs spécifiques peuvent impacter les populations de perdrix rouges. Ce mémoire fait dans un premier temps une synthèse bibliographique des relations que la perdrix rouge entretient avec son milieu (I). Il s'attache ensuite à décrire l'utilisation des abreuvoirs destinés à la perdrix rouge dans le cadre d'une étude menée dans le département du Gard. Le suivi de ces abreuvoirs s'est fait à l'aide d'appareils photographiques automatiques (II). Les lâchers de perdrix rouge d'élevage font partie des pratiques courantes afin d'augmenter les populations. Nous avons également utilisé le dispositif d'appareils photographiques pour estimer la survie de 622 perdrix rouges issues d'élevage marquées individuellement à l'aide des méthodes de Capture-Marquage-Recapture (II). Enfin nous avons décrit l'utilisation des abreuvoirs destinés à la perdrix rouge, par les autres espèces de faune sauvage (II). Les résultats de cette étude mettent en évidence que les perdrix rouges sauvages utilisent les abreuvoirs essentiellement en été, le matin, lorsque les températures maximales quotidiennes atteignent ou dépassent les 30°C. Les perdrix rouges issues de lâcher utilisent beaucoup les abreuvoirs dans les mois qui suivent leur lâcher, pendant les périodes d'adaptation à leur nouvel environnement. Ensuite elles adoptent un comportement d'utilisation des abreuvoirs similaire aux perdrix rouges sauvages. Le milieu dans lequel est positionné l'abreuvoir est déterminant pour qu'il soit utilisé par les perdrix rouges, ainsi que son positionnement au sein de la végétation. Nos résultats concernant la survie des perdrix rouges issues de lâcher mettent en évidence qu'il existe une différence importante dans la survie en fonction du site de lâcher. En effet nous avons estimé la survie d'un groupe d'individus lâchés dans un enclos à 95% la première semaine alors qu'elle était de 69% pour les individus lâchés à l'extérieur de l'enclos. Pour les semaines suivantes la survie à l'intérieur de l'enclos était de 99%, alors qu'elle était de 91% à l'extérieur de l'enclos. Enfin les abreuvoirs que nous avons suivis ont été utilisés par de nombreuses espèces dont certaines hautement patrimoniales comme la fauvette pichou, la fauvette passerinette ou le bruant ortolan.

Mots clés : *Alectoris rufa* ; abreuvoirs ; appareils photographiques automatiques ; survie ; Capture-Marquage-Recapture ; biodiversité

MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
ÉCOLE PRATIQUE DES HAUTES ÉTUDES
Sciences de la Vie et de la Terre

**Les aménagements cynégétiques destinés à la perdrix rouge (*Alectoris rufa* L.) :
suivi de l'utilisation des abreuvoirs à l'aide d'appareils photographiques automatiques**

MÉMOIRE présenté par

Luc FRUITET

Le 12 décembre 2016

RESUME

La perdrix rouge fait partie des gibiers les plus prisés des chasseurs européens et à ce titre les gestionnaires cynégétiques mettent en place de nombreux aménagements destinés à améliorer la capacité d'accueil des milieux et à dynamiser les populations. Parmi ces aménagements on compte notamment les cultures à gibier, les agrainoirs, mais aussi les abreuvoirs. D'autres pratiques comme la gestion agricole ou la limitation des prédateurs spécifiques peuvent impacter les populations de perdrix rouges. Ce mémoire fait dans un premier temps une synthèse bibliographique des relations que la perdrix rouge entretient avec son milieu (I). Il s'attache ensuite à décrire l'utilisation des abreuvoirs destinés à la perdrix rouge dans le cadre d'une étude menée dans le département du Gard. Le suivi de ces abreuvoirs s'est fait à l'aide d'appareils photographiques automatiques (II). Les lâchers de perdrix rouge d'élevage font partie des pratiques courantes afin d'augmenter les populations. Nous avons également utilisé le dispositif d'appareils photographiques pour estimer la survie de 622 perdrix rouges issues d'élevage marquées individuellement à l'aide des méthodes de Capture-Marquage-Recapture (II). Enfin nous avons décrit l'utilisation des abreuvoirs destinés à la perdrix rouge, par les autres espèces de faune sauvage (II). Les résultats de cette étude mettent en évidence que les perdrix rouges sauvages utilisent les abreuvoirs essentiellement en été, le matin, lorsque les températures maximales quotidiennes atteignent ou dépassent les 30°C. Les perdrix rouges issues de lâcher utilisent beaucoup les abreuvoirs dans les mois qui suivent leur lâcher, pendant les périodes d'adaptation à leur nouvel environnement. Ensuite elles adoptent un comportement d'utilisation des abreuvoirs similaire aux perdrix rouges sauvages. Le milieu dans lequel est positionné l'abreuvoir est déterminant pour qu'il soit utilisé par les perdrix rouges, ainsi que son positionnement au sein de la végétation. Nos résultats concernant la survie des perdrix rouges issues de lâcher mettent en évidence qu'il existe une différence importante dans la survie en fonction du site de lâcher. En effet nous avons estimé la survie d'un groupe d'individus lâchés dans un enclos à 95% la première semaine alors qu'elle était de 69% pour les individus lâchés à l'extérieur de l'enclos. Pour les semaines suivantes la survie à l'intérieur de l'enclos était de 99%, alors qu'elle était de 91% à l'extérieur de l'enclos. Enfin les abreuvoirs que nous avons suivis ont été utilisés par de nombreuses espèces dont certaines hautement patrimoniales comme la fauvette pichou, la fauvette passerinette ou le bruant ortolan.

Mots clés : *Alectoris rufa* ; abreuvoirs ; appareils photographiques automatiques ; survie ; Capture-Marquage-Recapture ; biodiversité